

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



**IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL
ÚLTIMO PLANIFICADOR EN LA OBRA “REHABILITACIÓN Y
MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA -
CELENDÍN”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

KATHERINE LÓPEZ FLORES

Lima- Perú

2015

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE FIGURAS	6
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: MARCO ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ	14
CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN LA CONSTRUCCIÓN	17
2.1 CONCEPTOS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL	17
2.1.1 Planificación.....	17
2.1.2 Control.....	18
2.2 MODELO TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL	19
CAPÍTULO III: FILOSOFÍA DEL LEAN CONSTRUCTION.....	24
3.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	24
3.2 CONCEPTOS PREVIOS	26
3.3 LEAN PRODUCTION.....	28
3.4 LEAN CONSTRUCTION.....	31
3.5 COMPARACIÓN ENTRE EL MODELO TRADICIONAL Y EL MODELO LEAN	42
CAPÍTULO IV: SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR	43
4.1 INTRODUCCIÓN.....	43
4.2 DEFINICIÓN	45
4.3 CONTROL DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN	47
4.4 CONTROL DEL FLUJO DE TRABAJO	49
4.4.1 Planificación Intermedia (Lookahead Planning).....	49
4.4.2 Sistema de Arrastre (Pull System)	50
4.4.3 Equilibrio entre Carga y Capacidad.....	51
4.5 ELEMENTOS DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR.....	52
4.5.1 Cronograma Maestro (Master Schedule)	52
4.5.2 Cronograma por Fases (Phase Schedule).....	53
4.5.3 Planificación Intermedia (Lookahead Planning).....	54
4.5.4 Inventario de Trabajo Ejecutable (Workable Backlog).....	60
4.5.5 Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan).....	61
4.5.6 Reunión Semanal de Planificación.....	64
4.5.7 Capacitación y Desarrollo de Iniciativas.....	66

4.6 SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR: VISIÓN GLOBAL	67
CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR	69
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	69
5.2 ESTADO DEL PROYECTO PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN	73
5.2.1 Estado de la Planificación.....	73
5.2.2 Estado del Control	86
5.3 METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR.....	89
5.3.1 Introducción.....	89
5.3.2 Conocimiento del Sistema por la Empresa	90
5.3.3 Razones para la Implementación	90
5.3.4 Período de Implementación.....	91
5.3.5 Estandarización de Procesos	91
5.3.6 Reunión de Capacitación del Grupo de Trabajo	92
5.3.7 Cronograma Maestro	97
5.3.8 Planificación Intermedia.....	105
5.3.9 Inventario de Trabajo Ejecutable.....	126
5.3.10 Plan de Trabajo Semanal	127
5.3.11 Reuniones	155
5.3.12 Control.....	160
CAPÍTULO VI: MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	167
6.1 IMPACTOS DEL PAC	167
6.2 IMPACTOS DE LAS CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO	169
6.3 IMPACTOS EN EL AVANCE.....	181
6.4 IMPACTOS EN EL TIEMPO.....	184
6.5 IMPACTOS EN LA PRODUCTIVIDAD	184
6.6 IMPACTOS EN EL COSTO.....	185
6.7 OTROS IMPACTOS.....	189
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	190
7.1 CONCLUSIONES	190
7.2 RECOMENDACIONES	193
BIBLIOGRAFÍA	195
ANEXOS	197

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal realizar una medición y análisis del impacto de la implementación del Sistema del Último Planificador en la obra "Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca – Celendín – Balsas, Tramo: Km 52+000 – Celendín". Lo que se busca es conocer todos los impactos positivos que se consiguen para poder potenciarlos, y determinar las falencias que posee este sistema, precisando sus causas y planteando soluciones a ellas.

El Sistema del Último Planificador ya ha sido aplicado en varios proyectos en nuestro país, e incluso se han desarrollado varias investigaciones, pero éstas han sido sobre todo en el área de edificaciones, mas no para carreteras. De ahí la importancia de hacer más investigación de la utilidad del sistema en obras de infraestructura, como se pretende con la presente tesis.

Así, luego de recopilar los antecedentes requeridos, se implementó el sistema en la obra durante 26 semanas, de las cuales la primera fue principalmente de arranque y capacitación del personal, y durante las 25 restantes se hicieron todas las mediciones. Para conocer los impactos en el proyecto se controlaron todas las especialidades de la obra gruesa: explanaciones, obras de arte, pavimentos, explotación de canteras, producción de agregados, conformación y siembra de botaderos y señalización; obviando sólo los trabajos de muy poca incidencia y duración.

Durante la implementación se utilizaron los elementos del Sistema del Último Planificador como el Cronograma Maestro, la Planificación Intermedia, el Inventario de Trabajo Ejecutable, la Planificación Semanal, y las reuniones de planificación; y para medir los resultados e impactos se utilizó el Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC), las Causas de No Cumplimiento (CNC), la Curva S, el Resultado Operativo (para medición de costos), Índices de Gestión y otros reportes adicionales.

Pese a que el PAC acumulado de toda la implementación resultó inferior al esperado inicialmente, debido a las dificultades de la aplicación del sistema en terreno, en el transcurso de las semanas se fueron obteniendo mejores resultados producto de las mejoras aplicadas, las cuales se describen

detalladamente. Además el registro final de las Causas de No Cumplimiento permitió conocer cuáles son las principales causas raíces que ocasionan el incumplimiento de la planificación en una obra de carretera, y que podrá ser utilizado en otras obras de similares características. Los impactos obtenidos en el avance, tiempo y costo fueron positivos, permitiendo entregar la obra antes de la fecha de término contractual y con un margen superior al que se tenía proyectado antes de la implementación.

Finalmente, se concluye que la implementación del Sistema del Último Planificador tuvo un impacto positivo en el proyecto, siendo una buena herramienta para reducir la variabilidad e incertidumbre inherente al sector de la construcción. Sin embargo, también se notaron ciertas falencias al momento de lograr una adecuada implementación en obra y del sistema en sí, para lo cual se plantearon varias recomendaciones que serán de mucha utilidad en el futuro.

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N°1.1 Red Vial Existente 2013 (en Km).....	15
Cuadro N°5.1 Metrados de las actividades más importantes del proyecto.....	71
Cuadro N°5.2 Primera definición de tramos de asfaltado.....	99
Cuadro N°5.3 Segunda definición de tramos de asfaltado.....	100
Cuadro N°5.4 Fechas de actualización para la explotación de canteras.....	105
Cuadro N°5.5 Primera etapa de la programación intermedia.....	109
Cuadro N°5.6 Segunda etapa de la programación intermedia.....	112
Cuadro N°5.7 Tercera etapa de la programación intermedia.....	114
Cuadro N°5.8 Cuarta etapa de la programación intermedia.....	116
Cuadro N°5.9 Quinta etapa de la programación intermedia.....	118
Cuadro N°5.10 Sexta etapa de la programación intermedia.....	120
Cuadro N°6.1 Evolución del PAC obra.....	167
Cuadro N°6.2 Resumen de PAC por etapas de la planificación semanal.....	168

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°2.1 Planificación y Control.....	19
Figura N°2.2 Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida	22
Figura N°2.3 Esquema de Modelo Tradicional de Planificación	23
Figura N°3.1 Sistema de Producción Toyota	25
Figura N°3.2 Impacto de la variabilidad	28
Figura N°3.3 Esquema conceptual del Lean Production	29
Figura N°3.4 Comparación de las visiones de producción	30
Figura N°3.5 Tiempo de ciclo del proceso completo	37
Figura N°3.6 Proceso de mejoramiento continuo	40
Figura N°3.7 Comparación entre el Modelo Tradicional y el Modelo Lean	42
Figura N°4.1 Formación de asignaciones	45
Figura N°4.2 Esquema se hará vs. puede vs. debería	46
Figura N°4.3 Proceso de Planificación Intermedia o Lookahead Planning	50
Figura N°4.4 Sistema Tradicional de Planificación: “Push”	51
Figura N°4.5 Sistema del Último Planificador: “Pull”	51
Figura N°4.6 Ejemplo de cronograma maestro	53
Figura N°4.7 Ejemplo de programación por fases	54
Figura N°4.8 Ejemplo de desglose de actividades del cronograma maestro	55
Figura N°4.9 Ejemplo de cronograma intermedio para tres semanas	56
Figura N°4.10 Ejemplo de planilla de control de restricciones.....	58
Figura N°4.11 Esquema del concepto de revisión.....	59
Figura N°4.12 Preparación de restricciones en la planificación intermedia	60
Figura N°4.13 Esquema del concepto de protección	62
Figura N°4.14 Ejemplo de programación semanal	62
Figura N°4.15 Ejemplo de medición del PAC	63
Figura N°4.16 Ejemplo de gráfico de evolución del PAC.....	63
Figura N°4.17 Ejemplo de causas de no cumplimiento	64
Figura N°4.18 Sistema del Último Planificador como un Todo	67
Figura N°4.19 Resumen del Sistema del Último Planificador	68
Figura N°5.1 Layout del proyecto.....	72
Figura N°5.2 Resumen del programa de explotación y procesamiento de agregados enero – marzo 2013.....	76

Figura N°5.33 Vista del programa 4 semanas total obra del 26 de agosto al 21 de setiembre del 2013.....	115
Figura N°5.34 Vista del programa 4 semanas total obra del 16 de setiembre al 12 de octubre del 2013	117
Figura N°5.35 Vista del programa 4 semanas total obra del 14 de octubre al 09 de noviembre del 2013.....	119
Figura N°5.36 Vista del programa 3 semanas total obra del 04 al 23 de noviembre del 2013.....	121
Figura N°5.37 Listado de restricciones revisado el 21 de junio del 2013.....	123
Figura N°5.38 Análisis de restricciones del 15 de julio al 10 de agosto del 2013.....	124
Figura N°5.39 Análisis de restricciones del 14 de octubre al 09 de noviembre del 2013	126
Figura N°5.40 Vista del programa 4 semanas total obra del 16 de setiembre al 12 de octubre del 2013	127
Figura N°5.41 Vista de las asignaciones y metrados de la planificación semanal	128
Figura N°5.42 Vista de las causas de no cumplimiento de la planificación semanal	129
Figura N°5.43 Vista del PAC de la planificación semanal	129
Figura N°5.44 Vista del porcentaje de avance de la planificación semanal.....	130
Figura N°5.45 Vista de las CNC de la planificación semanal	130
Figura N°5.46 Vista del cuadro y gráfico de evolución del PAC de la obra.....	131
Figura N°5.47 Ejemplo de cuadro de evolución de causa de no cumplimiento.	132
Figura N°5.48 Ejemplo de gráfico de incidencia acumulada de las CNC	132
Figura N°5.49 PAC semana del 03 al 09 de junio del 2013.....	133
Figura N°5.50 PAC semana del 10 al 16 de junio del 2013.....	134
Figura N°5.51 PAC semana del 17 al 23 de junio del 2013.....	135
Figura N°5.52 PAC semana del 24 al 30 de junio del 2013.....	135
Figura N°5.53 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 17 al 23 de junio del 2013.....	136
Figura N°5.54 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 al 30 de junio del 2013.....	136
Figura N°5.55 PAC semana del 01 al 06 de julio del 2013.....	137
Figura N°5.56 PAC semana del 08 al 13 de julio del 2013.....	137

Figura N°5.57 PAC semana del 15 al 20 de julio del 2013.....	138
Figura N°5.58 PAC semana del 21 al 27 de julio del 2013.....	138
Figura N°5.59 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 01 al 06 de julio del 2013.....	139
Figura N°5.60 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 27 de julio del 2013.....	139
Figura N°5.61 PAC semana del 05 al 10 de agosto del 2013.....	140
Figura N°5.62 PAC semana del 12 al 17 de agosto del 2013.....	140
Figura N°5.63 PAC semana del 19 al 24 de agosto del 2013.....	141
Figura N°5.64 PAC semana del 26 al 31 de agosto del 2013.....	141
Figura N°5.65 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 26 al 31 de agosto del 2013.....	142
Figura N°5.66 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 31 de agosto del 2013.....	142
Figura N°5.67 PAC semana del 02 al 07 de setiembre del 2013.....	143
Figura N°5.68 PAC semana del 09 al 14 de setiembre del 2013.....	144
Figura N°5.69 PAC semana del 16 al 21 de setiembre del 2013.....	144
Figura N°5.70 PAC semana del 23 al 28 de setiembre del 2013.....	144
Figura N°5.71 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 16 al 21 de setiembre del 2013.....	145
Figura N°5.72 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 28 de setiembre del 2013.....	145
Figura N°5.73 PAC semana del 30 de setiembre al 05 de octubre del 2013	146
Figura N°5.74 PAC semana del 07 al 12 de octubre del 2013	147
Figura N°5.75 PAC semana del 14 al 19 de octubre del 2013	147
Figura N°5.76 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 07 al 12 de octubre del 2013	148
Figura N°5.77 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 19 de octubre del 2013	148
Figura N°5.78 PAC semana del 21 al 25 de octubre del 2013	150
Figura N°5.79 PAC semana del 28 de octubre al 02 de noviembre del 2013...	150
Figura N°5.80 PAC semana del 04 al 09 de noviembre del 2013.....	150
Figura N°5.81 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 28 de octubre al 03 de noviembre del 2013	151

Figura N°5.82 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 09 de noviembre del 2013.....	151
Figura N°5.83 PAC semana del 11 al 16 de noviembre del 2013.....	153
Figura N°5.84 PAC semana del 18 al 23 de noviembre del 2013.....	153
Figura N°5.85 PAC semana del 25 al 30 de noviembre del 2013.....	154
Figura N°5.86 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana 18 al 23 de noviembre del 2013.....	154
Figura N°5.87 Evolución de las causa de no cumplimiento del 17 de junio al 30 de noviembre del 2013.....	155
Figura N°5.88 Programación intermedia en pizarra	158
Figura N°5.89 Análisis de recursos en pizarra	158
Figura N°5.90 Vista del resumen de control de señalización subcontratista CAR y Consorcio Cosapi-Johesa	162
Figura N°5.91 Ejemplo de control de HH en señalización del Consorcio Cosapi-Johesa	163
Figura N°5.92 Vista del gráfico de estado de la obra al 21 de agosto del 2013	163
Figura N°5.93 Programación de trabajos de cierre para pre-entrega tramo del Km 73+000 al Km 94+775.....	164
Figura N°5.94 Programación de llegada de materiales de señalización	165
Figura N°5.95 Reporte de venta semanal al 22 de setiembre del 2013.....	166
Figura N°6.1 Gráfico de evolución del PAC obra	168
Figura N°6.2 Incidencia acumulada de las causas de no cumplimiento	169
Figura N°6.3 Daños en la subrasante por lluvias	171
Figura N°6.4 Daños en la imprimación y base por lluvias	171
Figura N°6.5 Daños en la excavación para subdren por lluvias	171
Figura N°6.6 Condiciones especiales de trabajo por lluvias.....	172
Figura N°6.7 Chancadora Metso primaria, secundaria y terciaria Johesa	174
Figura N°6.8 Chancadora Metso primaria y secundaria Cosapi	174
Figura N°6.9 Vista de farallones Km 80+340	175
Figura N°6.10 Vista de farallones Km 80+700	175
Figura N°6.11 Pérdida parcial de plataforma por derrumbe en farallones	177
Figura N°6.12 Reunión del ingeniero de relaciones comunitarias con pobladores afectados.....	180
Figura N°6.13 Cálculo de porcentaje de avance por asignación	182

Figura N°6.14 Porcentaje de avance programado y ejecutado por especialidad	182
Figura N°6.15 Esquema de la Curva S final al 31 de octubre del 2013	183
Figura N°6.16 Resumen del Resultado Operativo al 31 de mayo del 2013	186
Figura N°6.17 Resumen del Resultado Operativo al 31 de marzo del 2014	188

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción siempre ha sido asociado a un mal desempeño. El mayor problema que éste presenta hoy en día es la dificultad para poder cumplir con los plazos y cronogramas de obra, que son cada vez más cortos, establecidos ya sea por la propia empresa constructora o por parte del cliente. En el caso de la construcción de carreteras la causa más incidente que ocasiona esta dificultad es la variabilidad, principal fuente de pérdidas debido a que implica una interrupción de los flujos de producción. Además en las obras se ve continuamente caos e improvisación para tratar de solucionar los problemas a medida que van apareciendo, lo cual repercute en resultados económicos menores a los esperados.

La planificación en un proyecto de construcción es uno de sus componentes más importantes, ya que el cumplimiento de ésta le permite al cliente final tener su obra concluida a tiempo y al contratista no incurrir en mayores gastos a los que tenía proyectado (pérdidas). Con la implementación del Sistema del Último Planificador se busca justamente reducir estas pérdidas elaborando planes realistas que permitan en lo posible anticiparse a las restricciones que se irán presentando, y confiables para cumplir con el plazo previsto. El sistema incluye la definición de las unidades de producción y el control de los flujos de actividades mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la obtención del origen de los problemas e incrementa la productividad.

Es por las razones antes mencionadas que en el proyecto "Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca – Celendín – Balsas, Tramo: Km 52+000 - Celendín" se decidió implementar el Sistema del Último Planificador, y hacer una medición y análisis de los impactos que trae consigo.

Es así que el **CAPÍTULO I: MARCO ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ**, describe de manera global la situación actual de la construcción en el país, y de manera específica el estado de las carreteras en la actualidad.

En el **CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN LA CONSTRUCCIÓN**, se muestran los conceptos y describe el modelo tradicional de planificación y control que se tiene en la mayoría de obras.

En el CAPÍTULO III: FILOSOFÍA DEL LEAN CONSTRUCTION, se describe la nueva filosofía de la Construcción sin Pérdidas o Lean Construction desde sus inicios hasta la actualidad, se muestran sus principios y hace una comparación con el modelo tradicional.

En el CAPÍTULO IV: SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR, se muestra detalladamente todos los conceptos y elementos del sistema, y que son la base para la implementación en los proyectos.

En el CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR, se describe el estado antes y durante la implementación del sistema en el proyecto “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca – Celendín – Balsas, Tramo: Km 52+000 - Celendín”.

En el CAPÍTULO VI: MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE IMPACTOS, se muestran los resultados e impactos de la implementación del Sistema del Último Planificador en el proyecto, en diferentes aspectos como avance, tiempo y costo.

En el CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, se tienen las conclusiones a las que se llegó de la implementación en el proyecto como del uso del sistema, de la misma manera las recomendaciones para la implementación en futuros proyectos como al sistema.

CAPÍTULO I: MARCO ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ

El Perú viene reportando 15 años de crecimiento económico continuo. En el año 2013, el crecimiento fue de 5.02%. Este crecimiento se explica por el resultado favorable de todos los sectores especialmente Pesca (12.66%), Financiero y Seguros (9.07%) y Construcción (8.56%). Se precisa que, el 50% del crecimiento lo aportaron los sectores Comercio, Construcción, Servicios Prestados a Empresas y Transporte y Comunicaciones. Sin embargo, en el 2014 la economía crecería sólo el 2.6% debido a la desaceleración que se ha venido dando de la inversión tanto pública como privada.

La misma situación se ha dado en el sector construcción, el cual a pesar de su baja participación en el PBI (Producto Bruto Interno) global (5.1%), es intensivo en mano de obra, y está vinculado a otros sectores. Este sector desde al año 2004 viene registrando las tasas más altas de crecimiento, incluso en el quinquenio 2009-2013 tuvo un crecimiento de 61.8% es decir 10.1% en promedio anual. Sin embargo en el primer semestre del 2014 ha reportado un crecimiento acumulado de sólo 2.4%, es decir está pasando por una etapa de enfriamiento. A esto se suma la paralización de proyectos del sector, tanto en obras públicas como privadas, así como un menor dinamismo de la auto-construcción.

Parte del sector construcción lo constituye la construcción de infraestructura, considerándose como infraestructura al conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones de larga vida útil sobre la cual se produce la prestación de servicios necesarios y actividades con fines productivos, políticos, sociales y personales. La infraestructura está conformada por los siguientes sectores: Transporte, Energía, Telecomunicaciones, Infraestructura Hidráulica, Agua y Saneamiento, Salud, Educación y Seguridad Ciudadana y Cárceles. Por otro lado, el Banco Mundial sostiene que el acceso a una infraestructura de calidad constituye una de las principales medidas que fomentan la disminución de la vulnerabilidad de los pobres e incrementa su acceso a oportunidades.

Actualmente en el país hay un gran déficit de infraestructura. Si bien el Perú está invirtiendo el 4.46% del PBI anual en materia de infraestructura, según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) debería invertir el 6.2%, alrededor de US\$ 12 mil millones, para satisfacer su demanda. Por lo cual,

vemos por ejemplo que existen proyectos mineros en el país que se están postergando, no sólo por la caída de precio de los minerales y demoras en los trámites, sino también por la falta de infraestructura. Además se estima que el déficit de infraestructura, al 2018 en términos monetarios alcanzaría la suma de US\$ 38 mil millones, de los cuales casi 14 mil corresponden al sector transporte, 6.3 a agua y saneamiento, 8.3 mil a electricidad, 3.7 mil a gas natural y 5.4 mil a telecomunicaciones. El cierre de esta brecha de infraestructura en el Perú permitirá incrementar el nivel de la inversión nacional en el corto, mediano y largo plazo. Si no se desarrolla primero infraestructura de carreteras, agua y desagüe, energía, comunicaciones, difícilmente se podrá lograr que las industrias se descentralicen competitivamente, para superar su actual excesiva concentración en unas pocas ciudades y en la capital.

En lo que respecta al sector transportes, el Perú cuenta con un sistema de transporte conformado por aeropuertos, puertos, ferrocarriles y carreteras. En este sistema, las carreteras cumplen un rol fundamental para la interconexión debido a que representa la alternativa con mayor presencia en el país.

En el Perú, las carreteras se clasifican según su función en: Red Vial Nacional (RVN), Red Vial Departamental o Regional (RVD) y Red Vial Vecinal o Rural (RVV). Estas a su vez se clasifican en Pavimentadas y No Pavimentadas, como se puede observar en el Cuadro N°1.1.

Cuadro N°1.1 Red Vial Existente 2013 (en Km)

Tipo de Red	Pavimentada	%	No Pavimentada	%	Total	%
Nacional	15,905	63.6	9,100	36.4	25,005	17.7
Departamental	2,340	9.7	21,895	90.3	24,235	17.2
Vecinal	1,611	1.8	90,233	98.2	91,844	65.1
Total	19,856	14.1	121,228	85.9	141,084	100

Fuente: MTC – Sistema Integrado de Información Vial al 31.12.2013.

Como se ha podido observar sólo el 63.6% de la Red Vial Nacional, el 9.7% de la Red Vial Departamental y el 1.8% de la Red Vial Vecinal se encuentran pavimentadas; en total el 14.1% de la Red Vial está pavimentada. Al 2018 se tendrá una brecha aproximada de US\$ 12 mil millones en carreteras, la cual tendrá que ser cubierta con la inversión pública, la inversión privada a través de asociaciones público privadas, contratos de concesión y otros mecanismos que

se han venido llevando a cabo en los últimos años, pero que no han sido suficientes.

La inversión en carreteras es indispensable para el desarrollo de la economía del país, ya que facilita el acceso a nuevos mercados de manera más rápida y eficiente permitiendo una comercialización de las mercancías más segura y oportuna, permite la inclusión de áreas productivas alejadas de la economía nacional, se reducen los costos de viaje y fletes de mercancías, se brindan mejores condiciones para el traslado de las personas (trabajadores, estudiantes, etc.); todo esto a su vez deriva en mejoras en la integración de todo el país y con mercados del resto del mundo. Es así que la inversión en carreteras permite el incremento de la productividad nacional al interconectar mercados nacionales e internacionales, lo que eleva los ingresos y el nivel de vida de las personas directa e indirectamente beneficiadas.

CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL EN LA CONSTRUCCIÓN

2.1 CONCEPTOS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL

2.1.1 Planificación

Según la American Management Association la planificación consiste en “determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué”.

Según Serpell “la planificación puede ser definida como la determinación de la metodología o camino que se va a utilizar para el cumplimiento de un objetivo específico. Una buena planificación asegura que cada tarea tenga la oportunidad de ser ejecutada correctamente, en el lugar apropiado y en el momento oportuno. Es decir, la planificación tiene como propósito principal lograr el cumplimiento de un objetivo con la mínima interferencia producida por eventos que puedan retrasar o detener su logro”.

La planificación consta de dos fases: planeamiento y programación.

a) Planeamiento

Es una primera subdivisión del proyecto y busca determinar los alcances de éste y, lo más importante, es que nos sirve para orientar el flujo. Lo que se busca es conocer, en la forma más precisa posible, las condiciones generales en las cuales se va a desarrollar la construcción de la obra, para establecer en forma clara las metas y las directrices que orientarán nuestra planificación (estudio), como son las estrategias, métodos constructivos, etc. Luego hay que establecer con la mayor precisión posible una subdivisión de la obra en actividades e hitos para poder establecer un plan de trabajo (análisis) aplicando los principios de física de producción (se refiere a la ciencia que describe los movimientos de las unidades de producción a través del proceso de construcción de la obra) como balance de carga y capacidad, cuello de botella, buffers, etc. Finalmente, hay que determinar las relaciones existentes entre las actividades para poder establecer relaciones de orden y secuencia entre ellas (ordenamiento) e identificando posibles fuentes de variabilidad, lo cual es de gran importancia para reducir los grandes costos que mayormente generan estas variabilidades o imprevistos.

b) Programación

Es una etapa dirigida a evaluar los planes de trabajo escogidos, determinando el tiempo total que podría demorar la obra, el costo de ella y los recursos que serían necesarios utilizar para cumplir con las metas señaladas en el planeamiento. Con esta etapa lo que se quiere es asegurar el plazo del planeamiento y el flujo.

2.1.2 Control

Luego de la planificación, se debe realizar un seguimiento de la ejecución del proyecto para poder contar en forma oportuna con información sobre lo que realmente está pasando en él. Entonces, en la etapa de control se comparan los datos obtenidos con el programa marco y se toman las acciones para corregir las diferencias que se hayan producido. Esto nos da un diagnóstico de lo que puede ser el futuro del proceso de construcción. Las decisiones correctivas que se tomen modificarán el programa inicial, lo que generará un continuo proceso de actualización, que dará como resultado el programa realista.

El propósito de llevar a cabo una buena planificación de obra es tener una guía que nos lleve a cumplir los objetivos planteados en un tiempo determinado, además se puede conseguir varios beneficios: entre ellos la reducción del costo, la reducción del tiempo de ejecución y el mejoramiento de la calidad del proyecto. Por otro lado, la etapa de control es particularmente importante ya que es la oportunidad que tenemos para tomar acciones correctivas, pues no hay que olvidar que la planificación que se realiza inicialmente y que genera el diagrama de barras, sólo plasma las intenciones de lo que queremos hacer y no lo que efectivamente haremos. Por eso realizar un seguimiento de lo que pasa en terreno y contrastarlo con lo que se tenía planificado puede marcar la diferencia entre el éxito y fracaso de un proyecto. En la Figura N°2.1 se muestra el resumen de la planificación y control, y sus fases o etapas que la conforman.

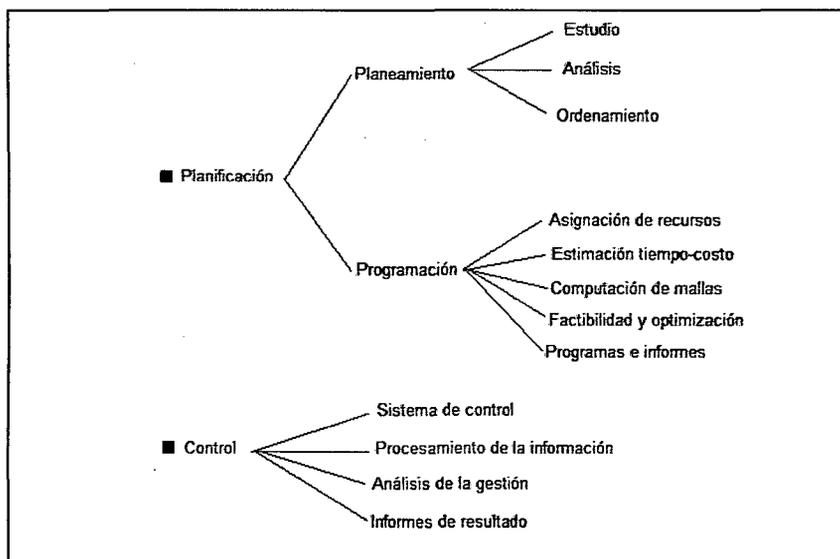


Figura N°2.1 Planificación y Control

Fuente: Elaboración propia.

2.2 MODELO TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL

Recientes estudios han demostrado que la planificación representa aproximadamente sólo un 10% del costo total de un proyecto, sin embargo, regula la ejecución global de éste. Por lo tanto una mala planificación representa la causa principal de los problemas en la construcción, como la no disponibilidad o inadecuada disponibilidad de recursos y, por el contrario, una buena planificación es la clave para lograr una buena eficiencia y efectividad (Lira, 1996). Sin embargo, en general la planificación ha sido resumida a la creación de presupuestos, programas y otros documentos referentes a las etapas a ser ejecutadas durante un proyecto (Bernardes, 2001). Diversos autores apuntan a que la ineficiencia de la planificación y control, radica básicamente en los siguientes puntos (Bernardes, 2001):

- La planificación en general se basa en la experiencia del administrador y es una tarea particularmente difícil en este rubro, ya que debe ser hecha bajo condiciones inciertas y sin la cantidad de información necesaria. Por ejemplo el planificador realiza un diagrama CPM (Critical Path Method) en el cual marca la ruta crítica compuesta por partidas sin tomar en cuenta los flujos de trabajo, lo que puede ocasionar que haya una ruta crítica oculta. Utiliza buffers, o amortiguadores de plazo, para que su ruta crítica no se retrase, sin tomar en cuenta los costos que ellos generan. Calcula el plazo basándose en

los rendimientos, en lugar de adecuar la producción al plazo meta y determinar la cantidad de recursos que necesita para cumplirlo.

- Método secuencial de realización de proyectos: durante la planificación, la totalidad de las tareas son ordenadas en forma secuencial, las cuales son asignadas a diferentes especialistas para su completa ejecución, no existiendo una visión global de la interacción entre ellas.
- Sólo se considera como cliente al destinatario final del proyecto.
- Carencia de consideraciones de calidad: en el enfoque administrativo tradicional, no se efectúa un esfuerzo especial por eliminar fallas, errores, omisiones, etc., ni para reducir su impacto; y se piensa que existe un nivel óptimo de calidad pues son eliminados en controles posteriores (Koskela, 1992). Además nuevos sistemas de Gestión de Calidad son usados como herramientas de marketing para la adjudicación de propuestas y no como un medio que apunta a aumentar la productividad mediante la eliminación del trabajo rehecho.
- El control es segmentado (se controlan sólo las partes componentes de los procesos, en vez de inspeccionarlos en su totalidad) y está basado en general, en el intercambio de informaciones verbales entre el ingeniero con el jefe de obra, cubriendo solamente un corto plazo de ejecución sin ninguna relación con los plazos más largos cubiertos en los planes de ejecución de obras, dando como resultado, la ineficiencia en la utilización de los recursos.
- Se hace la planificación como si todas las actividades se fueran a cumplir, por lo que la productividad colapsa en cadena, cuando alguna de las actividades claves no se cumple (Alarcón, 1994).
- La planificación en otras áreas de la industria, se concentra en las unidades de producción, sin embargo en la industria de la construcción, se orienta más bien al control de las actividades, porque la reducción del costo y la duración de cada proceso es la llave del mejoramiento. Un control orientado sólo en las actividades, mide únicamente el desempeño global y cumplimiento de los contratos, no preocupándose de las unidades productivas o cuadrillas, siendo de ellas de donde en varias ocasiones provienen los problemas, y si no se realiza un seguimiento y control de desempeño, difícilmente se tomarán acciones correctivas adecuadas y a tiempo.

- Se olvida la incertidumbre inherente de los procesos productivos en los proyectos de construcción, esto se observa en planes de largo plazo muy detallados que llevan a realizar constantes cambios y actualizaciones no contempladas en los planes iniciales.
- Se mide lo realizado contra lo programado en la obra, pero no se mide el desempeño de la habilidad y la destreza para planificar. Esto conlleva a que no se analicen los errores de la planificación y sus causas, y por lo tanto a que no se genere un aprendizaje.
- Las variaciones positivas en la planificación no son registradas y las negativas sólo son corregidas para no influenciar las etapas siguientes.
- En general, se aprecian fallas en la aplicación e implementación de software para planificación, adquiridos y utilizados sin antes haber identificado las necesidades reales de sus usuarios y directivos de la empresa. Sin esa identificación, estos programas computacionales generan una gran cantidad de datos apenas relevantes y/o innecesarios.
- Se tiene poca preocupación por la capacitación de los trabajadores. Este es un factor que afecta a la planificación ya que si una actividad queda mal realizada por errores constructivos, se debe rehacer. Se gasta más dinero, más tiempo y se provoca un atraso en las actividades siguientes. Además se considera a la capacitación como una pérdida de tiempo y dinero, no vislumbrándose los múltiples beneficios que esto podría traer.
- Existe poco interés en agregar nuevas técnicas de planificación. En general se piensa que con la experiencia basta y los profesionales no mantienen actualizados sus conocimientos. Es difícil, por no decir imposible, hacer que un profesional con experiencia en construcción cambie su forma de trabajar y esta es una barrera al tratar de mejorar los sistemas de planificación existentes. Debemos destacar que esta dificultad no sólo se observa en el rubro de la construcción, ya que el ser humano por esencia es reacio a aceptar los cambios.

La industria de la construcción ha sido entendida tradicionalmente como un proceso de producción en que materias primas (entradas) son convertidas o transformadas en productos (salidas), respondiendo a un modelo de producción conocido como "Modelo de Conversión", el cual se muestra en la Figura N°2.2.

Este modelo también considera subprocesos, denominados genéricamente, subprocesos de conversión.

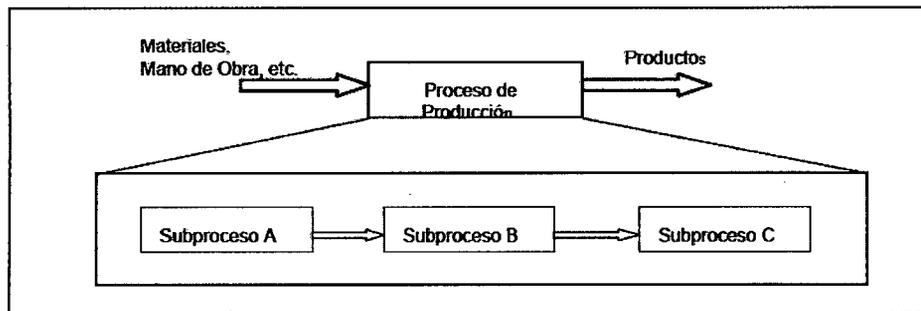


Figura N°2.2 Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida
Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

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

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

La idea se resume en que a lo planificado se le asigna recursos y la actividad se ejecuta según el programa realizado. En la Figura N°2.3 vemos un esquema de este proceso.

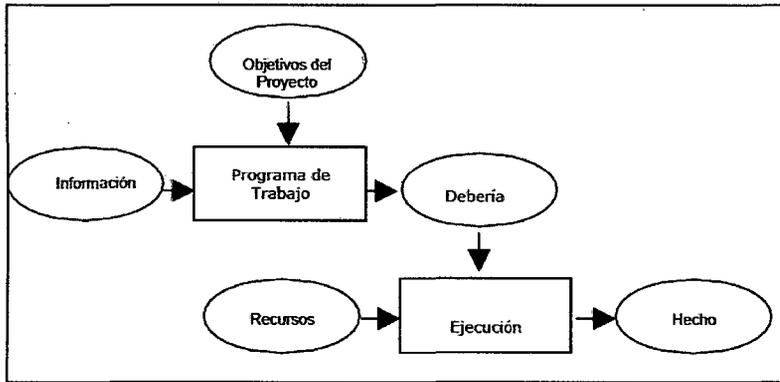


Figura N°2.3 Esquema de Modelo Tradicional de Planificación

Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

Como podemos ver en la Figura N°2.3, los recursos se asignan a las actividades programadas, pero no se considera que hay actividades que no podrán ser realizadas aunque estén programadas. Esto debido a que puede faltar algún requisito previo que impida su ejecución en la fecha de inicio programada. Entonces ahí empieza el problema, ya que al considerar en el programa semanal actividades que no podrán ser ejecutadas se generará un atraso en toda la cadena productiva que sigue a esta actividad, además de tener gente ociosa. El problema de fondo es que no se está diferenciando lo que se puede hacer con lo que se debe hacer. Si se asigna recursos a lo que se debe hacer, se está cometiendo este error.

CAPÍTULO III: FILOSOFÍA DEL LEAN CONSTRUCTION

3.1 RESEÑA HISTÓRICA

En el año 1900 Sakichi Toyoda funda su propia empresa de telares automáticos, que se rigió por tres lemas básicos: detener las operaciones siempre que ocurra algo irregular, no producir nunca productos defectuosos y que el personal no tenga que vigilar constantemente las máquinas. En 1930 Kiichiro Toyoda comienza a investigar los motores de gasolina y para ello se traslada a Estados Unidos, llevando muy presente los lemas de la automatización autónoma, propios de la empresa de su padre, pero añadiéndole su propia metodología de aprendizaje: observar, probar y equivocarse. En 1937 Kiichiro Toyoda funda la Toyota Motor Company, y que pronto adopta la filosofía Just in Time fabricando bajo demanda para hacer más eficientes sus procesos de montaje, que además se inspiran en el modelo de fabricación en serie creado en Estados Unidos. En 1950 Taiichi Ohno bajo la dirección de Eiji Toyoda desarrolla el sistema de producción *pull*. De esta forma, los componentes necesarios para la producción ya no dependen de los pedidos actuales, sino que se reponen en función de los pedidos ya servidos y facturados. Con esto se da inicio al Sistema de Producción Toyota.

El Sistema de Producción Toyota o Toyota Production System (TPS) es un sistema de producción y gestión integral cuyas ideas básicas son: la eliminación de inventarios y pérdidas, producir pequeñas cantidades de muchos modelos de productos, reducir o simplificar su estructura de producción, utilización de máquinas semiautomáticas, cooperación entre los proveedores, el respeto por el trabajador, entre otras técnicas. El TPS tiene como pilares fundamentales al JIT (Just in Time o Justo a Tiempo) y Jidoka (Calidad en la Propia Fase). El JIT consiste en fabricar la pieza correcta, en la cantidad justa y en el momento requerido. El Jidoka consiste en no dejar pasar ningún defecto en la fase que se produce.

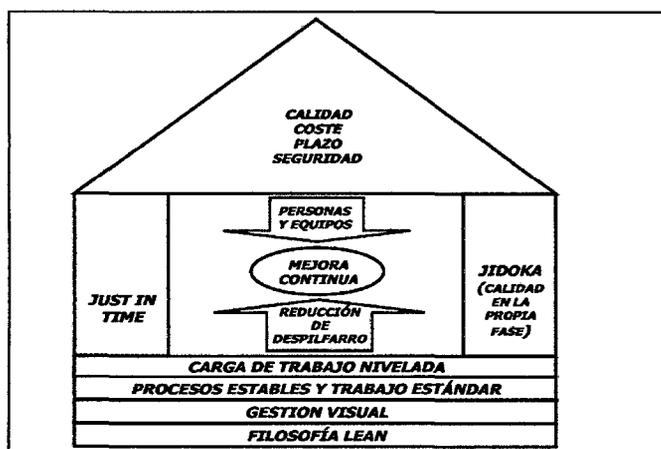


Figura N°3.1 Sistema de Producción Toyota

Fuente: Miranda D. *Implementación del Sistema Last Planner en una Habitación*

Urbana. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 2012.

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

Todas estas ideas comienzan a ser difundidas a Europa y Norteamérica aproximadamente en 1975 con el cambio de mentalidad de la industria automotriz. Durante los años 1980 una serie de textos fueron publicados para explicar y analizar el acercamiento hacia la nueva filosofía en forma más detallada (Deming 1982, Schonberger 1982, Schonberger 1986, Henos 1988).

A principios de los años 90s, la nueva filosofía de producción, es conocida con diferentes nombres (la fabricación de clase mundial, producción flexible, nuevo sistema de producción), la cual ha sido practicada, al menos parcialmente, por grandes empresas de fabricación en América y Europa. El nuevo acercamiento también ha sido difundido a nuevos campos, como la producción personalizada (Ashton y Cook 1989), servicios, administración (Harrington 1991), y el desarrollo de nuevos productos. Mientras tanto, la nueva filosofía de producción ha sufrido un impulso en su desarrollo, principalmente en Japón, nuevas herramientas han sido desarrolladas paralelamente para aumentar el desarrollo de la filosofía, como el Despliegue de Función de Calidad (QFD) (Akao 1990).

Además el Sistema de Producción Toyota ha servido de base para la elaboración de las Cadenas Críticas, Teoría de las Restricciones y mejoramiento continuo, propuesto por el físico israelí Eliyahu Goldratt, en sus libros *La Meta*, *Teoría de las Restricciones*, *Las Cadenas Críticas* y *No Fue la Suerte* (2° parte de *La Meta*), que han revolucionado la administración de negocios y se extendió a la construcción. Paralelo a la propuesta de Goldratt se crea una nueva filosofía de planificación de proyectos, que nace a comienzos de los años 90s en Finlandia, teniendo como modelo el Sistema de Producción Toyota, donde Lauri Koskela sistematiza los conceptos más avanzados de la administración moderna (Benchmarking, Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo), junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y controlar obras. Koskela propone esta nueva filosofía de control de producción en su tesis de doctorado "Application of the New Production Philosophy to Construction", 1992.

3.2 CONCEPTOS PREVIOS

Para entender la filosofía del Lean Construction es necesario conocer algunos conceptos que son de gran importancia. Estos conceptos son:

- **Valor:** Cantidad que crece cuando la satisfacción del cliente aumenta o los costos asociados disminuyen de un determinado producto.
- **Pérdida:** La nueva filosofía de Lean Construction acepta el concepto adoptado por Ohno como: "Todo lo que sea distinto de la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción".
- **Cadena de Valor:** Definiremos en un principio las actividades que agregan y no agregan valor:
 - **Actividades que agregan valor:** Las que convierten un material y/o la información hacia los requerimientos del cliente. En suma, son las actividades que el cliente reconoce en un estado de pagos del proyecto como ejecutadas. Por ejemplo, hormigonado de un elemento, albañilería de un muro, etc.
 - **Actividades que no agregan valor:** aquellas que produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a un proyecto.

Se define a la dirección de la cadena de valor como “la manera de controlar, manejar y dirigir una secuencia de actividades que una empresa realiza para crear productos o servicios que aumenten beneficio, disminuya tiempo y costo, y mejoren la calidad para la empresa y generen beneficio (valor) para el cliente. Usar el término de dirección de la cadena de valor, implica que el valor tiene que ser agregado en todos los puntos del proceso.

- **Logística:** La filosofía del Lean Construction apunta al mejoramiento de la logística como herramienta principal de eliminación de pérdidas. En un proceso de producción, la ventaja competitiva no puede venir solamente de mejorar la eficacia de las actividades de conversión, sino también reducir los tiempos de espera, del almacenaje, de movimientos improductivos e inspecciones. Todas estas actividades son inherentes a un proceso logístico. En términos de la construcción, la logística se puede entender como un proceso multidisciplinario que intenta garantizar en el tiempo exacto, el costo y la calidad del proceso: suministro de materiales, suministro de mano de obra, control de los programas de construcción, movimiento de la maquinaria de construcción en terreno, dirección de los flujos de construcción y dirección de los flujos de información en el proceso de ejecución. Esto se logra con el mejoramiento de las actividades de planificación, organización y control antes, durante y después de los trabajos de construcción.

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

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

Un aspecto muy importante que hay que tener en cuenta al intentar mejorar la logística en un proyecto es el costo total, ya que algunas acciones que apuntan a reducir algún costo individual de una actividad de logística pueden causar un aumento en otros costos de la actividad. Por ejemplo, el costo de la carga puede ser reducido al mínimo por la adquisición en cantidades más

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

- **Variabilidad:** Es la ocurrencia de eventos distintos a los previstos por efectos internos o externos al sistema. Es una realidad de la vida. Está presente en todos los proyectos y se incrementa con la complejidad y velocidad de los mismos. No tomarla en cuenta hace que se incremente significativamente y su impacto sea mayor en el sistema de producción. Ausencia de variabilidad significa producción confiable. En la Figura N°3.2 se puede ver el impacto de la variabilidad.



Figura N°3.2 Impacto de la variabilidad
Fuente: Elaboración propia.

3.3 LEAN PRODUCTION

En el Sistema de Producción Toyota se aplicó la racionalización del proceso de trabajo, el principio de costo mínimo o “fábrica mínima”, que aduce a la reducción de stocks, materiales, equipos, espacios y trabajadores y se complementa con el principio de “fábrica flexible” sustentada en la flexibilidad del trabajo en la asignación de las operaciones de fabricación para lograr un flujo continuo y pronta atención a la demanda. El resultado es un nuevo tipo de fábrica: la fábrica ligera, transparente y flexible; sus pilares son la producción en el momento preciso y la autoactivación, de estas ideas nace el término “Lean” que ya lo podemos definir como un sinónimo de mínimo, ligero, flexible u otros muchos términos afines, tales como: pobre, magra o sin pérdidas.

Este nuevo modelo conceptual es una síntesis de varios modelos sugeridos en diferentes campos de investigación en una base teórica común, como el pensamiento JIT (Shingo 1984) y la Visión de Calidad (Pall 1987). La tarea fue desarrollar un modelo que cubra todos los rasgos importantes de producción, sobre todo de los que carece el modelo de conversión. El nuevo modelo de producción puede ser definido de la siguiente forma:

La producción es un flujo de materiales y/o información desde la materia prima al producto final. En este flujo, el material es procesado, se producen inspecciones,

esperas y posteriormente movimientos de recursos hacia la actividad siguiente. El procesamiento del material representa la visión de conversión de producción, la inspección, el transporte y la espera representan el aspecto de flujo de producción (ver Figura N°3.3). Las esperas son tiempos ociosos que se generan entre o durante las actividades, debido a la falta de algún tipo de requisito necesario para continuar o empezar una actividad, como puede ser espera de personal, materiales, mediciones, información, etc. Las esperas no agregan valor al producto y, aunque son necesarias, hay que tratar de reducirlas al máximo. Con el transporte ocurre algo similar, ya que es necesario trasladar los materiales desde el lugar en donde éstos se encuentren, que puede ser desde donde se almacenan o desde un proceso anterior, idealmente hasta el mismo lugar en donde se realizará la actividad de conversión, lo cual no siempre puede ser así y deben ser trasladados hasta un lugar próximo a donde se realice la conversión. Al igual que las esperas, el transporte no agrega valor al producto, pero es una actividad necesaria que hay que tratar de reducir, por lo que se debería buscar que no se transporte el material por distancias mayores a las estrictamente necesarias.

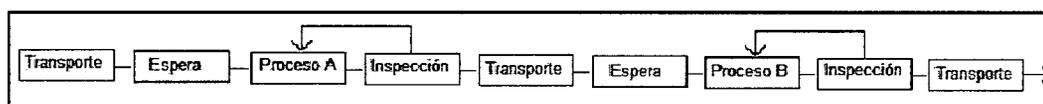


Figura N°3.3 Esquema conceptual del Lean Production

Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

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

Mientras todas las actividades tienen un costo y consumen tiempo, sólo las actividades de conversión agregan valor al material o a la información, siendo transformada en un producto final. Así, el mejoramiento de actividades de flujo principalmente debería ser enfocado en su reducción o eliminación, mientras que actividades de conversión debe ser más eficientes. Esta idea principal de la

nueva filosofía de producción se ilustra en la Figura N°3.4. La primera visión convencional está enfocada a mejorar la eficiencia del proceso completo, olvidando cada uno de los subprocesos intermedios, buscando la reducción del costo y del plazo total. La segunda visión de calidad, apunta a reducir la mala calidad del producto terminal, mediante una serie de controles intermedios y posteriores a la producción, por ende reducir el costo del proceso final. Finalmente, la visión del Lean Construction se concentra en reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al producto final y a optimizar las actividades que sí agregan valor (actividades de conversión).

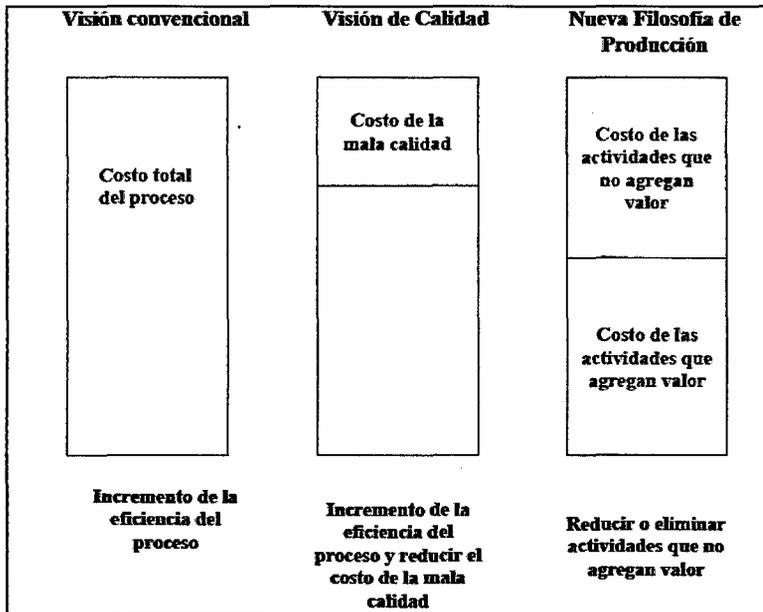


Figura N°3.4 Comparación de las visiones de producción

Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

Las características del Lean Production se resumen en los términos siguientes:

- Eliminación de los recursos redundantes considerados como pérdidas y la implantación del Lean Production, la diferencia con el modelo fordista (métodos de producción en serie y a gran escala) reside en la necesidad de menos existencias, menos espacio, menos movimiento de materiales, menos tiempo para preparar la maquinaria, menos sistemas informativos, tecnologías más austeras y menos trabajadores. El suministro justo a tiempo (JIT) de los materiales que se van a utilizar o ensamblar es la forma de conseguir esos objetivos. El JIT regula también la relación con el cliente final y los programas

de producción que son elaborados con el objeto de que presenten la mayor flexibilidad y sensibilidad posible a las variaciones del mercado.

- Los subcontratistas son elegidos no por el costo total de su trabajo, sino dependiendo de su capacidad para colaborar con la empresa líder en proyectos a largo plazo. El resultado es el desarrollo de una compacta red cooperativa basada en relaciones de confianza, de recíproca transparencia y contratos a largo plazo.
- La participación del personal en las decisiones sobre producción, lo que presupone una elevada capacidad profesional de los trabajadores, la cual no se limita a la destreza en las operaciones rutinarias sino que se manifiesta en la "multiespecialización de los trabajadores", en la decisión autónoma de interrumpir el flujo cada vez que se observan anomalías y defectos, a fin de eliminarlos de inmediato y en la colaboración para solucionar los problemas planteados por la introducción de innovaciones tecnológicas.
- El objetivo de la Calidad Total o Cero Defectos, sin aumento de costos, se basa en el concepto de que la eliminación de un defecto es tanto más rápida y económica cuanto más próximo se está al momento en que se ha detectado el defecto. La consecuencia es que la calidad se incorpora al proceso productivo con la progresiva eliminación de los controles posteriores. Las diversas fases del proceso productivo se conciben como una relación entre el proveedor y el cliente regulada por la autocertificación de la calidad del material o de la prestación efectuada.

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

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

3.4 LEAN CONSTRUCTION

El Lean Construction acepta los criterios de diseño del Sistema de Producción Toyota o Lean Production como un estándar de perfección. ¿Pero cómo

podemos aplicar el Sistema de Producción Toyota en la construcción? La industria de la construcción ha rechazado muchas ideas de la industria automotriz y manufacturera debido a la creencia que la construcción es diferente. En un sentido logístico, en la industria de la construcción existe una fuerte interdependencia entre proveedor-constructor-cliente, incluidos los clientes internos, tal como en la industria manufacturera. En este contexto la construcción debe ser gerenciada de la misma manera.

Las pérdidas en la construcción y la fabricación provienen del mismo pensamiento centrado en la visión de conversión: mantener la presión intensa sobre la producción y sobre cada actividad porque la reducción del costo y la duración de cada paso es la llave del mejoramiento. Esta presión se mantiene mediante un riguroso control, que de entregar malos resultados, los esfuerzos apuntan a reducir el costo y la duración de la tarea que le sigue o cambios en la secuencia de trabajo. Si estos esfuerzos no solucionan el problema, se recurre a negociar el costo del programa si es posible. Dicha focalización en las actividades oculta las pérdidas generadas por la incertidumbre de la finalización de alguna actividad necesaria para continuar con la secuencia lógica planificada o la llegada de recursos necesarios.

Por otro lado, manejar la interacción entre actividades, reducción al mínimo de los efectos combinados de dependencia y variación se hace una cuestión central para la planificación y el sistema de control para lograr la reducción de la duración de cualquier proyecto de gran complejidad. La necesidad de mejorar la fiabilidad en circunstancias complejas y rápidas es obvia pues la complejidad es directamente proporcional al número de actividades que pueden interactuar. Requerimos entonces mejorar nuestras formas de planificación y control. El Lean Construction se aplica en la planificación y control a través del Sistema del Último Planificador.

El primer objetivo del Lean Construction es entender "la física" de producción en la construcción, los efectos de dependencia y la variabilidad a lo largo de las cadenas de actividades y el suministro de éstas. Según el Lean Construction la construcción debe ser vista como un conjunto de procesos compuestos por una serie de flujos.

El modelo de proceso de producción según los principios del Lean Construction se basa tanto en la consideración de los flujos de un proceso (actividades que no agregan valor), como las actividades de conversión (actividades que agregan valor) permitiendo enfatizar el análisis mediante la minimización y/o eliminación de las actividades de flujo (Bernardes, 2001), puesto que constituyen la mayor parte de los pasos en los procesos de producción en la construcción. El impacto sobre éstos tiene una influencia muy superior en el proceso de producción entero, en comparación a los procesos de conversión, que sólo representan entre un 3 a un 20% de los pasos (Ciampa, 1991).

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

Los indicadores más importantes enfocados en los flujos, según la visión de Lean Construction, deben medir: pérdidas (tales como la cantidad de defectos, adaptaciones, el número de errores de diseño u omisiones, gastos en seguridad, el exceso de materiales y el porcentaje de tiempo que no agrega valor al ciclo total), valor (debe ser medido por un proceso de medición post venta o post construcción), tiempos de ciclos (los tiempos del ciclo principal y de sus subprocesos son uno de los indicadores más poderosos), variabilidad (la producción en la construcción variará de lo planificado con alguna desviación estándar, por ejemplo, debido a la variación en tamaño y peso de los componentes instalados, facilidad de instalación, tolerancias de fabricación y elevación, etc.). Estos indicadores deben cumplir los siguientes requisitos:

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

Algunos de los índices de desempeño más utilizados son: desviación del costo, desviación del plazo, eficiencia de la mano de obra, productividad, rendimiento, efectividad de la planificación, cambios de diseño, errores u omisiones, índice de accidentabilidad, etc.

Además, existen varios problemas que se presentan en el desarrollo de las mediciones en la construcción:

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

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

Los principios del Lean Construction son:

1. Reducir las actividades que no agregan valor (pérdidas)

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

La mayor parte de los principios presentados más adelante están dirigidos a eliminar actividades que no agregan valor. Sin embargo, es posible directamente atacar las pérdidas más visibles solamente por diagramas de flujo del proceso,

luego señalar y medir actividades que no agregan valor; como para el diseño de la obra se usan P&ID (Diagramas de procesos e instrumentación), para la ejecución de ésta es fundamental crear diagramas de flujo de procesos constructivos claves.

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

Para eliminar las pérdidas en la construcción, debemos saber las fuentes de ellas. Si buscamos clasificaciones de pérdidas podremos encontrar diferentes tipos, pero la visión más reciente y adecuada al campo de la construcción es entregada por Borcharding en 1986 quien propone un modelo cualitativo para identificar las causas de reducción de productividad en la construcción.

Postula que la pérdida de productividad, en construcciones grandes y complejas, se explica con el uso de cinco grandes categorías de tiempo improductivo:

- Pérdidas por esperas (inactividad)
- Pérdidas por traslados
- Pérdidas por trabajo lento
- Pérdidas por trabajo inefectivo
- Pérdidas por trabajo rehecho

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

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

El enfoque en la productividad del Lean Construction propone nuevas herramientas de diagnóstico, medición y mejoramiento para este propósito: encuestas de detección a los capataces, métodos de muestreo del trabajo, registros de materiales y otras herramientas han sido desarrolladas para permitir

la toma de decisiones para el mejoramiento de la productividad en la construcción. El principal objetivo de estas herramientas es reducir las demoras, interrupciones y mejorar el almacenamiento de recursos, la coordinación y la planificación en la construcción.

2. Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente

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

El fundamento práctico de este principio es realizar un diseño de flujo sistemático, donde los clientes sean definidos para cada etapa y sean analizadas sus exigencias. El Sistema del Último Planificador propone mejores planes intermedios o Lookahead, en donde los clientes internos o sea las actividades siguientes son planificadas a través de una consideración sistemática de sus requerimientos. Además en el proyecto deben existir requisitos y preferencias de los clientes finales entregados por ellos mismos, obtenido por investigación de mercado o evaluaciones post-ocupación de obras ya entregadas. Tales informaciones deben ser proporcionadas a los proyectistas para tener en cuenta en el proyecto.

3. Reducir la variabilidad

Todos los procesos de producción son variables. Hay dos motivos para reducir la variabilidad del proceso. Primero, del punto de vista del cliente un producto uniforme siempre es mejor. En segundo lugar, la variabilidad, especialmente de la duración de alguna actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor. Esto puede ser demostrado por la teoría de colas que la variabilidad aumenta el tiempo del ciclo del proceso (Krupka, 1992; Hopp, 1990).

Hay que recordar que la desviación de lo planificado representa lo que se ha pasado a denominar "variabilidad" y ausencia de ésta se traduce en una planificación confiable. Se demostrará más adelante, con la aplicación del

sistema del Último Planificador, que generando planificaciones más confiables, se reduce considerablemente la variabilidad.

4. Reducir el tiempo del ciclo

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

Un flujo de producción puede ser caracterizado por el tiempo del ciclo, que se refiere al tiempo requerido para que un material atraviese parte del flujo. El tiempo de un ciclo puede ser representado en la Figura N°3.5.

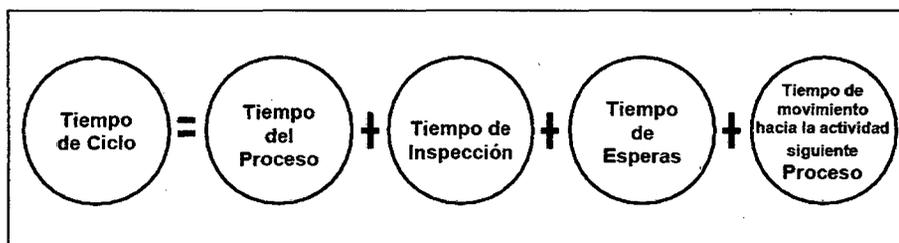


Figura N°3.5 Tiempo de ciclo del proceso completo

Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

Ejemplos prácticos de la reducción de tiempos de ciclo son los siguientes (Hopp, 1990; Stalk & Hout, 1990):

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

5. Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y la necesidad de conciliar información y uniones

Si no intervienen otros factores, la complejidad misma de un producto o del proceso aumenta los costos más allá de la suma de los costos de sus partes

individuales o pasos. Otro problema fundamental de complejidad es la fiabilidad: sistemas complejos son naturalmente menos confiables.

Simplificar puede entenderse como:

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

Esfuerzos prácticos hacia la simplificación incluyen:

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

6. Incrementar la flexibilidad del producto terminado (output)

Flexibilidad del producto terminado no se contrapone a simplificación. Uno de los elementos claves es el diseño de productos modulares en conexión con un uso agresivo de otros principios, especialmente la compresión de tiempo de ciclo y transparencia.

Esfuerzos prácticos para incrementar la flexibilidad incluyen:

- Minimizar los tamaños de lote para atender muy cercanamente la demanda.
- Personalizar el producto al final del proceso.
- Entrenar a trabajadores multihabilidosos.

7. Incrementar la transparencia en los procesos

Un proceso a la vista de la gente en sus métodos y procedimientos, es transparente. La carencia de transparencia del proceso aumenta la propensión a errar, reduce la visibilidad de errores, y disminuye la motivación para mejorar. Así, el objetivo es tratar de hacer la producción más transparente para facilitar el

control y el mejoramiento y hacer que el flujo principal de operaciones de principio a fin sea más visible y comprensible para todos los involucrados.

Algunos esfuerzos prácticos para mejorar la transparencia son:

- Hacer los procesos directamente observables a través de planos en planta apropiados.
- Evidenciar atributos invisibles del proceso, sólo observables a través de mediciones.
- Incorporar la información de los procesos en las áreas de trabajo, instrumentos, contenedores, materiales y sistemas de información.
- La utilización de órdenes visuales para permitir a cualquier persona inmediatamente reconocer normas y desviaciones de ellas.
- Establecer una metodología de ordenamiento y limpieza básicos para eliminar lo inservible, como por ejemplo el método de las 5S. Las 5S es un proceso continuo para mantener un ambiente de trabajo ordenado, limpio, seguro, agradable y que facilite el trabajo diario. Se llama 5S porque son las iniciales de las cinco palabras japonesas: Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina).

8. Enfocar el control del proceso al proceso completo

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

Hay al menos dos requisitos previos para el control enfocado sobre el proceso completo. Primero, el proceso completo debe ser medido. En segundo lugar, debe haber una autoridad de control para el proceso completo.

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

9. Introducir el mejoramiento continuo de los procesos

El esfuerzo de reducción de pérdidas y aumento del valor en la gestión de los procesos tiene carácter incremental, interno a la organización, que debe ser conducida por un grupo especial responsable. Este principio está basado en el Kaizen, filosofía japonesa del mejoramiento continuo en general (no sólo de los procesos) sino de toda la cadena de valor (ver Figura N°3.6).

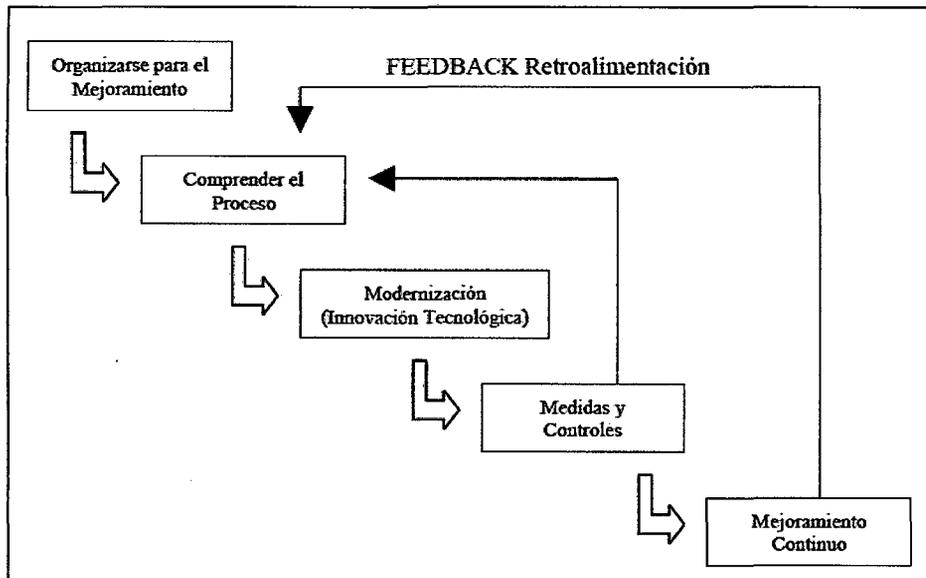


Figura N°3.6 Proceso de mejoramiento continuo

Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

El trabajo en equipo y la gestión participativa se constituye en los requisitos esenciales para la introducción de las mejoras continuas en los procesos.

Algunos esfuerzos prácticos para el mejoramiento continuo son:

- Utilización de indicadores de desempeño para el monitoreo del proceso.
- Definición clara de prioridades y metas a ser alcanzadas.
- Estandarización de los procedimientos, de forma de consolidar las buenas prácticas constructivas y servir de referencia para futuras mejoras. La creación de una metodología de identificación de las causas de problemas es la base para comenzar la estandarización de los procesos.
- El análisis de las causas de no cumplimiento de la planificación apunta a conseguir el mejoramiento de los procesos.

10. Balancear el mejoramiento del flujo con el mejoramiento de la conversión

Hay que tener en cuenta que cuanto mayor sea la complejidad del proceso de producción, mayor es el impacto del mejoramiento de los flujos. A mayor desperdicio inherente a los procesos de producción, mayor es el provecho de la mejora del flujo en comparación con la mejora de conversión.

El punto crucial es que el mejoramiento del flujo y la conversión están íntimamente relacionados. Los mejores flujos requieren menor capacidad de conversión y por lo tanto menor inversión en equipamiento. Mayores flujos controlados hacen más fácil la implementación de nuevas tecnologías de conversión. Así mismo nuevas tecnologías de conversión podrían ocasionar variabilidades más pequeñas, y así flujos más beneficiosos.

Es prioritario buscar el mejoramiento de los flujos de los procesos antes que invertir en nuevas tecnologías de conversión. Además se debe perfeccionar procesos existentes a su máximo potencial antes que diseñar otros nuevos.

11. Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking)

A diferencia de la tecnología para conversiones, el mejor proceso de flujo no está referenciado, tenemos que encontrarlo en algún proceso de clase mundial. A menudo el Benchmarking es un estímulo útil para alcanzar la brecha de mejoramiento. Esto ayuda a vencer viejas rutinas inculcadas y las malas prácticas. Mediante ello, defectos fundamentales lógicos en los procesos pueden ser desenterrados.

Los pasos básicos del Benchmarking son los siguientes (Camp, 1989):

- Saber del proceso, evaluación de las fuerzas y las debilidades de los subprocesos.
- Saber acerca de los líderes de la industria o competidores; encontrar, entender y comparar las prácticas de los mejores.
- Incorporar a las prácticas convencionales lo mejor; copiar, modificar o incorporar en sus propios procesos.
- Ganar y adelantarse a través de la combinación de las fuerzas existentes y lo mejor de las prácticas referenciadas.

3.5 COMPARACIÓN ENTRE EL MODELO TRADICIONAL Y EL MODELO LEAN

En la Figura N°3.7 se muestra una comparación entre el Modelo Tradicional y el Modelo Lean de los principales aspectos a tomar en cuenta en un proyecto.

	Modelo Tradicional	Lean Production
Objeto	Afecta a productos y servicios.	Afecta a todas las actividades.
Alcance	Actividades de control.	Gestión, asesoramiento y control.
Modo de aplicación	Impuestas por la dirección.	Por convencimiento y participación.
Metodología	Detectar y corregir.	Prevenir.
Responsabilidad	Del departamento de calidad.	Compromiso de todos los miembros de la empresa.
Clientes	Ajenos a la empresa.	Externos e internos.
Conceptualización de la producción.	Consiste actividades de conversión y todas las actividades agregan valor al producto.	Consiste en actividades de flujo y hay actividades que agregan valor al producto o que no.
Control	Costo de las actividades.	Dirigido hacia el costo, tiempo y control de los flujos.
Mejoramiento	Implementación de nueva tecnología.	Reducción de las tareas de flujo y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnología.

Figura N°3.7 Comparación entre el Modelo Tradicional y el Modelo Lean

Fuente: Díaz D. A. *Aplicación del Sistema de Planificación Last Planner a la*

Construcción de un Edificio Habitacional de Mediana Altura. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2007.

CAPÍTULO IV: SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

4.1 INTRODUCCIÓN

Según el modelo convencional la planificación es realizada por diferentes personas en la fase inicial del proyecto. Al planificar el proyecto, se focalizan los objetivos generales, las metas y se demuestra que las metas son alcanzables. Posterior a esto, en la fase de ejecución del proyecto un individuo decide qué es lo que se debería hacer para cumplir las metas estipuladas, convirtiéndose así la planificación en un esfuerzo de control. Todo funcionaría bien si viviésemos en un mundo perfecto. La planificación se suele desviar de los planes originales prácticamente el primer día de la obra, causando una reacción en cadena que genera la necesidad de re-planificar gran parte del proyecto. Al ir reduciendo las holguras dentro de la planificación general, se va generando una presión mayor por terminar más rápido. Esto hace que las cosas se pongan, por lo general, aún peor. Los costos de mano de obra y equipo suben radicalmente. En estos casos se usa una gran cantidad de recursos, a una eficiencia muy baja, para lograr terminar la obra en los plazos establecidos.

Como respuesta a la costumbre de planificar y controlar los proyectos de forma global, se han desarrollado una serie de metodologías para resolver el problema de la falta de confiabilidad de las planificaciones en forma diferente. En principio, el enfoque para resolver el problema, es la planificación de horizontes más cortos, y por tanto más predecibles, más confiables.

Basándose en la teoría del Lean Construction, Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell desarrollaron un sistema de planificación y control de proyectos llamado "Sistema del Último Planificador". Para comprender este sistema se tienen las siguientes definiciones previas:

- **Producción:** Es sinónimo de "hacer". La producción se refiere tanto a la elaboración del producto como al diseño.
- **Control:** En base a la filosofía Lean significa "causar un futuro deseado", reemplazando la anterior definición de "monitorear resultados".
- **Control de la producción:** Se entiende como el proceso que gobierna la ejecución de los planes y se extiende desde el comienzo hasta el fin del proyecto. Por ello el control de la producción, concibe la producción como un

flujo de materiales e información entre especialistas que cooperan, para generar valor para el cliente.

El Último Planificador es un sistema de control de la producción en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales para lo cual participan nuevos estamentos, incorporando en algunos casos a capataces, subcontratistas, entre otros actores; con el fin de lograr compromisos en la planificación, controlar las interdependencias entre los procesos y reducir la variabilidad entre éstos, y por ende, asegurar el mayor cumplimiento posible de las actividades de la planificación.

Lauri Koskela, propuso unos criterios o principios para diseñar un adecuado sistema de control de la producción (Koskela, 1999). Estos principios son:

1. Primer principio, “las asignaciones deben ser razonables en relación a sus condiciones previas”, esto hace referencia a que no se debería comenzar un tarea o labor hasta que no estén a disponibilidad todos los suministros o herramientas necesarios para completar dicha tarea. “Este principio procura minimizar el trabajo en condiciones sub-óptimas”.
2. Segundo principio, “el cumplimiento de las asignaciones es medido y monitoreado”. Este enfoque hace que reduzcamos el riesgo de variabilidad en tareas o flujos que vienen después de la actividad que evaluamos.
3. Tercer principio, “se investigan las causas de no cumplimiento y esas causas son eliminadas”. Las causas de no cumplimiento son las razones porque no se concluyeron las actividades programadas.
4. Cuarto principio, “sugiere mantener un paquete de tareas de amortiguación (buffers) razonables para cada equipo de trabajo”, esto hace referencia a que en caso no se pueda realizar un tarea programada, se debe tener tareas que estén libres de restricciones para ser ejecutadas en su lugar, para evitar así pérdida de producción o reducción de la productividad.
5. Quinto principio, “en la planificación lookahead (con un horizonte temporal de 3 a 6 semanas), los requisitos previos de asignaciones inminentes deben ser liberados de forma activa”, lo cual hace referencia claramente a un sistema “pull”, donde se busca asegurar que todos los requisitos previos estén disponibles para la ejecución de las asignaciones.

Las técnicas propuestas basadas en los principios del Lean Construction han sido probadas tanto en diseño como en construcción, en proyectos pequeños y grandes, fast track y secuenciales, así como en el trabajo de subcontratistas especializados.

4.2 DEFINICIÓN

Dentro del proyecto alguien (individuo o grupo) debe decidir qué se hará mañana o la semana siguiente. El trabajo o actividades que son posibles de realizar se denominan **asignaciones** y, la persona o grupo de personas que determina qué asignaciones serán realizadas, cuándo y por quién, se llama **último planificador**. El último planificador es quien directamente vigila el trabajo hecho por las unidades de producción, además típicamente es responsable de su capacidad, de sus rendimientos y de la calidad de sus productos. El último planificador en la etapa de diseño puede ser el diseñador líder, en la etapa general de construcción puede ser el ingeniero del proyecto, en una construcción específica puede ser el jefe de obra o el capataz a cargo. Pero ¿cómo sabe el último planificador qué actividades incluir en la programación de corto plazo? El programa marco elaborado al inicio del proyecto define lo que debería hacerse, pero no todas las actividades que deberían hacerse pueden ser realizadas, ya que poseen ciertas restricciones que lo impiden. Sólo si se liberan todas las restricciones que posee una actividad se podrá ejecutar. Entonces lo que debe ser hecho se debe contrastar con lo que puede ser hecho, como se muestra en la Figura N°4.1.

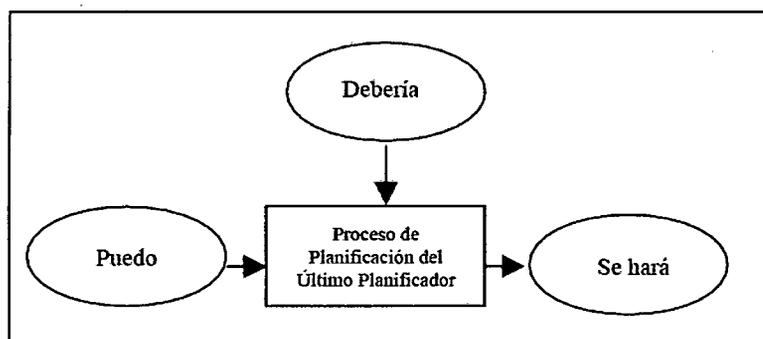


Figura N°4.1 Formación de asignaciones

Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

Para mayor facilidad, se verán estos conceptos utilizando la teoría de conjuntos. Si lo que se hará es subconjunto de lo que puede ser hecho y a su vez lo que puede ser hecho es subconjunto de lo que debería ser hecho, hay altas probabilidades de que lo que se planificó se cumpla (ver Figura N°4.2).

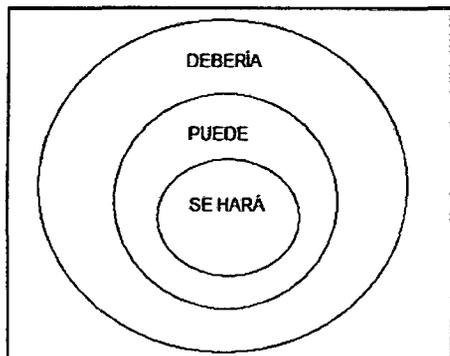


Figura N°4.2 Esquema se hará vs. puede vs. debería

Fuente: Díaz D. A. *Aplicación del Sistema de Planificación Last Planner a la*

Construcción de un Edificio Habitacional de Mediana Altura. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2007.

Por el contrario, si lo que puede ser hecho es subconjunto de lo que se hará, no se cumplirá la programación. Como se ve, para programar las actividades a corto plazo, no basta con ver el programa marco, hay que ver también los factores externos que influyen en una obra y el estado real de ella. Hay gente que considera que se debe presionar a las unidades de producción para que realicen las tareas programadas sin importar los obstáculos que tengan para realizarlas, lo que finalmente genera un derroche de recursos en tratar de finalizar una actividad que no puede ser realizada, o si lo es, no será hecha de la forma en que corresponde. Una errada forma de control a la unidad de producción incrementa la incertidumbre y priva a los trabajadores de comprender que la planificación es una poderosa herramienta para enfrentar el futuro de una mejor manera.

Según Glenn Ballard el Sistema del Último Planificador de control de la producción es una filosofía, reglas y procedimientos, y una serie de herramientas que facilitan la 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**. El trabajo del primero es hacer progresivamente mejores asignaciones a las unidades de producción mediante el aprendizaje continuo y las acciones correctivas. Como unidades de producción

en la construcción se entiende a una cuadrilla de obreros o grupo de ellas que se especializan en un tipo de labor. La función del control de flujos de trabajo se refiere a que se debe hacer que el trabajo fluya activamente a través de las unidades de producción para lograr objetivos más alcanzables. Con estos componentes se puede incrementar la fiabilidad de la planificación y con ello mejorar los desempeños.

Los elementos que conforman o estructuran el Sistema del Último Planificador son:

- Cronograma Maestro
- Cronograma por Fases
- Planificación Intermedia
 - Programa Intermedio
 - Análisis de Restricciones
- Inventario de Trabajo Ejecutable
- Plan de Trabajo Semanal
 - Programa Semanal
 - Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC)
 - Causas de No Cumplimiento

4.3 CONTROL DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

Un punto clave en el funcionamiento de un sistema de planificación en el nivel de unidad de producción es su calidad de salida, esto es la calidad de los planes producidos por el último planificador. Esta planificación se refleja en lo que se denomina Plan de Trabajo Semanal, el cual está conformado por asignaciones. Las siguientes son algunas de las características críticas de una asignación:

- Que la asignación esté bien definida.
- Seleccionar la secuencia correcta de trabajo.
- Seleccionar la cantidad correcta de trabajo.
- El trabajo seleccionado debe ser práctico para la cadena completa, esto es, puede ser hecho y en el tiempo deseado.
- Debe haber una retroalimentación o aprendizaje.

“Bien definido” significa que está descrito suficientemente para que cualquier asignación pueda ser preparada y su terminación inequívocamente determinada. “La secuencia correcta” es aquella secuencia compatible con la lógica interna del trabajo. “La cantidad correcta” es aquella cantidad que los planificadores juzgan que sus unidades de producción son capaces de completar después de la revisión de costo del presupuesto y después de revisar el trabajo específico que puede ser realizado. “Práctico” significa que todo el trabajo previamente necesario está hecho y todos los recursos requeridos están disponibles. “Retroalimentación” significa que para las asignaciones que no fueron completadas en la semana se deben identificar las causas de no cumplimiento y tomar acciones correctivas.

El Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC) es el número de asignaciones planificadas completadas dividido por el número total de asignaciones planificadas, expresadas como porcentaje y evalúa hasta qué punto el Sistema del Último Planificador fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente. El PAC se transforma en un patrón estándar para el control ejercido sobre la unidad de producción, derivado de un conjunto sumamente complejo de directrices: programas del proyecto, estrategias de ejecución, presupuestos, etc. Los proyectos de altos estándares de calidad, presentarán entonces mayores PAC, los que corresponden a realizar mejores trabajos con los recursos dados, detrás de un gran nivel de productividad.

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

La primera medida necesaria para el mejoramiento es la identificación de las causas de no cumplimiento, por los supervisores, ingenieros residentes o los constructores, directamente responsables de la ejecución del plan. Los motivos podrían ser:

- Órdenes o información defectuosa proporcionada al último planificador; por ejemplo el sistema de información incorrectamente indicó que el trabajo previamente necesario estaba terminado.
- Fracaso en aplicar criterios de calidad en las asignaciones, por ejemplo planificar demasiado trabajo.
- Fracaso en coordinación de recursos compartidos, por ejemplo carencia de una grúa en el momento preciso.
- Cambio de prioridad, por ejemplo los trabajadores fueron asignados temporalmente a una tarea "incendio" (actividades que generan un retraso global en la obra).
- Error de diseño o error de alguna especificación descubierta en el intento de realizar una actividad planificada.

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

4.4 CONTROL DEL FLUJO DE TRABAJO

El otro componente del sistema de planificación es el control del flujo de trabajo, esto es, el trabajo provocado por el movimiento de las unidades de producción (cuadrillas). Consiste en hacer que el trabajo se mueva entre las unidades de producción en una secuencia y a un ritmo deseado, además coordina el flujo del diseño, abastecimiento e instalación. El control de flujo de trabajo se lleva a cabo mediante la Planificación Intermedia (Lookahead Planning).

4.4.1 Planificación Intermedia (Lookahead Planning)

En el proceso de Lookahead Planning, se propone una visión de 3 a 6 semanas, según se determine por el equipo de la obra, al cual se llama Lookahead Window. Dentro de esta ventana es que se desglosa todas las actividades colocadas en el Cronograma Maestro, se hace una revisión de la secuencia de las actividades y desarrolla detalladamente los métodos de ejecución; a

continuación se procede con el análisis de restricciones para que luego de este análisis podamos obtener un Inventario de Trabajo Ejecutable.

El proceso de Lookahead Planning se lleva a cabo mediante el análisis de restricciones, el cual conlleva los procesos de “alistar” (make ready) tareas mediante la “revisión” (screening) y el “arrastre” (pulling). A continuación se presenta el proceso de planificación Lookahead, el cual es desarrollado más adelante (ver Figura N°4.3).

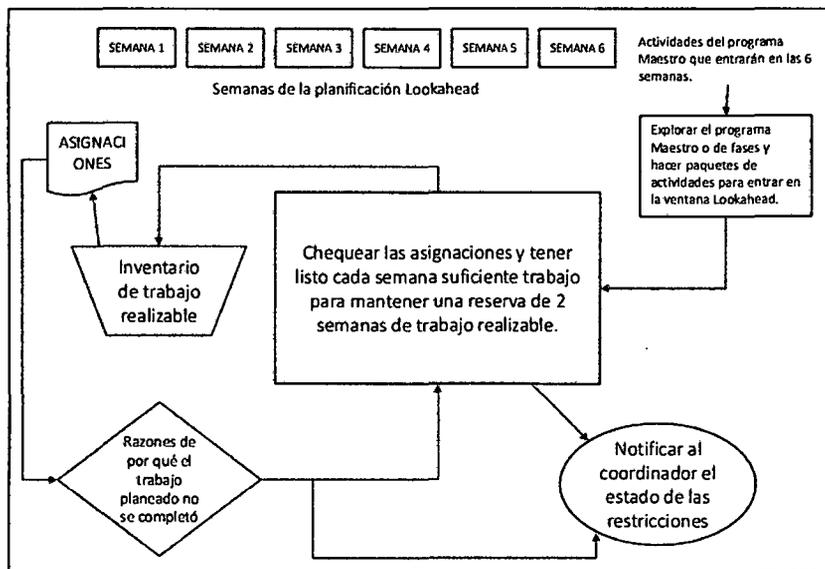


Figura N°4.3 Proceso de Planificación Intermedia o Lookahead Planning
Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

4.4.2 Sistema de Arrastre (Pull System)

El método que se utiliza para introducir materiales o información en el proceso de producción se denomina Sistema de Arrastre o “Pull System”. En cambio se tiene en contraposición el Sistema de Empuje o “Push System”, que consiste en empujar las entradas hacia un proceso basado en metas de entrega o fechas límites. Tradicionalmente la construcción ha sido un Sistema Push, ya que lo que busca con sus cronogramas es lograr intersecciones en el futuro de tareas interdependientes (ver Figura N°4.4).

A diferencia del Push System, el Pull System sólo permite que los recursos e información puedan ingresar al proceso de producción si el proceso es capaz de realizar dicho trabajo. Como se verá más adelante en el proceso Lookahead se

alista (make ready) las tareas antes que ingresen a la programación propiamente dicha, y esto viene a ser el uso de técnicas Pull. Así podemos concluir que el Último Planificador es un Sistema Pull (ver Figura N°4.5).

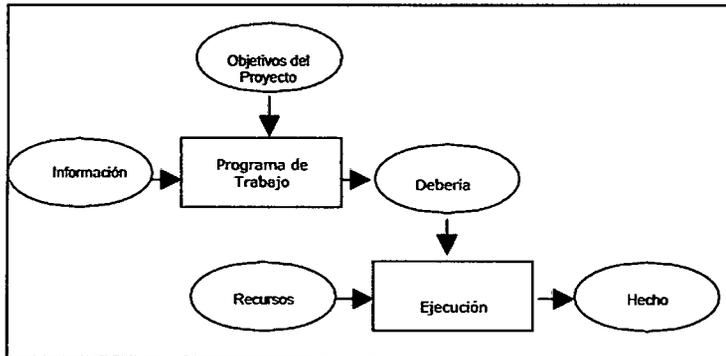


Figura N°4.4 Sistema Tradicional de Planificación: "Push"
 Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

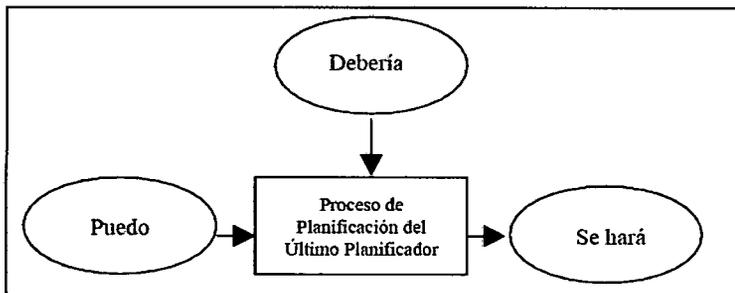


Figura N°4.5 Sistema del Último Planificador: "Pull"
 Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

4.4.3 Equilibrio entre Carga y Capacidad

Lo primero es definir los conceptos involucrados. Se entiende como carga a la cantidad de salidas esperadas para una unidad de producción en un tiempo dado. Por otro lado, capacidad se refiere a la cantidad de trabajo que una unidad de producción puede lograr en un tiempo dado. Para un sistema de producción es muy importante poder equilibrar la carga y capacidad para las unidades de producción, ya que esto repercute directamente en la productividad que tendrán, y es también crítico para el tiempo del ciclo. En el proceso de Lookahead, que será explicado más adelante, es necesario tener siempre una cantidad de tareas disponibles para su ejecución para cada unidad de producción, a esto se llama Inventario de Trabajo Ejecutable (Workable Backlog). Para esto es necesario

poder estimar la carga de cada tarea que será encargada a una unidad de producción y así mismo debemos calcular la capacidad de todas las unidades de producción. Si bien es cierto que se debe estimar tanto la carga como la capacidad, para poder lograr un equilibrio entre ambas, el planificador puede hacer algunos ajustes como:

- Cambiar la carga para que concuerde con la capacidad.
- Cambiar la capacidad para que concuerde con la carga.
- O se procede a una combinación de ambos, lo cual es lo más usual.

Considerando las ventajas de mantener una mano de obra estable y evitar cambios frecuentes, la preferencia es a menudo adaptar la carga a la capacidad. Sin embargo, no será el caso cuando haya apremios, hitos previstos o fechas finales.

4.5 ELEMENTOS DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

Los elementos del Sistema del Último Planificador se detallan a continuación.

4.5.1 Cronograma Maestro (Master Schedule)

Todo proyecto de construcción suele tener una planificación general, sobre la cual se plasman todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial. A esta planificación inicial se denomina Cronograma Maestro (Master Schedule). Mediante este cronograma lo que se busca es trazar las metas generales del proyecto mediante fechas definidas, las fechas de cumplimiento de cada meta se puede definir como "hitos" para el proyecto. Consecuentemente podemos decir que el cronograma maestro sirve para identificar los hitos de control del proyecto. Además en él se puede identificar todos los paquetes de trabajo para el proyecto en su totalidad, apropiados para la asignación del plan de trabajo semanal.

El Cronograma Maestro debe ser elaborado con información fidedigna, es decir que represente el verdadero desempeño que tiene la empresa para el tipo de proyecto que se ejecutará. Solo así podremos dar validez al Sistema del Último Planificador, ya que se estará controlando tareas que representan la forma y desempeño real de la empresa.

Es usual que para la elaboración del Cronograma Maestro se utilicen diferentes programas de computación, como Ms Project, Primavera, etc. Lo esencial en la elaboración de este cronograma en el software que fuese desarrollado, es poder identificar los hitos del proyecto y además de ello poder elaborar el presupuesto del proyecto (ver Figura N°4.6). Esta programación puede estar sujeta a modificaciones y ajustes de acuerdo al estado del proyecto (comienzos, secuencias, duraciones, etc.).

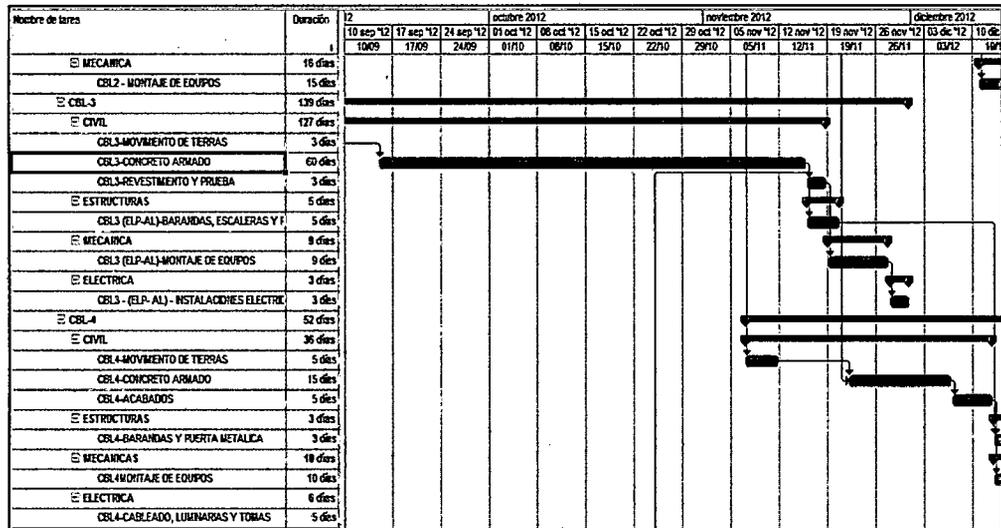


Figura N°4.6 Ejemplo de cronograma maestro
 Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 Cronograma por Fases (Phase Schedule)

Sólo se desarrolla si el proyecto es muy complejo, si un proyecto consta de varias etapas o fases, se hace necesario dividir la programación en tantas partes como sean necesarios con el fin de llevar una programación más detallada y controlada, además cada fase debe comenzar y terminar con un hito. En este tipo de programación se usa la técnica Pull, para lo cual se recomienda la programación reversa, es decir, se trabaja de atrás (actividad final de una fase) hacia adelante (actividad inicial de la fase). Esto ayuda a determinar los trabajos que son necesarios para cumplir el objetivo de la fase.

Los involucrados deben reunirse para llevar a cabo la programación de las fases. Una práctica recomendada por el Lean es trabajar en una pizarra con la ayuda de post-it donde se escriben las tareas que se deben ejecutar o que otros deben hacer para cumplir un objetivo. Estos son pegados y ordenados de acuerdo a la secuencia de trabajo. Asimismo, una vez que se ha planteado la secuencia, se

comienza a calcular la duración del trabajo. Se debe buscar que los tiempos que se den sean lo suficientemente holgados para absorber cualquier variabilidad (ver Figura N° 4.7).

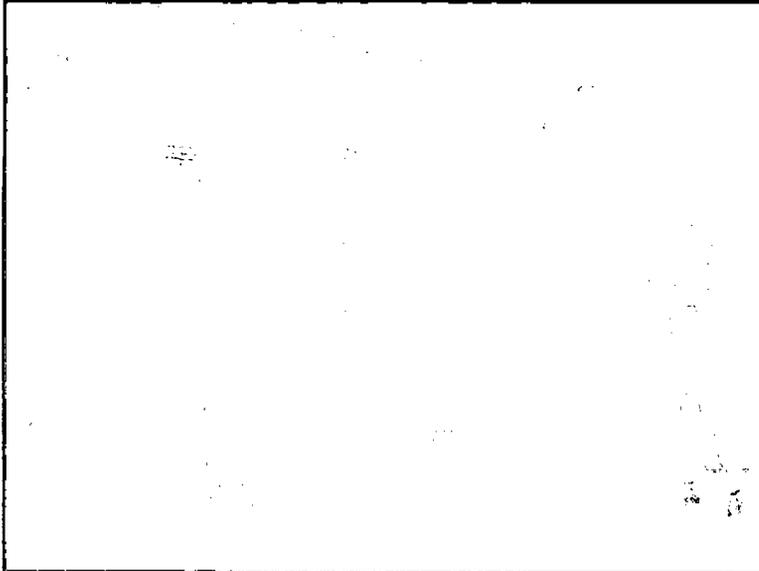


Figura N°4.7 Ejemplo de programación por fases
Fuente: Elaboración propia.

Los beneficios de esta parte de la programación son:

- El equipo entiende mejor el proyecto.
- El equipo tiene la oportunidad de conocerse más.
- Cada miembro sabe lo que los otros necesitan.
- Todos entienden lo que se debe hacer y cuándo hacerlo.

El desarrollo de la programación por fases es una parte integral de la aplicación del Sistema del Último Planificador en un proyecto.

4.5.3 Planificación Intermedia (Lookahead Planning)

La planificación intermedia ha sido desarrollada para focalizar la atención en las actividades que supuestamente ocurrirán en algún tiempo futuro. Podemos de esta forma tomar acciones en el presente que causen el futuro deseado. En otras palabras, durante esta etapa se detalla y ajusta el presupuesto del programa, arrastrando recursos hacia la obra y protegiendo actividades para las que probablemente los recursos no estén disponibles. En este nivel se analizan las restricciones futuras. Luego, para poder cumplir las funciones de la

planificación intermedia, existen determinados procesos específicos a seguir. A continuación se explicarán cada uno de ellos.

a) Definición del Intervalo de Tiempo o Ventana

El número de semanas sobre el cual se extiende la planificación intermedia es escogido de acuerdo a las condiciones del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, la variabilidad que puede haber en obra, cambio de ingeniería, y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria. Algunas actividades tienen tiempos de respuestas largos para generar el abastecimiento, es decir, un largo período desde el momento en que se piden los recursos hasta que éstos son recibidos. Estos períodos de respuesta deben ser identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el programa maestro. Independientemente del número de semanas que se consideren en el horizonte de análisis, siempre se debe mantener esa cantidad de semanas, es decir, transcurrida una semana debe entrar otra semana al final del cronograma. En los proyectos de construcción generalmente se toma un intervalo de tiempo de tres a seis semanas.

b) Definición de las Actividades

Para preparar la planificación intermedia se explotan las actividades del Cronograma Maestro que estén contenidas dentro del intervalo de tiempo definido, siempre y cuando el nivel de detalle de programación sea bajo y se elabora un Cronograma Intermedio (ver Figura N°4.8). Lo anterior es de vital importancia, ya que obtendremos el cronograma intermedio con un nivel de detalle que nos permitirá clarificar de mejor forma las restricciones que nos impiden realizar una determinada tarea que posteriormente será una asignación (ver Figura N°4.9). Después de identificar cada una de las tareas y sus restricciones se procede a realizar el análisis de restricciones.

		ACTIVIDADES		
		1. Losa de Fondo	2. Muros	3. Losa de Tapa
TAREAS	Habilitación e instalación de acero			
	Encofrado	Encofrado	Encofrado	Encofrado
	Concreto	Concreto	Concreto	Concreto

Figura N°4.8 Ejemplo de desglose de actividades del cronograma maestro

Fuente: Elaboración propia.

LOOKAHEAD DE PRODUCCIÓN																												
HORIZONTE: 3 SEMANAS																												
PROYECTO:																												
FECHA:																												
Item	Descripción de la Actividad	Und	Mercado Total	SEMANA 26							SEMANA 26							SEMANA 27										
				L	M	M	J	V	S	S	L	M	M	J	V	S	S	L	M	M	J	V	S	S				
MANO DE OBRITA																												
MATERIALES																												
CONCRETO																												
Losas de Fondeo																												
Acero	tq	7500.00																										
Encofrado	m2	80.00																										
Concreto	m3	96.00																										
Miños																												
Acero	tq	2133.33																										
Encofrado	m2	64.40																										
Concreto	m3	256.00																										
Losas de Tapa																												
Acero	tq	7500.00																										
Encofrado	m2	80.00																										
Concreto	m3	96.00																										

Figura N°4.9 Ejemplo de cronograma intermedio para tres semanas

Fuente: Elaboración propia.

c) Análisis y Seguimiento de Restricciones

Una vez que las potenciales asignaciones son identificadas, éstas son sometidas a un análisis de dificultades o restricciones. Diferentes tipos de asignaciones tienen diferentes limitaciones. La construcción por ejemplo incluye contrato, diseño, envíos, materiales, requisitos previos, espacio y equipos; además de una categoría abierta para todas las demás restricciones.

El análisis de restricciones exige a los proveedores de bienes y servicios gestionar de forma activa la producción y suministro, y proporciona al coordinador un sistema de alerta temprana de problemas.

El ejemplo presentado por Ballard, en su tesis de doctorado, considera algunas restricciones como: contrato, diseño, entregas, materiales, trabajo preliminar requerido, espacio, equipos, mano de obra y otros (permisos, inspecciones, etc.). Se procederá a detallar las restricciones que se pueden considerar usuales en la construcción.

1. Diseño: Se hace referencia con esta restricción a las variaciones que puede tener una tarea en cuanto a compatibilización entre planos del proyecto, de especificaciones técnicas o por omisiones en el proyecto.
2. Prerrequisitos: Se refiere a dar frente o “cancha” de trabajo a la unidad de producción que realizará la tarea que se está analizando. Es decir se deben terminar las tareas previas como por ejemplo: para la tarea de “encofrado de placas” se tiene como prerrequisito que se haya completado con la tarea de “habilitación e instalación de acero” que es el paso previo.

3. **Materiales:** Los materiales necesarios para cada tarea deben estar en obra antes de su fecha de inicio.
4. **Mano de obra:** Al momento que se genera el Cronograma Intermedio se procede a identificar la cantidad de mano de obra para cada tarea (equilibrio entre carga y capacidad), de tal manera que se tenga mapeadas las fechas en que se necesita incrementar o disminuir la mano de obra. Así, tendremos que liberar esta restricción haciendo el pedido a Recursos Humanos para la contratación de más personal para la fecha de ejecución de la tarea en análisis, o sino también haciendo una redistribución del personal que se tiene.
5. **Equipos y Herramientas:** Debemos tomar en cuenta el tiempo que toma en alquilar, comprar, movilizar o reparar una maquinaria o herramienta para la tarea que estamos analizando, de tal manera que se pueda tener la maquinaria o herramienta en óptimas condiciones en la fecha de inicio de la tarea.
6. **Calidad:** En muchas de las tareas en una obra se aplica controles de calidad, ya sea por parte de la empresa constructora o por un supervisor externo, para ello se debe tomar en cuenta los tiempos para convocar a los responsables del control de calidad, tener listos los formatos de calidad, etc.
7. **Otras:** En esta categoría podemos colocar todas aquellas restricciones especiales que puedan haber para cada tarea, como permisos, inspecciones, etc.

Luego de hacer el análisis de las restricciones, se debe hacer un seguimiento para su liberación y así la tarea se pueda ejecutar según lo programado, para lo cual a cada potencial asignación se le nombra un responsable de ejecución y un responsable de seguimiento. También es recomendable poner las fechas tentativas de inicio y término de cada potencial asignación (ver Figura N°4.10).

SEMANA	ACTIVIDADES	FECHAS		RESTRICCIONES						RESPONSABLE	
		INICIO	TERMINO	CANCHA	M.O.	MATERIALES	DISEÑO	LISTA DE CHEQUEO	EQUIPOS	EJECUCIÓN	SEGUIMIENTO
1 (04 a 08 de junio)	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	30/05/07	05/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	H.C	H.C
	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	H.C	F.G
	Fierro vigas y losa piso 1 sector B	05/06/07	08/06/07	x	✓	✓	✓	✓	✓	H.C	F.G
	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B	08/06/07	11/06/07	x	✓	✓	✓	✓	✓	H.C	F.G
	Trazados y niveles generales edificio C-D	04/06/07	08/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	RA	H.C
	Excavaciones fundaciones edificio C	04/06/07	15/06/07	✓	x	✓	✓	✓	✓	H.C	F.G
	Fierro muros y pilares piso 2 sector A	08/06/07	11/06/07	x	✓	✓	✓	✓	✓	RA	H.C
	Instalaciones provisionales: Alcantarillado	09/04/07	13/06/07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	H.C	F.G

Figura N°4.10 Ejemplo de planilla de control de restricciones

Fuente: Díaz D. A. *Aplicación del Sistema de Planificación Last Planner a la*

Construcción de un Edificio Habitacional de Mediana Altura. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2007.

En la Figura N°4.10 se muestra el formato que posee la planilla de control de restricciones de la planificación intermedia. Como podemos ver, es una tabla con filas que listan las potenciales asignaciones y columnas que listan las restricciones. En el ejemplo, en la primera columna se indica la semana de estudio, en este caso es la semana 1 del horizonte de planificación intermedia. En la segunda columna se indica la tarea que se está analizando. Luego, vienen las columnas de fechas de inicio y término programadas de la tarea. Posteriormente, se detallan las restricciones que se deben liberar para las tareas y finalmente, los responsables tanto de ejecución como de seguimiento. A cada restricción se le pone un check si se encuentra liberada o una "x" si no. Todo esto ayuda a una identificación y rastreo sistemático del estado de las restricciones en las asignaciones.

d) Revisión de las Restricciones (Screening)

En la planificación intermedia un concepto fundamental es el de revisión, el cual consiste en determinar el estado de las tareas en relación a sus restricciones y a la posibilidad de removerlas antes del comienzo programado, a partir de lo cual se puede elegir adelantarlas o retardarlas con respecto al programa maestro. Lo importante, es que se pueden detectar los problemas anticipadamente, contándose así con suficiente tiempo para resolverlos y no atrasar el inicio programado de la tarea. Si no existiera la revisión de las restricciones para cada tarea, se asumiría que todos los requisitos para ejecutarla estarán disponibles al momento de querer iniciarla, lo cual casi nunca ocurre en obra. Darse cuenta de

esto al momento de iniciar la actividad provoca inevitablemente un retraso en el inicio de ella, con su consecuente reprogramación.

La revisión (o "screening") que se produce en esta etapa, se hace cuando la tarea es considerada para entrar a la planificación intermedia. La teoría dice que sólo deben ingresar a la planificación intermedia aquellas tareas que, según el planificador, tengan una alta probabilidad de ser ejecutadas en la fecha programada (sistema de arrastre). Si el planificador no está seguro de que las restricciones pueden ser removidas, las potenciales asignaciones serán retardadas. La revisión, es la primera oportunidad que se presenta para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo, ya que se está tomando conocimiento que existen tareas que, llegado el momento, no podrán ejecutarse por no tener sus restricciones liberadas (ver Figura N°4.11).

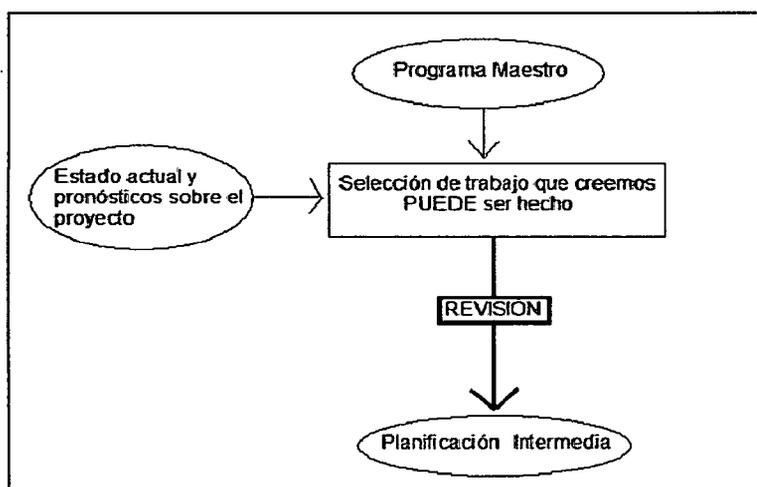


Figura N°4.11 Esquema del concepto de revisión

Fuente: Díaz D. A. *Aplicación del Sistema de Planificación Last Planner a la*

Construcción de un Edificio Habitacional de Mediana Altura. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2007.

e) Preparación de las Restricciones

Acá, el planificador debe tomar las acciones necesarias para remover las restricciones de las tareas, para que puedan comenzar en la fecha programada. El liberar restricciones, está íntimamente relacionado con los tiempos de respuesta que tengan los proveedores. Es por esto que se debe conocer el tiempo de respuesta más probable que nos brinda el proveedor, el cual debe ser más corto que la ventana de planificación intermedia. Luego se debe "tirar" el material hacia la obra, es decir, pedirle al proveedor acerca de cuándo se

contará con las entradas provenientes de él para completar el proceso en el cual deben entrar. Finalmente hay que apresurar, aunque este paso no es siempre necesario. Esto implica introducir recursos adicionales para acortar los tiempos de respuesta, en caso de ser necesario. Cuando una tarea ya ha sido liberada de todas sus restricciones, está en condiciones de ser ejecutada. Así es como se pasa al siguiente nivel del sistema: el Inventario de Trabajo Ejecutable (ver Figura N°4.12).

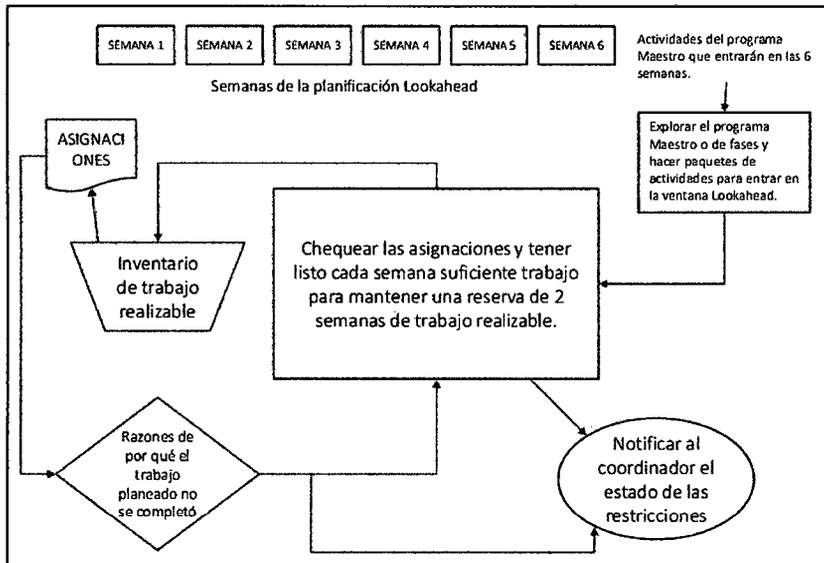


Figura N°4.12 Preparación de restricciones en la planificación intermedia
Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil.

Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

En la Figura N°4.12 se ve que las asignaciones potenciales entran a la ventana Lookahead en la sexta semana del programa de ejecución del ejemplo. Luego se mueven hacia adelante, semana a semana, hasta que les esté permitido ingresar al Inventario de Trabajo Ejecutable. Si el planificador percibe una restricción en una de estas actividades, no podrá dejarla avanzar hacia adelante. El objetivo es mantener un inventario que sea ejecutable.

4.5.4 Inventario de Trabajo Ejecutable (Workable Backlog)

El Inventario de Trabajo Ejecutable está compuesto por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas de la planificación intermedia que tienen liberadas sus restricciones (asignaciones). Dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable pueden existir los siguientes tipos de asignaciones:

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

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

Luego de haber creado el Inventario de Trabajo Ejecutable, estamos en condiciones de crear un Plan de Trabajo Semanal, que no es más que seleccionar un conjunto de asignaciones del ITE que se realizarán en la semana siguiente.

4.5.5 Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan)

Los planes de trabajo semanales son los más detallados en la planificación. Estos planes son desarrollados en colaboración durante reuniones semanales, en las que los planificadores representan todas las partes interesadas del proyecto. Los planificadores son los jefes de grupo, supervisores e ingenieros de producción con vistas de primera línea en la ejecución de la obra. El propósito de estas reuniones semanales es aumentar la confiabilidad del plan y la calidad, con asignaciones de calidad, peticiones y compromisos.

a) Asignación de Calidad

Asignación de calidad es escoger qué trabajo será realizado en la próxima semana desde lo que se sabe puede ser hecho (ITE). Así estamos protegiendo de incertidumbres a nuestro flujo de producción y apuntamos a crear un flujo confiable de trabajo tanto para la unidad que ejecutará el plan de trabajo

semanal como para los que trabajarán en actividades posteriores en la misma línea de trabajo (ver Figura N°4.13).

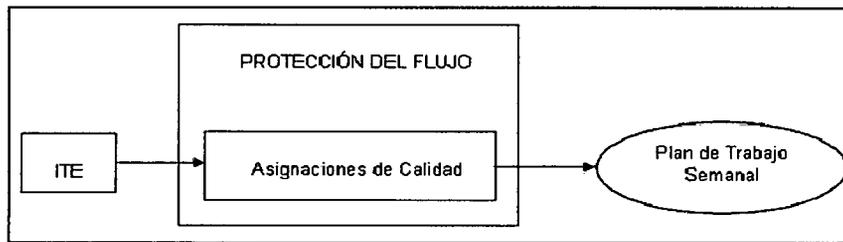


Figura N°4.13 Esquema del concepto de protección

Fuente: Elaboración propia.

Las asignaciones de calidad conforman la programación semanal. El formato utilizado para realizar la programación semanal se puede observar en la Figura N°4.14. Es un formato simple, en donde las filas representan las asignaciones y las columnas los días de la semana que se programan. Como vemos en el ejemplo, la programación semanal no tiene por qué comenzar un lunes. Esto dependerá del calendario de trabajo que se tenga en terreno y del día que se realice la reunión de planificación. En el ejemplo de la Figura N°4.14, la semana considerada es de martes a lunes, sin incluir los fines de semana.

N°	ACTIVIDAD	MARTES 5	MIÉRCOLES 6	JUEVES 7	VIERNES 8	LUNES 11
1	Fierro vigas y losa piso 1 sector A	x	x			
2	Hormigón vigas y losa piso 1 sector A	x	x			
3	Moldaje muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x	
4	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x	
5	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	x	x	x	x	x
6	Fierro vigas y losa piso 1 sector B		x	x	x	x

Figura N°4.14 Ejemplo de programación semanal

Fuente: Díaz D. A. *Aplicación del Sistema de Planificación Last Planner a la*

Construcción de un Edificio Habitacional de Mediana Altura. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2007.

b) Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC)

Como ya se mencionó anteriormente, para medir la calidad de las asignaciones se utiliza el Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC). Este paso es importante ya que nos sirve de retroalimentación para poder luego implementar mejoras y aprender de las fallas al momento de asignar una tarea. Para el cálculo del PAC la asignación se considera como completada sólo si se ha finalizado. Es decir, si se tiene hecho menos del 100% de lo que se había programado hacer de la asignación durante la semana, la asignación se considera como no realizada. Si la asignación se encuentra realizada completamente se le asigna un 1 y si la asignación no se encuentra terminada

según lo programado se le asigna un 0. En la Figura N°4.15 vemos un ejemplo de medición del PAC.

PROGRAMACIÓN OBRA GRUESA							
Semana del 5 al 11 de junio							
N°	ACTIVIDAD	MARTES 5	MIÉRCOLES 6	JUEVES 7	VIERNES 8	LUNES 11	PAC
1	Fierro vigas y losa piso 1 sector A	x	x				1
2	Hormigón vigas y losa piso 1 sector A	x	x				1
3	Moldaje muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x		1
4	Hormigón muros y pilares piso 1 sector B	x	x	x	x		1
5	Moldaje vigas y losa piso 1 sector B	x	x	x	x	x	1
6	Fierro vigas y losa piso 1 sector B		x	x	x	x	1
7	Hormigón vigas y losa piso 1 sector B					x	1
8	Fierro muros y pilares piso 2 sector A				x	x	1
9	Moldaje muros y pilares piso 2 sector A					x	1
10	Hormigón muros y pilares piso 2 sector A					x	1
11	Trazados y niveles generales edificio C-D	x	x	x	x	x	1
12	Excavaciones fundaciones edificio C	x	x	x	x	x	1
13	Emplantillado edificio C					x	1
14	Excavaciones fundaciones edificio D		x	x	x	x	1
15	Instalaciones provisionarias: Electricidad	x	x	x	x	x	1
16	Instalaciones provisionarias: Alcantarillado	x	x	x	x	x	0
17	Instalaciones provisionarias: Agua potable	x	x	x	x	x	0
18	Cierres provisionarios	x	x	x	x	x	1
						PAC (%)	80

Figura N°4.15 Ejemplo de medición del PAC

Fuente: Díaz D. A. *Aplicación del Sistema de Planificación Last Planner a la*

Construcción de un Edificio Habitacional de Mediana Altura. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2007.

También se puede llevar un registro histórico del PAC semana a semana (ver Figura N°4.16).

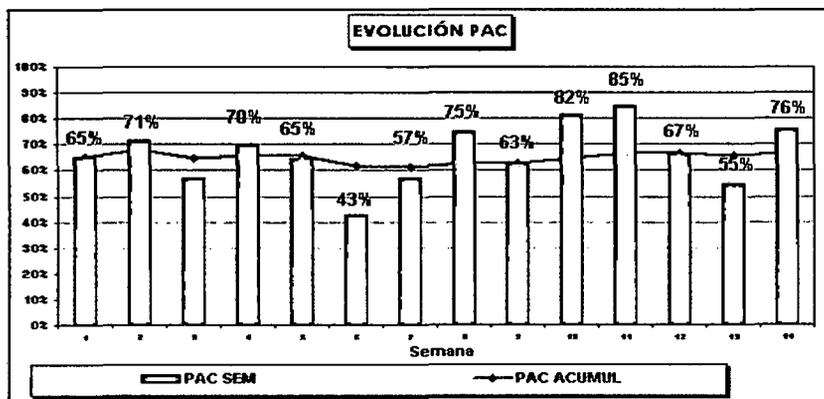


Figura N°4.16 Ejemplo de gráfico de evolución del PAC

Fuente: Elaboración propia.

c) Causas de No Cumplimiento (CNC)

Una vez que se sabe qué asignaciones programadas no fueron ejecutadas, se debe proceder a identificar las causas de no cumplimiento. Anteriormente se han mencionado algunos ejemplos de causas de no cumplimiento. El identificar estas causas nos llevará a una retroalimentación para el futuro, ya que se podrá ir haciendo una recopilación de las causas más recurrentes y en las que se debe

tener más cuidado para las siguientes semanas o para próximos proyectos. En la Figura N°4.17 se muestra un cuadro resumen acumulado de causas de no cumplimiento de un proyecto.

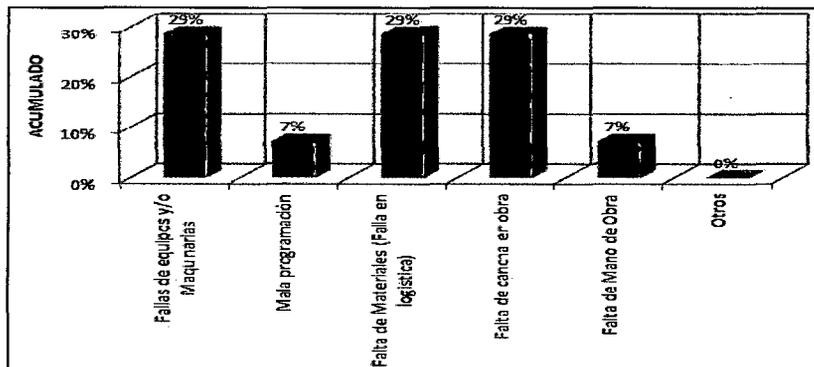


Figura N°4.17 Ejemplo de causas de no cumplimiento

Fuente: Miranda D. *Implementación del Sistema Last Planner en una Habilitación*

Urbana. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 2012.

4.5.6 Reunión Semanal de Planificación

Reunión que se lleva a cabo semanalmente y donde se produce el nuevo Programa Intermedio, el Análisis de Restricciones de la ventana del Lookahead, se calcula el Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC) de la semana anterior, se obtiene las Causas de No Cumplimiento (CNC) de las actividades programadas y finalmente se obtiene el Plan de Trabajo Semana (Weekly Work Plan) de la siguiente semana. En esta reunión deben participar todos los involucrados relacionados con pre-requisitos, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales.

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

El último planificador:

- Lleva a la reunión su PAC y causas de no cumplimiento, adicionalmente entrega una primera opinión de las causas de no cumplimiento.
- La información del estado del trabajo.

- Una revisión del estado de restricciones de las tareas que se le asignaron dentro de la ventana Lookahead.
- Listado de las tareas que entrarán en el proceso Lookahead, además de la planificación Lookahead de la semana anterior.
- Lista tentativa de las tareas para la próxima semana.

Coordinador:

- Lleva el Cronograma Maestro y la Planificación Lookahead.
- Lleva una comparación entre los objetivos logrados y los propuestos por el proyecto.
- Actualiza y lleva el ITE.

La reunión debe seguir una determinada estructura. A continuación se ofrece algunos criterios para conducir las reuniones semanales:

- Obtener el PAC de la semana anterior y analizarlo.
- Recopilar las CNC de la semana anterior y elaborar un histórico. Luego tomar acciones correctivas inmediatas si es posible para evitar que se repitan y de igual manera elaborar un histórico.
- Se analiza el cumplimiento de las asignaciones pendientes de la semana anterior.
- Realizar un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados.
- Al aumentar una semana a la ventana del Lookahead, desglosar las actividades del Cronograma Maestro.
- Realizar un adecuado análisis de restricciones: revisión y preparación, indicando responsables dentro del equipo.
- Determinar el inventario de trabajo ejecutable, más las asignaciones remanentes de la semana anterior.
- Elaborar el plan de trabajo de la semana siguiente.
- Determinar la preparación necesaria a desarrollar en la semana en curso.

- Teniendo la nueva planificación intermedia y semanal, el coordinador las entregará a cada último planificador.

4.5.7 Capacitación y Desarrollo de Iniciativas

Los elementos del Sistema del Último Planificador antes tratados, se complementarán con dos adicionales: capacitación y desarrollo de iniciativas que promuevan el uso del sistema. Estos dos elementos son fundamentales para el éxito de cualquier iniciativa de mejoramiento en cualquier sector productivo.

a) Capacitación

Uno de los factores críticos en la implementación del Sistema del Último Planificador es la capacitación, la cual proporciona los conocimientos necesarios que permiten que el personal de cualquier proyecto realice buenas prácticas. La capacitación es fundamental para producir un cambio en la visión de los agentes en el proceso. Se deben planificar talleres previos a la implementación del sistema.

b) Desarrollo de Iniciativas que Promuevan la Implementación

La implementación de metodologías “Lean” dentro de la organización, requiere de niveles de compromisos y participación. Para obtener estos compromisos, es fundamental la investigación de los motivos y factores que resultan críticos en la puesta en marcha de estrategias de implementación. Algunas iniciativas que ayudan a generar el compromiso y participación son:

- Crear un sistema de incentivos. Estos pueden ser monetarios, programas de entrenamiento, reconocimiento personal, etc.
- Interacción directa entre los involucrados en la producción mediante reuniones periódicas de trabajo en donde se presenten todos los conceptos y experiencias relacionadas con el tema.
- Identificación y análisis de los factores que pueden afectar la implementación del sistema.
- La existencia de una persona que conduzca la implementación.
- Difusión de la información del progreso del proyecto de mejoramiento.

4.6 SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR: VISIÓN GLOBAL

El Sistema del Último Planificador agrega componentes de control al sistema convencional. Como se muestra en la Figura N°4.18, el Sistema del Último Planificador es un mecanismo que muestra la real transformación de lo que DEBERÍA ser HECHO en lo que PUEDE ser HECHO, así formando un inventario de trabajo ejecutable, para ser incluidos en los planes de trabajo semanal. La inclusión de asignaciones en los planes de trabajos semanales es un compromiso de los últimos planificadores (ingenieros, supervisores, jefes de grupo, etc.) de lo que ellos en realidad HARÁN.

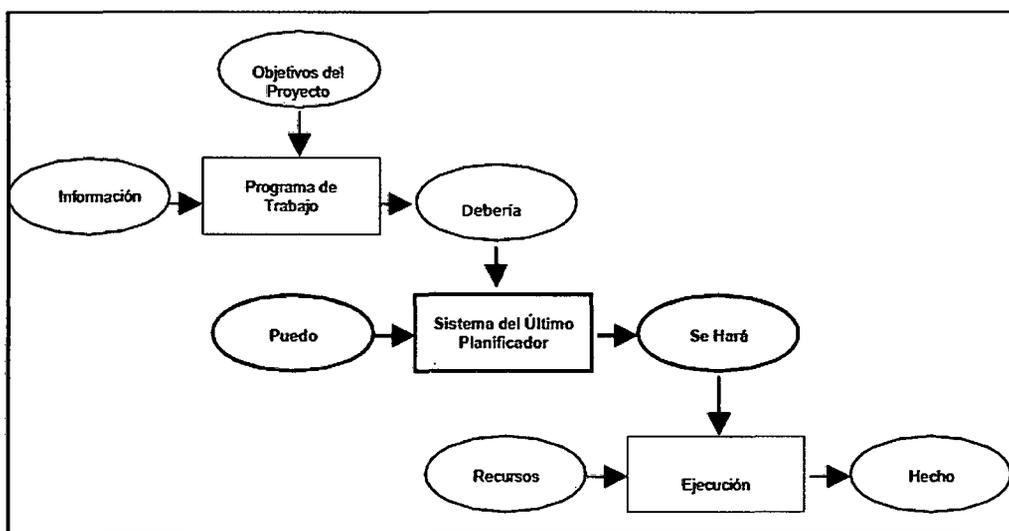


Figura N°4.18 Sistema del Último Planificador como un Todo
Fuente: Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

Hay un punto muy importante que se puede observar en este nivel de planificación y que es el nivel de compromiso que tiene el grupo de trabajo con la implementación del Sistema del Último Planificador. En la medida que no haya un compromiso real de parte del equipo, no tiene sentido intentar implementar este sistema, ya que él se basa en este fundamento. En general nunca se verifica si es que el encargado de realizar la actividad tiene las capacidades necesarias. A él se le impone la actividad sin saber si él la puede realizar o no. Esto no le hace bien al grupo ya que no se sienten parte del equipo y, al no sentirse tomados en cuenta, su predisposición al trabajo será diferente. La idea de este sistema es que la persona que efectivamente será el responsable de ejecutar el trabajo se comprometa a realizarlo y, si considera que no podrá

hacerlo por cualquier motivo, lo diga. El compromiso que él asume cuando afirma que es capaz de realizar una actividad, no es con el fin de reprocharlo en caso que no cumpla la actividad al final de la semana, sino que es con el objetivo de generar un mayor compromiso grupal, ya que él sabrá que sus acciones no sólo le afectan a él, sino que a toda la línea de trabajo que viene posterior a él y que requiere como pre-requisito la actividad que él se está comprometiendo a hacer. Si se sabe de antemano que ese trabajo no será realizado, se debe decir claramente que no se podrá realizar y así no se pone como que puede ser ejecutado, de esa manera se protege el flujo de trabajo. Con esto se logra que el compromiso adquirido se vea reflejado en el PAC.

Finalmente, en la Figura N°4.19 se muestra un esquema en donde se resumen todos los conceptos y etapas del Sistema del Último Planificador.

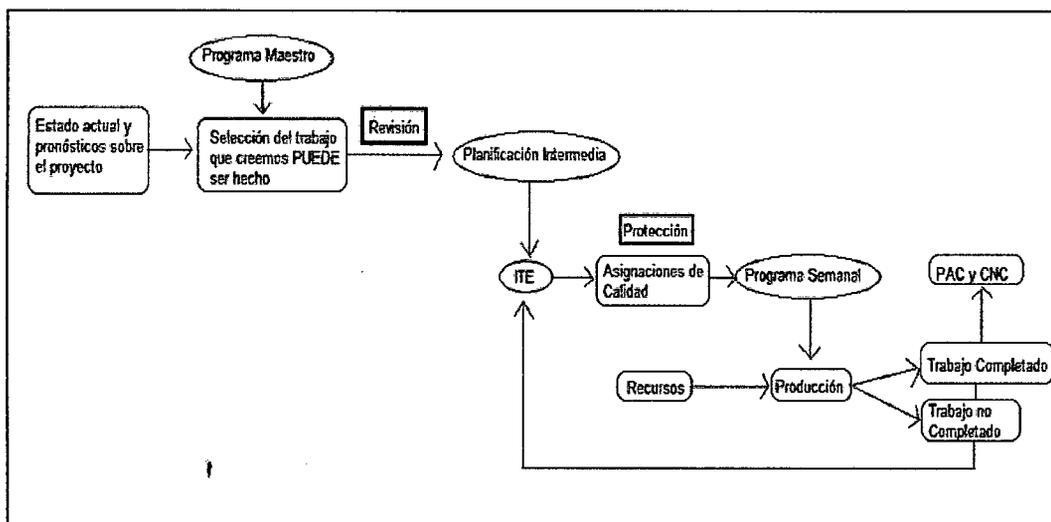


Figura N°4.19 Resumen del Sistema del Último Planificador

Fuente: Díaz D. A. *Aplicación del Sistema de Planificación Last Planner a la*

Construcción de un Edificio Habitacional de Mediana Altura. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2007.

CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

- **Nombre**
"Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca – Celendín - Balsas, Tramo: Km 52+000 - Celendín"
- **Ubicación**
Departamento de Cajamarca, Provincia de Celendín, Distritos de Sucre, José Gálvez y Celendín. Corresponde a la Ruta Nacional 08 (Ver Anexo I).
- **Longitud**
42.775 Km
- **Cliente**
Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provías Nacional
- **Contratista**
Consorcio Cosapi – Johesa. Cosapi: 60% y Johesa: 40%.
- **Proyectista**
HOB Consultores S.A.
- **Supervisor**
Consorcio Vial Sierra Norte (Acruta & Tapia Ingenieros S.A.C. – Consultoría Colombiana S.A.)
- **Precio de Venta (Al 28/02/2010)**

Total Original	: S/. 185'537,831.22 (inc. I.G.V.)
Adicionales (14)	: S/. 56'861,979.69 (inc. I.G.V.)
Deductivos (7)	: S/. 29'541,978.27 (inc. I.G.V.)
Por Mayores Gastos Generales	: S/. 1'467,580.60 (inc. I.G.V.)
Total Final	: S/. 214'325,413.24 (inc. I.G.V.)
- **Modalidad de Contrato**
Precios Unitarios
- **Plazo de Ejecución**
Fecha de Inicio : 06 de diciembre del 2011

Plazo Original : 540 días calendario

Ampliaciones de Plazo: 210 días calendario (diez ampliaciones de plazo por adicionales, lluvias, paros)

Fecha de Término : 24 de diciembre del 2013

- **Altitud**

Desde los 2,600 m.s.n.m. (Celendín) hasta los 3,600 m.s.n.m. (Km 52+000).

- **Clima**

En la parte más alta (tramo Micuypampa – Cruz Conga), predomina un clima frío y húmedo a semifrío, con eventual ocurrencia de granizadas. La zona complementaria tiene un clima templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima es de 22°C y 3°C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual es de 551.2 mm.

- **Topografía y Suelo**

Desde el punto de vista de la topografía se distinguen 3 sectores diferenciados: el primer sector Micuypampa (Km 52+000) hasta el Km 78+500 y del 80+500 al 87+000, que se caracteriza por tener terrenos ondulados y semiaccidentados. El segundo sector del Km 78+500 al 80+500 es un sector muy accidentado con cortes de media ladera muy altos y finalmente el tercer sector corresponde desde el Km 87+000 al 94+775 que viene a ser el ingreso a Celendín y tiene una topografía plana a ondulada.

Desde el punto de vista de suelos, estos tienen baja cohesión y recubren a mantos rocosos con espesores variables (suelos coluviales, aluvionales, etc.). Además en algunos sectores hay un alto grado de saturación por la presencia de quebradas (la vía atraviesa siete cuencas).

- **Alcance**

El tramo se inicia en el caserío de Micuypampa (Km 52+000) de la carretera Cajamarca – Celendín – Balsas y concluye en el Km 94+775 que coincide con el ingreso a la ciudad de Celendín.

El objetivo principal del proyecto es la rehabilitación y mejoramiento a nivel de asfaltado del tramo con adecuadas características geométricas: uniformidad en el ancho de calzada, superficie de rodadura en asfalto,

mayor confort y seguridad vial, que permitan un menor tiempo y costo de transporte para los usuarios de esta vía.

Las actividades y obras a ser ejecutadas incluyen la construcción y puesta en servicio de las siguientes estructuras principales:

- a) Construcción de 42.775 Km de carretera asfaltada: explanaciones (corte, relleno, remoción de derrumbes y mejoramiento de suelo a nivel de subrasante), colocación de base granular, imprimación y colocación de carpeta asfáltica en caliente.
- b) Construcción y rehabilitación de obras de arte: pontones, muros de concreto ciclópeo y armado, muros de gavión, muros de suelo reforzado o terramesh, alcantarillas TMC, alcantarillas marco, alcantarillas abovedada, subdrenes, cunetas revestidas, etc.
- c) Construcción de obras complementarias: el eje de la carretera compromete a estructuras de riego no revestidas y a otras estructuras que han sido consideradas para su reubicación correspondiente.

El resumen de metrados de todas las partidas del proyecto se puede ver en el Anexo II. Las actividades más importantes y sus metrados se muestran en el Cuadro N°5.1.

Cuadro N°5.1 Metrados de las actividades más importantes del proyecto

Actividad	Metrado
Excavación en explanaciones en material común	1'347,970 m3
Excavación en explanaciones en roca suelta	150,633 m3
Excavación en explanaciones en roca fija	163,419 m3
Remoción de derrumbes	113,766 m3
Conformación de terraplenes	67,134 m3
Mejoramiento de suelo a nivel de subrasante	239,637 m3
Base granular	104,189 m3
Concreto asfáltico en caliente	28,258 m3
Alcantarillas TMC	2,268 m
Alcantarillas marco	314 m
Muros de concreto ciclópeo	2,660 m
Muros de concreto armado	763 m
Muros de gavión	3,259 m
Muros de suelo reforzado	1,946 m
Subdrenes	15,446 m

Cunetas revestidas	52,206 m
Transporte	11'976,837 m3-Km
Señales	766 und
Marcas en el pavimento	14,268 m2
Guardavía metálica	13,118 m
Conformación final a DME	458,846 m2

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°5.1 se tiene un layout del proyecto con la ubicación de los campamentos, canteras, plantas industriales y fuentes de agua.

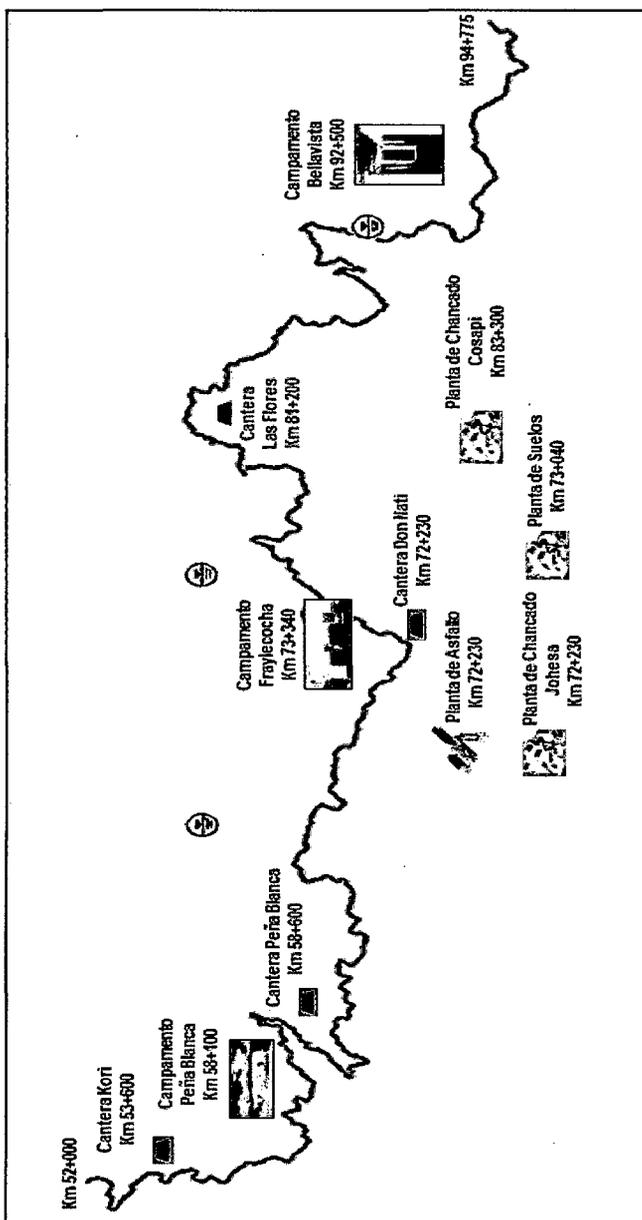


Figura N°5.1 Layout del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

5.2 ESTADO DEL PROYECTO PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN

A continuación se describirá la secuencia cómo se llevó a cabo la planificación y el control del proyecto previo a la implementación del Sistema del Último Planificador.

5.2.1 Estado de la Planificación

Para la planificación del proyecto se procedió de la siguiente manera:

- El ingeniero de planeamiento elaboraba el Cronograma Maestro, que en este caso era el Diagrama Tiempo Camino (más adelante se explicará en qué consiste) en lugar del Diagrama Gantt que generalmente se utiliza. El Diagrama Tiempo Camino se elaboraba teniendo como referencia la Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT), la cual organiza y define el alcance total del proyecto (ver Anexo III), y el Cronograma Actualizado de Obra (CAO), el cual define los hitos de entregas al cliente final; además su actualización generalmente se hacía cada vez que había un nuevo CAO. Posteriormente el Diagrama Tiempo Camino era revisado por el ingeniero de planeamiento en conjunto con los ingenieros de producción en las reuniones de planificación o en una reunión extraordinaria convocada para este fin. Luego de esto el ingeniero de planeamiento enviaba a todos los involucrados el Diagrama Tiempo Camino revisado.
- Para la planificación intermedia hubo intentos de implementación del uso del Lookahead Planning con dos formatos distintos, los cuales no eran lo suficientemente prácticos y adecuados para el proyecto; sin embargo, la causas principales por las que se fracasó en estos intentos fue la falta de capacitación y compromiso del personal involucrado en el uso de esta herramienta, que son principalmente la Gerencia, los ingenieros de Producción y de Control de Proyectos.
- Para la planificación semanal el ingeniero de planeamiento definía el metrado que debía ser ejecutado semanalmente por producción, y la secuencia de trabajo se definía sólo tomando como guía el Diagrama Tiempo Camino. Al igual que con el Lookahead Planning, se intentó implementar el Plan de Trabajo Semanal en dos oportunidades, pero no hubo la capacitación ni compromiso necesarios.

- Las reuniones de planificación no tenían un día ni duración definidos durante la semana. Éstas generalmente se llevaban a cabo cada vez que el ingeniero residente o el ingeniero de planeamiento las convocaban, o durante las reuniones generales de obra que generalmente eran una vez por semana. Por lo tanto los temas de planificación sólo eran tratados verbalmente o registrados dentro del total de temas tocados durante las reuniones generales de obra.

A continuación se muestran las herramientas que se utilizaron para la metodología de planificación antes descrita.

a) Diagrama Tiempo Camino

Como se mencionó anteriormente en el proyecto se utilizó el Diagrama Tiempo Camino para representar el Cronograma General. El Diagrama Tiempo Camino es un gráfico de dos ejes, donde el eje horizontal representa el espacio o distancia y el eje vertical representa el tiempo. Este diagrama es muy utilizado en obras de carretera ya que permite tener una mejor visualización de los trabajos que deben ejecutarse en el espacio y cuál es la duración que tienen.

Para el proyecto, hasta antes de la implementación del Sistema del Último Planificador se hicieron 8 actualizaciones del Diagrama Tiempo Camino durante 18 meses. La última actualización fue la Revisión N° 08 hecha con corte de los trabajos ejecutados al 12 de mayo del 2013 y muestra como final de obra interno el 27 de octubre del 2013, ya que el final de obra contractual hasta esa fecha era el 17 de diciembre del 2013, pero históricamente se sabe que en la zona de trabajo el período de lluvias comienza en noviembre por lo cual los trabajos debían terminar en octubre. En el Anexo IV se puede ver el Diagrama Tiempo Camino Revisión N° 08.

Para la elaboración del Diagrama Tiempo Camino, el eje horizontal se definió en función de los kilómetros del tramo que abarca la carretera es decir el eje inicia en el Km 52+000 y termina en el Km 94+775, el eje vertical fue definido en función del plazo del proyecto en meses, comenzando en diciembre del 2011 (el inicio fue el 06 de diciembre del 2011) y terminando en octubre del 2013 (fin de obra interno). Cada una de las líneas de colores trazadas representa una actividad o estructura con su ubicación y duración.

En el caso de explanaciones y pavimentos se definieron tramos, y para el cálculo de la duración de ejecución de cada tramo se utilizaron rendimientos históricos y la cantidad de recursos a utilizar, además para elegir la secuencia de ejecución de los tramos se tomó en cuenta la ubicación de las canteras, botaderos, las distancias óptimas de transporte, el clima, etc. En el caso de las obras de arte las estructuras se graficaron de acuerdo a su ubicación a lo largo de la carretera, y su duración fue definida de acuerdo a los rendimientos históricos, además estaban en secuencia con los trabajos de movimiento de tierras y pavimentos. En la parte inferior del diagrama se mostró la ubicación de canteras, plantas industriales, campamentos, posibles ubicaciones de los botaderos, un resumen de los volúmenes de movimiento de tierras y pavimentos y ubicación de las obras de arte (estas dos últimas partes no se muestran en el Anexo IV).

Para cada actualización del Diagrama Tiempo Camino se hizo una revisión de todos los elementos antes mencionados que lo conforman, además se consideró los nuevos metrados del proyecto si éstos variaban. Luego se hacía un corte en la fecha de la actualización y se dividía el diagrama en dos sectores: un sector de trabajos ejecutados, debajo de la línea de fecha de corte, y un sector de trabajos programados, sobre esta línea. Además al tener rendimientos reales del proyecto de las actividades que se habían venido ejecutando, estos se utilizaron para calcular la duración de las actividades que faltaban.

b) Planificación Intermedia

En general no se hizo una planificación intermedia, sólo hubo dos intentos de implementación del uso del Lookahead Planning por parte de las áreas de Control de Proyectos y Producción, los cuales se describen a continuación:

- **Primer Intento:** Durante los primeros días del 2013 se decidió implementar el Sistema del Último Planificador para la planificación de los trabajos de explanaciones y explotación y procesamiento de agregados durante meses de lluvia (enero-marzo), ya que con la presencia de lluvias los trabajos a ejecutar son poco productivos (poco avance y costo elevado), por lo cual era necesario planificar sólo aquellos que sean posibles, además se presentan gran cantidad de restricciones, las cuales era necesario identificarlas y asignarles un responsable o responsables de su levantamiento.

Además del uso del Diagrama Tiempo Camino se elaboró un programa de explotación y procesamiento de agregados de enero a marzo con el principal objetivo de prever el material necesario para la reactivación de todas las actividades al culminar el período de lluvias (ver Figura N°5.2).

RESUMEN DEL PROGRAMA DE EXPLOTACIÓN Y PROCESAMIENTO DE AGREGADOS ENERO-MARZO 2013															
EQUIPO	Rend. m ³ /turno (8h)	VOL. POR PRODUCIR		ENERO			FEBRERO				MARZO				
BARMAC + ZARANDA DIA															
Rend. Asfalto	300			██████████											
Piedra chancada	50%	150	2,100	900	900	300									
Arena chancada	40%	120	1,680	720	720	240									
BARMAC + ZARANDA NOCHE															
Rend. Asfalto	180			██████████											
Piedra chancada	60%	108	1,512	648	648	216									
Arena chancada	38%	68	958	410	410	137									
METSO COSAPI															
Rend. Base Integral	100%	600	33,000	██████████			3,600	3,600	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,600	3,600
METSO COSAPI															
Rend. Concreto	600			██████████											
Arena chancada	22%	132	792	792											
Piedra chancada	78%	468	2,808	2,808											
METSO JOHESA															
Rend. Concreto	400			██████████											
Arena Chancada - Concret	20%	80	960	480	480										
Piedra chancada - Reproci	80%	320	3,840	1,920	1,920										
METSO JOHESA															
Rend. Base Integral	100%	400	21,600	██████████			2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400
RESUMEN DE MATERIAL SUELTO A PROCESAR POR TEMPORADA DE LLUVIA															
VOL. TOTAL PROGRAMADO		ENERO				FEBRERO				MARZO					
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4		
BASE	54,600	3,600 6,000				5,400 5,400 5,400 5,400				5,400 6,000 6,000 6,000					
ARENA CHANCADA ASFALTO	2,638	1,130 1,130 377													
PIEDRA CHANCADA PARA ASFALTO	3,612	1,548 1,548 516													
ARENA CHANCADA CONCRETO	1,752	1,272 480													
PIEDRA CHANCADA PARA CONCRETO	2,808	2,808													
MATERIAL DE RELLENO Y MEJORAM.	26,400	2,400 2,400 2,400				2,400 2,400 2,400 2,400				2,400 2,400 2,400 2,400					
RESUMEN DE MATERIAL SUELTO DE CANTERA A EXPLOTAR															
VOL. TOTAL PROGRAMADO		ENERO				FEBRERO				MARZO					
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4		
DON NATY	4,800	2,400 2,400													
LAS FLORES	84,600	6,000 6,000 8,400				7,800 7,800 7,800 7,800				7,800 8,400 8,400 8,400					
PEÑA BLANCA	33,000	3,000 3,000 3,000				3,000 3,000 3,000 3,000				3,000 3,000 3,000 3,000					
CANTERAKM 53+600	38,500	700 4,200				4,200 4,200 4,200 4,200				4,200 4,200 4,200 4,200					

Figura N°5.2 Resumen del programa de explotación y procesamiento de agregados enero – marzo 2013

Fuente: Elaboración propia.

Luego se elaboró el programa intermedio de 4 semanas para los trabajos de explanaciones (ver Figura N°5.3), el período de 4 semanas fue elegido sólo tomando en consideración referencias de otros proyectos. No se incluyó los

restricciones con sus responsables y estado de cumplimiento. Sin embargo este análisis no fue completado en su totalidad (ver Figura N°5.6).

		REGISTRO					INCUMPLIMIENTO
		CONTROL DE PROYECTOS					
REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CELENDÍN BALSAS, TRAMO: KM 62+00 - CELENDÍN		ESTATUS DE LEVANTAMIENTO DE RESTRICCIONES DEL LOOKAHEAD			REVISION:		
		AREA/ DEPARTAMENTO: PLANEAMIENTO			N° DE REGISTRO: 01		
		CLIENTE: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES			UBICACIÓN: CAJAMARCA - CELENDÍN		
		Fecha de Inicio Planeada	Descripción de la Restricción	Tipo de Restricción	Fecha de Levantamiento	Responsable	
Ítem	Descripción de la Actividad		Verificar el Tipo de Restricción de Acuerdo a la Leyenda				
1.00	Excavación km 79+200 @ 80+500	08/04/2013	Llegada de equipos (02 excavadoras + 02 cargadores)	LOG-CONT	07/04/2013	FREDDY VELILLE / MAURO MENDOZA	
2.00	Excavación km 79+200 @ 80+500	15/04/2013	Llegada de Subcontratista excavación en roca CONEXCON	LOG-CONT	13/04/2013	RICHARD RAMOS / FREDDY VELILLE	
3.00	Remoción de derrumbes 62+200 @ 65+430	08/04/2013	Falta liberación de áreas por el Cliente	PLAT-CLN	07/04/2013	CESAR GARCIA / JOSE ESTRADA	
4.00	Mejoramiento km 63+250 @ 60+500	15/04/2013	Llegada de equipos (01 tractor + 01 rodillo)	LOG-CONT	13/04/2013	FREDDY VELILLE / MAURO MENDOZA	
5.00	Mejoramiento km 57+500 @ 60+500	15/04/2013	Llegada de equipos (01 excavadora + 01 tractor + 01 rodillo)	LOG-CONT	13/04/2013	FREDDY VELILLE / MAURO MENDOZA	
6.00	Rellenos y mejoramientos	08/04/2013	Baja producción de extracción y procesamiento de materiales	OTR-CONT	05/04/2013	ARMANDO BENITES / FRANCO MERCADO	
7.00	Alcantarilla MC km 93+819.00	22/04/2013	Reubicación de poste	OTR-CONT	21/04/2013	JOSÉ ESTRADA	
8.00	Alcantarilla MC km 92+098.70	06/05/2013	Falta ingeniería	ING-CLN	01/05/2013	JOSÉ ESTRADA	
9.00	Alcantarilla MC km 91+873.00	08/05/2013	Falta ingeniería	ING-CLN	01/05/2013	JOSÉ ESTRADA	
10.00	Alcantarilla TMC km 94+440.00	22/04/2013	Falta ingeniería - Reubicar	ING-CLN	20/04/2013	JOSÉ ESTRADA	
11.00	Alcantarilla TMC km 94+440.00	22/04/2013	Completar explanaciones	ACT-CONT	20/04/2013	JOSÉ ESTRADA	
12.00	Alcantarilla TMC km 94+102.40	29/04/2013	Falta ingeniería	ING-CLN	22/04/2013	JOSÉ ESTRADA	

Figura N°5.6 Vista del estatus de levantamiento de restricciones

Fuente: Elaboración propia.

Se tuvo dificultades para la elaboración de este formato de Lookahead Planning, debido a que es un poco complejo y se requiere un conocimiento intermedio del Excel, y no todos los ingenieros encargados de su elaboración tenían este nivel, por lo cual se decidió dejar de usarlo.

c) Plan de Trabajo Semanal

Durante todo el proyecto se estuvo utilizando un formato donde el ingeniero de planeamiento definía los metrados a ejecutar durante la semana de acuerdo con la secuencia de trabajos definida en el Diagrama Tiempo Camino y lo que se debe vender al cliente final mensualmente (ver Figura N°5.7). En este reporte se programaba el metrado de avance diario de las actividades más incidentes. En la Figura N°5.8 se muestra parte de este reporte.

PRINCIPALES PARTIDAS	UNID	VENTA PROGRAMADA ABRIL 2013		
		Metrado	Monto (S/-)	% Incidencia
Obras Preliminares		1.00	73,197	2.14%
Movimiento de Tierras			1,764,050	51.69%
Exc. Roca Suelta y Material Común	m3	22,000.00	161,040	4.72%
Exc. Roca Fija	m3	8,000.00	201,040	5.89%
Conformación de Terraplenes	m3	2,000.00	126,040	3.69%
Mejoramiento	m3	18,000.00	1,136,880	33.31%
Remoción de Derumbes	m3	15,000.00	139,050	4.07%
Obras de Arte			447,632	13.12%
Excavación	m3	4,000.00	73,440	2.15%
Relleno	m3	2,500.00	90,175	2.64%
Concreto	m3	160.00	83,381	2.44%
TMC	m	67.80	29,182	0.86%
Emboquillado	m2	200.00	14,154	0.41%
EMSR	m3	100.00	36,244	1.06%
Gaviones	m3	400.00	73,704	2.16%
Subdrenes	m	300.00	47,352	1.39%
Transporte	m3-Km	492,000.00	954,480	27.97%
Top Soil / Conformación DME	m3	44,000.00	173,360	5.08%
TOTAL COSTO DIRECTO			3,412,719.04	
GASTOS GENERALES		17%	597,173.47	
UTILIDAD		11%	361,748.22	
TOTAL VENTA			4,371,640.73	

Figura N°5.7 Ejemplo de venta programada mensual
Fuente: Elaboración propia.

ID	TEMA	AVANCE	20-may al 26-may							AVANCE SEMANAL		
			20-may	21-may	22-may	23-may	24-may	25-may	26-may			
1	EXCAVACIÓN	CORTE EN MATERIAL SUELTO, ROCA SUELTA	PROG	2115.4	2115.4	2115.4	2115.4	2115.4	2115.4		12,692.31	
			PROG ACUM SEM	2115.4	4230.8	6346.2	8461.5	10576.9	12692.3	12692.3		
			REAL	1960.0	1770.0	1160.0	630.0	520.0	1040.0	1030.0	8110.00	
			REAL ACUM SEM	1960.0	3730.0	4890.0	5520.0	6040.0	7080.0	8110.0		
			IND AVANCE MENS	-	-	-	-	-	-	-	-	64%
2	EXCAVACIÓN	CORTE EN ROCA FIJA	PROG	461.5	461.5	461.5	461.5	461.5	461.5		2,769.23	
			PROG ACUM SEM	461.5	923.1	1384.6	1846.2	2307.7	2769.2	2769.2		
			REAL	210.0	500.0	600.0	470.0	540.0	750.0	0.0	3070.00	
			REAL ACUM SEM	210.0	710.0	1310.0	1780.0	2320.0	3070.0	3070.0		
			IND AVANCE MENS	-	-	-	-	-	-	-	-	111%
3	RELLENOS	PERFILADO Y CONFORMACION PARA EXPLANACIONES, MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE Y BANQUETAS	PROG	1076.9	1076.9	1076.9	1076.9	1076.9	1076.9		6,461.54	
			PROG ACUM SEM	1076.9	2153.8	3230.8	4307.7	5384.6	6461.5	6461.5		
			REAL	1890.0	1650.0	1660.0	1480.0	1520.0	180.0	90.0	8470.00	
			REAL ACUM SEM	1890.0	3540.0	5200.0	6680.0	8200.0	8380.0	8470.0		
			IND AVANCE MENS	-	-	-	-	-	-	-	-	131%
4	ELIMINACIÓN	REMOCIÓN DE DERRUMBES	PROG	423.1	423.1	423.1	423.1	423.1	423.1		2,538.46	
			PROG ACUM SEM	423.1	846.2	1269.2	1692.3	2115.4	2538.5	2538.5		
			REAL	440.0	0.0	620.0	510.0	500.0	1290.0	380.0	3740.00	
			REAL ACUM SEM	440.0	440.0	1060.0	1570.0	2070.0	3360.0	3740.0		
			IND AVANCE MENS	-	-	-	-	-	-	-	-	147%
5	BASE Y SUB-BASE	BASE Y SUB-BASE	PROG	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9		545.45	
			PROG ACUM SEM	90.9	181.8	272.7	363.6	454.5	545.5	545.5		
			REAL	0.0	0.0	0.0	230.0	240.0	170.0	0.0	640.00	
			REAL ACUM SEM	0.0	0.0	0.0	230.0	470.0	640.0	640.0		
			IND AVANCE MENS	-	-	-	-	-	-	-	-	117%

Figura N°5.8 Ejemplo de reporte de programación de metrados diarios
Fuente: Elaboración propia.

Junto con el Lookahead Planning hubo dos intentos de implementación del Plan de Trabajo Semanal, los cuales se describen a continuación:

- **Primer Intento:** Del programa de explotación y procesamiento de agregados y el programa intermedio de explanaciones se elaboró el Programa de Trabajo Semanal, para lo cual sólo se copió los metrados que en ellos se había considerado y no se analizó si eran actividades que realmente podían ejecutarse. El Programa de Trabajo Semanal fue elaborado por el ingeniero de planeamiento, sin previa coordinación con producción, por lo cual no se cumplieron los requisitos mencionados en el capítulo anterior para su elaboración. Al final de la semana se calculó el PAC, se identificaron las causas de no cumplimiento y las medidas correctivas. Para la siguiente semana se siguió el mismo procedimiento pero no se actualizó el Lookahead Planning. Los resultados de las dos semanas de implementación se muestran a continuación:

El Porcentaje de Actividades Completadas de la primera semana de implementación se tiene en la Figura N°5.9. El PAC resultó 0%, ya que como se mencionó antes no se cumplió con la mayoría de requisitos para la implementación del Plan de Trabajo Semanal, y además todo el llenado del reporte fue hecho por Control de Proyectos, ya que el área de Producción no estaba familiarizada con el uso de este sistema.

PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO																		
PROYECTO CR: 2934		Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca- Celendín- Balsas					UNIDAD DE NEGOCIO : CONTRATISTA: ÁREA:			Infraestructura Consorcio Cosapi Johesa Control de Proyectos			CONSORCIO DGE					
ID	PARTIDA DE CONTROL	METRADO	UNID	PROGRAMADO	REALIZADO	SEMANA 58							ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO					
						ENE 07	MAR 08	MAY 09	JUN 10	AGO 11	OCT 12	ENE 13	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA	
EXPLANACIONES																		
E1	ELIMINACIÓN DE DERRUMBE	55,439	m3	3,600		600	600	600	600	600	600				X	PROG	NO SE CONSIDERÓ QUE ALGUNOS DÍAS LA PRODUCCIÓN ES BAJA	
	ACUMULADO ANTERIOR	22,931	m3	CUAD. 01	3,550	280	490	900	800	730	350							
	ACUMULADO ACTUAL	26,481	m3	CUAD. 02	-													
	SALDO	28,957	m3	ACUM.	3,550	280	770	1,670	2,470	3,200	3,550	3,550						
PROCESAMIENTO DE AGREGADOS																		
P2	ARENA DE CONCRETO	14,939	m3	1,272		212	212	212	212	212	212				X	PROG	SE CAMBIÓ EL PROCESO, PARA SACAR INTEGRAL BASE	
	ACUMULADO ANTERIOR	11,203	m3	CUAD. 01	-													
	ACUMULADO ACTUAL	11,203	m3	CUAD. 02	-													
	SALDO	3,736	m3	ACUM.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	PIEDRA DE CONCRETO	18,258	m3	2,808		468	468	468	468	468	468				X	PROG	SE CAMBIÓ EL PROCESO, PARA SACAR INTEGRAL BASE	
	ACUMULADO ANTERIOR	9,028	m3	CUAD. 01	-													
	ACUMULADO ACTUAL	9,028	m3	CUAD. 02	-													
	SALDO	9,230	m3	ACUM.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	ARENA CHANCADA PARA ASFALTO	19,026	m3	1,130		188	188	188	188	188	188				X	LLU	MATERIAL SATURADO, BAJO RENDIMIENTO	TAPAR LOS MATERIALES CON MANTAS TÉRMICAS
	ACUMULADO ANTERIOR	6,715	m3	TERC. JOH	669	56	116	112	217	168								
	ACUMULADO ACTUAL	7,384	m3	TERC. COS	-													
	SALDO	11,643	m3	ACUM.	669	56	172	284	501	669	669	669						
P8	PIEDRA CHANCADA PARA ASFALTO	15,644	m3	1,548		258	258	258	258	258	258				X	LLU	MATERIAL SATURADO, BAJO RENDIMIENTO	TAPAR LOS MATERIALES CON MANTAS TÉRMICAS
	ACUMULADO ANTERIOR	10,184	m3	TERC. JOH	837	70	161	112	203	270	21							
	ACUMULADO ACTUAL	11,021	m3	TERC. COS	-													
	SALDO	4,623	m3	ACUM.	837	70	231	343	546	816	837	837						
EXPLOTACIÓN DE CANTERAS																		
C1	EXPL. CANTERA LAS FLORES	667,270	m3	6,000		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000				X	EQ	ZARANDA EN MAL ESTADO	REPARACIÓN DE ZARANDA
	ACUMULADO ANTERIOR	212,723	m3	CUAD. 01	3,780			1,350	1,350	1,080								
	ACUMULADO ACTUAL	216,503	m3	CUAD. 02	-													
	SALDO	350,768	m3	ACUM.	3,780	-	-	1,350	2,700	3,780	3,780	3,780						
C2	EXPL. CANTERA DON NATI	155,180	m3	2,400		400	400	400	400	400	400				X	PROG	PRESENTABA MATERIAL ESTOQUEADO	MEJOR PROGRAMACIÓN
	ACUMULADO ANTERIOR	113,856	m3	CUAD. 01	450					450								
	ACUMULADO ACTUAL	114,306	m3	CUAD. 02	-													
	SALDO	40,856	m3	ACUM.	450	-	-	-	-	450	450	450						
C3	EXPL. CANTERA PEÑA BLANCA	125,805	m3	3,000		600	600	600	600	600	600				X	LLU	LLUVIAS IMPIDEN EL TRABAJO CONTINUO	
	ACUMULADO ANTERIOR	47,344	m3	CUAD. 01	1,997	346	165	316	465	426	279							
	ACUMULADO ACTUAL	49,341	m3	CUAD. 02	-													
	SALDO	76,464	m3	ACUM.	1,997	346	511	827	1,292	1,718	1,997	1,997						
ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)											0	8	% AVANCE	51.89%				
											0%	100%						

CAUSALES DE INCUMPLIMIENTO		
PROG	PROGRAMACIÓN	4
LOG	LOGÍSTICA	0
QA/AC	CONTROL DE CALIDAD	0
EXT	EXTERNOS	0
LLU	LLUVIAS	3
SUP/CU	SUPERVISIÓN/CLIENTES	0
EJEC	ERRORES DE EJECUCIÓN	0
SC	SUBCONTRATOS	0
EQ	EQUIPOS	1
ADM	ADMINISTRATIVOS	0

CNC

Legend:
 ■ PROG
 ■ LOG
 ■ QA/AC
 ■ EXT
 ■ LLU
 ■ SUP/CU
 ■ EJEC
 ■ SC
 ■ EQ
 ■ ADM

Figura N°5.9 PAC de la primera semana de la implementación

Fuente: Elaboración propia.

El Porcentaje de Actividades Completadas de la segunda semana de implementación se tiene en la Figura N°5.10. El PAC resultó 30%, ya que se tomaron medidas correctivas con respecto al resultado de la semana anterior, como considerar actividades que tengan una mayor probabilidad de ser ejecutadas.

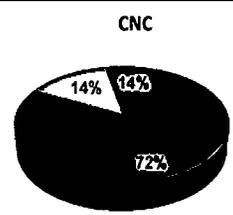
PORCENTAJE DEL PLAN COMPLETADO																	
PROYECTO CR: 2934		Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca- Celendín- Balsas				UNIDAD DE NEGOCIO :		Infraestructura				CONSORCIO					
						CONTRATISTA:		Consortio Cosapi Johesa									
						ÁREA:		Control de Proyectos									
ID	PARTIDA DE CONTROL	METRADO	UNID	PROGRAMADO	REALIZADO	SEMANA 59						ANÁLISIS DE INCUMPLIMIENTO					
						ene 14	ene 15	ene 16	ene 17	ene 18	ene 19	ene 20	SI	NO	TPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
E1	ELIMINACION DE DERRUMBE	65,439	m3	3,600		600	600	600	600	600				X	PROG	LA CUADRILLA DE ELIMINACIÓN DE DERRUMBES APOYÓ A OTRAS ACTIVIDADES	LA CUADRILLA SÓLO HARÁ TRABAJOS DE ELIMINACIÓN DE DERRUMBES
	ACUMULADO ANTERIOR	26,481	m3	CUAD. 01	3,230	650	660	-	610	650	660						
	ACUMULADO ACTUAL	29,711	m3	CUAD. 02	-												
	SALDO	25,727	m3	ACUM.	3,230	650	1,310	1,310	1,920	2,570	3,230	3,230					
E2	MEJORAMIENTO	229,918	m3	2,000		-	250	250	600	600	500		X				
	ACUMULADO ANTERIOR	115,016	m3	CUAD. 01	1,230				270	210	250	500					
	ACUMULADO ACTUAL	117,356	m3	CUAD. 02	1,110	70	150	200	160	280	250						
	SALDO	112,662	m3	ACUM.	2,340	70	220	690	1,060	1,690	2,340	2,340					
PROCESAMIENTO DE AGREGADOS																	
P1	BASE	155,247	m3	3,600		600	600	600	600	600				X	PROG	SE CAMBIÓ LA PRODUCCIÓN A AGREGADOS DE CONCRETO	SE REPROGRAMARÁ LA PRODUCCIÓN DE BASE
	ACUMULADO ANTERIOR	54,850	m3	CUAD. 01	-												
	ACUMULADO ACTUAL	54,850	m3	CUAD. 02	-												
	SALDO	100,397	m3	ACUM.	-	-	-	-	-	-	-	-					
P2	ARENA DE CONCRETO	14,939	m3	480		80	80	80	80	80				X	QA/AC	LABORATORIO DESAPROBÓ EL MATERIAL PRODUCIDO	LOGRAR APROBACIÓN DE LABORATORIO
	ACUMULADO ANTERIOR	11,203	m3	CUAD. 01	-												
	ACUMULADO ACTUAL	11,203	m3	CUAD. 02	-												
	SALDO	3,736	m3	ACUM.	-	-	-	-	-	-	-	-					
P4	ARENA CHANCADA PARA ASFALTO	19,026	m3	1,130		188	188	188	188	188				X	PROG	FALTA MATERIAL PARA LA FINLAY	ACOPIAR MÁS MATERIAL
	ACUMULADO ANTERIOR	7,384	m3	TERC. JOH.	1,008	168	84	133	322	165	137						
	ACUMULADO ACTUAL	8,392	m3	TERC. COS	-												
	SALDO	10,635	m3	ACUM.	1,008	168	252	385	707	872	1,008	1,008					
P6	PIEDRA CHANCADA PARA ASFALTO	15,644	m3	1,548		258	258	258	258	258				X	PROG	FALTA MATERIAL PARA LA FINLAY	ACOPIAR MÁS MATERIAL
	ACUMULADO ANTERIOR	11,021	m3	TERC. JOH.	1,348	179	70	189	455	298	158						
	ACUMULADO ACTUAL	12,368	m3	TERC. COS	-												
	SALDO	3,276	m3	ACUM.	1,348	179	249	438	893	1,190	1,348	1,348					
EXPLOTACIÓN DE CANTERAS																	
C1	EXPL. CANTERA LAS FLORES	667,270	m3	6,000		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000				X			
	ACUMULADO ANTERIOR	216,503	m3	CUAD. 01	6,075	1,350	945	945	1,148	1,080	608						
	ACUMULADO ACTUAL	222,578	m3	CUAD. 02	-												
	SALDO	344,693	m3	ACUM.	6,075	1,350	2,295	3,240	4,388	5,468	6,075	6,075					
C2	EXPL. CANTERA DON NATI	155,160	m3	2,400		400	400	400	400	400				X			
	ACUMULADO ANTERIOR	114,305	m3	CUAD. 01	2,957	240	153	554	392	809	810						
	ACUMULADO ACTUAL	117,261	m3	CUAD. 02	-												
	SALDO	37,699	m3	ACUM.	2,957	240	393	947	1,338	2,147	2,957	2,957					
C3	EXPL. CANTERA PEÑA BLANCA	125,805	m3	3,000		600	600	600	600	600				X	LLU	PRESENCIA DE LLUVIAS	
	ACUMULADO ANTERIOR	49,341	m3	CUAD. 01	1,686	324	222	273	453	189	225						
	ACUMULADO ACTUAL	51,027	m3	CUAD. 02	-												
	SALDO	74,778	m3	ACUM.	1,686	324	646	819	1,272	1,461	1,686	1,686					
C4	EXPL. CANTERA KM 53+600	78,000	m3	700		117	117	117	117	117				X	PROG	LA CANTERA NO ESTABA LISTA PARA INICIAR SU EXPLOTACIÓN	MEJORAR LA PROGRAMACIÓN
	ACUMULADO ANTERIOR	0	m3	CUAD. 01	-												
	ACUMULADO ACTUAL	0	m3	CUAD. 02	-												
	SALDO	78,000	m3	ACUM.	-	-	-	-	-	-	-	-					
ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD SEMANAL (EN %)												3	7	% AVANCE	76.22%		
												30%	70%				
CAUSALES DE INCUMPLIMIENTO																	
PROG	PROGRAMACION	5		■	PROG												
LOG	LOGISTICA	0		■	LOG												
QA/AC	CONTROL DE CALIDAD	1		■	QA/AC												
EXT	EXTERNOS	0		■	EXT												
LLU	LLUVIAS	1		■	LLU												
SUP/CLI	SUPERVISION / CUENTE	0		■	SUP/CLI												
EJEC	ERRORES DE EJECUCION	0		■	EJEC												
SC	SUBCONTRATOS	0		■	SC												
EQ	EQUIPOS	0		■	EQ												
ADM	ADMINISTRATIVOS	0		■	ADM												

Figura N°5.10 PAC de la segunda semana de implementación

Fuente: Elaboración propia.

Después de las dos semanas no se continuó con el uso del Plan de Trabajo Semanal ya que éste estaba siendo elaborado por Control de Proyectos y no

se tenía interés por parte de Producción, de esa manera no era posible continuar con la implementación.

- Segundo Intento: Del Lookahead Planning se tomó la primera semana y automáticamente se elaboró el Plan de Trabajo Semanal como se muestra en la Figura N°5.11.

REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CELENDIN - BALSAS, TRAMO: KM 52+00 - CELENDIN														
CONSORCIO		PLAN DE TRABAJO SEMANAL (PTS)												
ÍTEM	ACTIVIDAD	UND	METRADO USAR	SALDO	SEMANA 78							PROGRAMADO SEM. 78		
					L	M	M	J	V	S	D	METRADO	%AVANCE	
					27	28	29	30	31	01	02			
100.00	OBRAS PRELIMINARES													
103.A	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial													
	km 52+000 @ 94+750	mes	7.00	5.25	x	x	x	x	x	x	x		0.03	0.47%
200.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS													
205.B1.B2.C	Excavación en explanaciones en roca suelta, fija y													
	Excavación km 54+900 @ 55+100	m3	1,835.18	1,835.18	x	x	x	x	x				1,835.18	100.00%
206.A	Remoción de derrumbes													
	Derrumbe km 54+000 @ 57+500	m3	500.00	500.00				x	x				500.00	100.00%
	Derrumbe km 60+500 @ 65+500	m3	10,000.00	10,000.00	x	x	x	x	x				2,800.00	28.00%
210.A	Conformación de subrasante													
	Subrasante km 82+000 @ 94+775	m3	13,785.86	10,604.86	x	x	x	x	x	x	x		3,600.00	26.11%
220.B	Mejoramiento de suelo a nivel de subrasante													
	Mejoramiento km 92+000 @ 93+000	m3	5,263.91	4,736.91	x	x	x	x	x	x	x		1,200.00	22.80%
	Mejoramiento km 85+000 @ 88+350	m3	19,174.18	234.00	x	x	x	x					234.00	1.22%
	Mejoramiento km 90+000 @ 92+000	m3	10,252.80	1,700.00	x	x	x						1,700.00	16.58%
	Mejoramiento km 93+000 @ 94+775	m3	7,636.20	7,636.20					x	x	x		300.00	3.93%
	Mejoramiento km 63+250 @ 60+500	m3	22,774.73	17,598.03	x	x	x	x	x				1,250.00	5.49%
	Mejoramiento km 57+500 @ 60+500	m3	20,738.98	20,738.98	x	x	x	x	x				1,250.00	6.03%
300.00	SUB BASES Y BASES													
306.A	Base granular													
	Base km 81+000 @ 94+775	m3	31,076.44	29,576.44	x	x	x	x	x	x	x		3,300.00	10.62%
600.00	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE													
610.D.E	Alcantarilla MC													
	Relleno	m3	25.80	12.90	x	x	x	x	x				12.90	50.00%
	Excavación	m3	243.00	121.50					x	x			121.50	50.00%
	Acero	kg	2,790.78	1,395.39								x	697.70	25.00%
610.I	Muro de Concreto Ciclópeo													
	MCC Km 79+147.50 @ 79+176.50 DER.	m3												
	Relleno	m3						x	x	x			30.00	

Figura N°5.11 Vista del plan de trabajo semanal de la semana 78

Fuente: Elaboración propia.

No se calculó el PAC del Plan de Trabajo Semanal de la semana 78, y al dejar de elaborar el Lookahead Planning también se dejó el Plan de Trabajo Semanal.

d) Reunión de Planificación

No se llevaba un registro de los acuerdos y pendientes tenidos durante las reuniones de planificación, sólo se llevaba un registro de las reuniones generales de obra, en donde parte de los acuerdos y pendientes correspondían a temas de planificación. En la Figura N°5.12 se muestra el formato de las reuniones generales, y se muestran algunos pendientes para la ejecución de los trabajos

de producción, además cada pendiente tiene asignado un responsable, la fecha prevista de cumplimiento, la fecha real de cumplimiento, el tiempo para el cumplimiento y la prioridad; sin embargo, para la determinación de las fechas previstas de cumplimiento, éstas no se comparaban directamente con el programa de ejecución de los trabajos de producción.

ACTA DE REUNIÓN							
Nro. de Documento	RG-N° 008/2012						CONSORCIO
Nombre del Proyecto:	REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CAJAMARCA - CELENDÍN - BALSAS, TRAMO: Km 52+000 - CELENDÍN						
Código del Proyecto:	Contrato N° 070-2011-MTC/20						
Fecha de Convocatoria:							21/05/2013
Nro.	Pendientes y Acuerdos	Responsable	Fecha 01	Fecha 02	Fecha Cumplimiento	Tiempo cumplir	Prioridad
PRODUCCIÓN							
1	Definir con Supervisión las cunetas y zanjas de coronación.	GH FR	31-may			10.00	
2	Presentar programa de ejecución de alcantarilla abovedada.	GH FR JB	21-may			-	
3	Presentar programa de procesamiento de agregados.	AB JB FM	21-may			-	
4	Presentar programa del Km 63+000 al Km 59+000, cómo se va a trabajar.	JB EZ SA	21-may		23-may	CERRADO con - 2 días	
5	Presentar programa de cunetas rectangular tipo IV.	JB EZ SA	21-may			-	
6	Definir las obras arte en la zona urbana de Celendín, para elaborar el adicional.	FR SA WS	26-may			5.00	
7	Inicio de traslado de arena de Cajamarca (Cantera Rumicucho).	JR	28-may			7.00	
	Tema Nuevo:						
	Presentar cuadro de bajada de operadores y relevos.	JB	24-may			3.00	
	Revisar que unidades son las que tienen que bajar a Celendín, enviar relación a administración.	JB	27-may			6.00	

Figura N°5.12 Vista del registro de reunión general de obra

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Estado del Control

Para el control del proyecto se elaboraron diferentes reportes para obtener la información de campo y verificar que se esté ejecutando lo que se tenía planificado, además para hacer un seguimiento al avance total del proyecto, y de notar que está atrasado tomar las medidas correspondientes. A continuación se muestran los principales reportes de control utilizados y en cada uno se explica con mayor detalle su función.

a) Reportes de Campo

Para obtener la información de campo se usó los reportes de campo, en los cuales los jefes de grupo reportaban diariamente su metrado de avance. Estos reportes tenían que ser firmados por los ingenieros de producción y entregados a

Control de Proyectos diariamente; sin embargo, en varias ocasiones los reportes eran entregados sin la firma de los ingenieros de producción, no se cumplía con la entrega diaria, algunos jefes de grupo tenían dificultad para el llenado, etc. Se utilizaron en total 13 tipos de reportes para las diferentes especialidades: Explanaciones, Obras de Arte, Canteras, Plantas Industriales y Plantas de Concreto. En la Figura N°5.13 se muestran uno de los reportes utilizados.

CONSORCIO 		Proyecto: "Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca-Celendín-Baños, Tramo Km 25000-26000" Celdad: Baños, Tramo Km 25000-26000		Hoja N°: 10 Fecha: 10/01/2010																																																																																																										
Of: CEPELINA		Celdad: 270-011-00020		C.R.A.I.D: 2726																																																																																																										
HOJA DE REPORTE DE PRODUCCIÓN DE MATERIALES																																																																																																														
PLANTA: _____			OPERADOR: _____																																																																																																											
MATERIAL: _____			Fecha: _____																																																																																																											
HORARIO DE MATERIAL EN BRUTO			Turno: _____																																																																																																											
INGRESO 1																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">MATERIAL</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>TRAMO ABRAS</td> <td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td><td>81</td><td>82</td><td>83</td><td>84</td><td>85</td><td>86</td><td>87</td><td>88</td><td>89</td><td>90</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> <tr> <td>TOTAL DIARIA</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> </table>						MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																										
TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90																																																																																										
CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60																																																																																										
CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
INGRESO 2																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">MATERIAL</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>TRAMO ABRAS</td> <td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td><td>81</td><td>82</td><td>83</td><td>84</td><td>85</td><td>86</td><td>87</td><td>88</td><td>89</td><td>90</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> <tr> <td>TOTAL DIARIA</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> </table>						MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																										
TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90																																																																																										
CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60																																																																																										
CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
INGRESO 3																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">MATERIAL</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>TRAMO ABRAS</td> <td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td><td>81</td><td>82</td><td>83</td><td>84</td><td>85</td><td>86</td><td>87</td><td>88</td><td>89</td><td>90</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> <tr> <td>TOTAL DIARIA</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> </table>						MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																										
TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90																																																																																										
CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60																																																																																										
CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
BAJADA DE MATERIALES PROCESADOS																																																																																																														
BAJADA 1																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">MATERIAL</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>TRAMO ABRAS</td> <td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td><td>81</td><td>82</td><td>83</td><td>84</td><td>85</td><td>86</td><td>87</td><td>88</td><td>89</td><td>90</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> <tr> <td>TOTAL DIARIA</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> </table>						MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																										
TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90																																																																																										
CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60																																																																																										
CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
BAJADA 2																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">MATERIAL</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>TRAMO ABRAS</td> <td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td><td>81</td><td>82</td><td>83</td><td>84</td><td>85</td><td>86</td><td>87</td><td>88</td><td>89</td><td>90</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> <tr> <td>TOTAL DIARIA</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> </table>						MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																										
TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90																																																																																										
CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60																																																																																										
CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
BAJADA 3																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">MATERIAL</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>TRAMO ABRAS</td> <td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td><td>81</td><td>82</td><td>83</td><td>84</td><td>85</td><td>86</td><td>87</td><td>88</td><td>89</td><td>90</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> <tr> <td>TOTAL DIARIA</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> </table>						MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																										
TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90																																																																																										
CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60																																																																																										
CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
BAJADA 4																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">MATERIAL</td> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>TRAMO ABRAS</td> <td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td><td>81</td><td>82</td><td>83</td><td>84</td><td>85</td><td>86</td><td>87</td><td>88</td><td>89</td><td>90</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>41</td><td>42</td><td>43</td><td>44</td><td>45</td><td>46</td><td>47</td><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td><td>56</td><td>57</td><td>58</td><td>59</td><td>60</td> </tr> <tr> <td>CONCRETO</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> <tr> <td>TOTAL DIARIA</td> <td>61</td><td>62</td><td>63</td><td>64</td><td>65</td><td>66</td><td>67</td><td>68</td><td>69</td><td>70</td><td>71</td><td>72</td><td>73</td><td>74</td><td>75</td><td>76</td><td>77</td><td>78</td><td>79</td><td>80</td> </tr> </table>						MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
MATERIAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																																																																																										
TRAMO ABRAS	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90																																																																																										
CONCRETO	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60																																																																																										
CONCRETO	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
TOTAL DIARIA	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80																																																																																										
Elaborado por: _____		Revisado por: _____		Aprobado por: _____																																																																																																										

Figura N°5.13 Ejemplo de reporte de campo
Fuente: Elaboración propia.

b) Reportes de Control de Producción

Para controlar el avance de la producción se elaboraron reportes de control donde se ingresaba la información de los reportes de campo, contrastada con los metrados del proyecto y la verificación en campo. Estos reportes representaban la fuente más importante para la elaboración de otros de mayor complejidad. La elaboración de este control estaba a cargo del área de Planeamiento. En las Figuras N°5.14 y 5.15 se muestran algunos ejemplos de los controles utilizados.

Se tuvo inconvenientes al hacer el contraste entre la información ingresada de los reportes de campo y los metrados del proyecto brindados por Oficina Técnica, ya que faltaba una continua actualización de estos metrados al irse modificando en campo.

CONTROL DIARIO DE PRODUCCIÓN EXPLANACIONES CONSORCIO COSAPI - JOHESA											SEMANA 77	
OBRA		Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca-Celendín-Baixas									TRAMO I	
PRODUCCIÓN / VENTA				LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SÁB	DOM	TOTAL SEMANA	
ID	PARTIDA DE CONTROL	UNID	TURNO	may 20	may 21	may 22	may 23	may 24	may 25	may 26		
			META ACUMULADA	2917	5833	8750	11667	14583	17500	17500		
1	CORTE EN MATERIAL SUELTO Y ROCA SUELTA	m3	META	2,917	2,917	2,917	2,917	2,917	2,917		17,500	
			CUADRILLA 1						43	62	1,050	
			CUADRILLA 2							45	450	
			CUADRILLA 3	44		62	51	50			2,070	
			CUADRILLA 4						61	38	990	
			CUADRILLA 5	36	69	42					1,470	
			CUADRILLA 6						23		230	
			REAL EJECUTADO	800	690	1,040	510	500	1,720	1,000		
			REAL ACUMULADO	800	1,490	2,530	3,040	3,540	5,260	6,260	6,260	
			META ACUMULADA	1842	3683	5525	7366	9208	11049	11049		
2	MEJORAMIENTO DE SUELOS A NIVEL DE SUBRRASANTE	m3	META	1,842	1,842	1,842	1,842	1,842	1,842		11,049	
			CUADRILLA 1	29	26	43	35	34			1,670	
			CUADRILLA 2	31	37	28	45	44			1,850	
			CUADRILLA 3	36							360	
			CUADRILLA 4	22	19	31	27	30			1,290	
			REAL EJECUTADO	1,180	820	1,020	1,070	1,080	0	0		
			REAL ACUMULADO	1,180	2,000	3,020	4,090	5,170	5,170	5,170	5,170	

Figura N°5.14 Reporte de control de producción de explanaciones
Fuente: Elaboración propia.

SEMANA 77 20-may 26-may CONTROL SEMANAL DE PRODUCCIÓN - OBRAS DE ARTE FRENTE N°1												
DÍA	FECHA	ARMADO DE ALCANTARILLA	EXCAVACIÓN	MEJORAMIENTO DE SUELO (OVER)	RELLENO Y COMPACTACIÓN	CONCRETO FC=175 KG/CM2	ENCOFRADO Y DESENOFRADO	TUBERIA HDPE CORRUGADA €	TUBO DE PVC-SAP, D=7"	GEOTEXTIL	GEOCOMPUUESTO DE DRENAJE PARA MUROS	GAVIÓN TIPO CAJA
		(m)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m2)	(m)	(m)	m2	(m2)	(m3)
LUNES	20-may	-	350.70	94.56	35.28	2.00	3.60	6.00	-	57.60	-	41.00
MARTES	21-may	-	36.60	-	-	-	-	18.00	-	126.00	36.00	61.00
MÉRCOLES	22-may	-	442.60	40.80	129.00	-	-	-	-	70.00	-	51.00
JUEVES	23-may	-	835.00	105.00	90.00	-	-	24.00	-	130.00	44.00	49.00
VIERNES	24-may	-	925.60	64.20	149.58	-	-	28.00	-	123.25	86.00	62.00
SÁBADO	25-may	-	117.00	150.00	525.00	-	-	-	-	32.00	-	52.00
DOMINGO	26-may	-	-	23.00	115.00	-	-	-	-	30.60	48.00	19.00
TOTAL		-	2,707.90	477.56	1,043.86	2.00	3.60	76.00	-	669.45	214.00	335.00

Figura N°5.15 Reporte de control de producción de obras de arte
Fuente: Elaboración propia.

c) Reporte Gráfico de Avance

En obras de carretera, por ser lineales, es muy común el uso de gráficos para representar el avance. En el proyecto se utilizaron varios formatos de gráficos para reportar el avance por especialidad. En la Figura N°5.16 se muestra una parte del gráfico resumen para presentar de manera general el avance de la obra.

AVANCE LINEAL DEL KM 52+000 AL KM 94+775																	Ejecutado al 31 de Marzo	Saldo	OBSERVACIONES					
Actividad	Unidad	Total del Tramo	64+000	65+000	66+000	67+000	68+000	69+000	70+000	71+000	72+000	73+000	74+000	75+000	76+000	77+000				78+000	79+000	80+000		
Asfalto	m	42,775		565	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	380	12,945	29,830	Se ha asfaltado del Km 65+435 al Km 78+380.	
Cunetas	m	47,587	1072	1151	1378	1172	1468	735	1206	1413	1346	1306	974	916	1262	1215	1445	1142	890		15,615	31,972	Se han ejecutado cunetas del tipo I, II, III y IV.	
Cunetas de coronación	m	4,480	240		50	50							50	180	130	350	710	620				4,480		
Imprimación	m	42,775		570	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	380	12,950	29,825	Se ha imprimado del Km 65+430 al 78+380.	
Base	m	42,775		580	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	400	12,980	29,795	Se ha colocado base del Km 65+420 al 78+400.	
Subrasante	m	42,775		600	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	970	13,800	28,975		
Mejoramiento	m	42,775	860	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	970	22,680	20095		
Corte de Material	m	42,775	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	900	39,830	2,945		

Figura N°5.16 Vista del reporte gráfico de avance lineal resumen
Fuente: Elaboración propia.

El uso de estos gráficos fue principalmente para llevar el control de avance por parte de Control de Proyectos y para las presentaciones a la Gerencia, sin embargo, no fueron utilizados por los ingenieros de producción, sólo eran revisados en las reuniones de planificación.

d) Curva S

La Curva S era actualizada mensualmente, sin embargo en el mes de mayo del 2013 se decidió comenzar a llevar un control semanal. La última actualización que se hizo previo a la implementación del Sistema del Último Planificador fue con corte al 02 de junio del 2013 y se puede ver en el Anexo V. Según esta actualización el avance contractual programado era 60% y el avance real era 56.1%, por lo tanto se tenía un atraso de 3.9%.

5.3 METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

5.3.1 Introducción

En el capítulo anterior se describió detalladamente la implementación del Sistema del Último Planificador, sin embargo, ésta es una definición teórica, que al aplicarla a la realidad de un proyecto tendrá otras condiciones influenciadas sobre todo por el factor humano y la variabilidad. Es por esto que este capítulo es uno de los más importantes, ya que acá se describirá el proceso de implementación del Sistema del Último Planificador en el proyecto

“Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca – Celendín – Balsas, Tramo Km 52+000 – Celendín” con todas las condiciones reales. La idea es describir paso a paso la implementación identificando los inconvenientes que se van presentando en el camino y las medidas correctivas para superarlos, hasta llegar al resultado final y verificar si se cumplió con los objetivos inicialmente planteados. Además poder obtener lecciones aprendidas de todo el proceso y detectar las falencias que deban tomarse en cuenta para mejorar el sistema en el futuro.

5.3.2 Conocimiento del Sistema por la Empresa

La empresa encargada de la ejecución del proyecto es el Consorcio Cosapi Johesa, del cual Cosapi S.A. es el encargado de la administración y gestión. Previo al presente proyecto Cosapi S.A. ya había implementado parcialmente el Sistema del Último Planificador en obras de carretera, de las cuales se tomó información y consultó con algunos involucrados, sin embargo, no había un registro completo de toda la implementación. Por lo tanto se puede afirmar que el conocimiento y aplicación del Sistema del Último Planificador por parte de Cosapi S.A. todavía estaba en un nivel intermedio, ya que se estaba utilizando pero no en su totalidad, tanto en las obras como en la oficina central que brinda el soporte.

5.3.3 Razones para la Implementación

Como se describió anteriormente, en el proyecto no se estaba llevando un sistema de planificación adecuado ni de la mano con las últimas metodologías utilizadas en la construcción. Además se estaba teniendo un retraso en el avance global de la obra, así como pérdidas en costo.

Con el cambio parcial del personal de producción, se mostró un mayor interés por la planificación de la obra como se vio en los intentos de implementación del Sistema del Último Planificador, pero faltaba una mayor coordinación y compromiso para llevarlo a cabo.

Finalmente por estas razones las áreas de Producción y Control de Proyectos en conjunto con la Gerencia deciden llevar a cabo la implementación del Sistema del Último Planificador en la obra.

5.3.4 Período de Implementación

A inicios de mayo del 2013 se decidió implementar el Sistema del Último Planificador, a partir de lo cual se comenzaron a preparar todos los requisitos necesarios como revisión bibliográfica para un mejor conocimiento del sistema, metrados, formatos de planificación, reportes, etc; sin embargo se puede tomar como inicio formal de la implementación el 27 de mayo del 2013 con la primera reunión de capacitación, luego el 01 de junio se realizó la primera reunión de planificación siguiendo las pautas del sistema y el 3 de junio se comenzó a usar el formato del Plan de Trabajo Semanal con el cálculo del PAC. Para la presente tesis se tomaron datos hasta el 30 de noviembre del 2013, a partir de esta fecha sólo hubo trabajos menores y limpieza para la entrega de la obra. En resumen el período de implementación medido fue de 26 semanas: la primera semana de introducción al tema y 25 semanas de toma de datos.

5.3.5 Estandarización de Procesos

Para poder implementar el Sistema del Último Planificador era necesario tener en claro todos los procesos involucrados en la construcción de la carretera, para lo cual se revisaron todos los metrados actualizados del proyecto en conjunto con el último Diagrama Tiempo Camino para tener en claro el saldo de trabajo por ejecutar así como la posible secuencia que se debía seguir para optimizar los recursos.

Posteriormente se determinaron las responsabilidades de los principales actores en el inicio de la implementación del Sistema del Último Planificador, esto se hizo con la ayuda del organigrama del proyecto (ver Anexo VI). Además para el saldo de trabajos por ejecutar, se asignó a los responsables por cada especialidad de producción, dividiendo para algunas especialidades como explanaciones, pavimentos y obras de arte la carretera en dos tramos (Tramo 1: Del Km 52+000 al Km 73+400 y Tramo 2: Del Km 73+400 al Km 94+775) y así se pudiera tener un mejor control del proyecto, obteniendo un esquema inicial como el que se muestra en la Figura N°5.17.

Con respecto a los reportes de campo que se estaban utilizando, se estandarizaron y modificaron algunos con el fin de hacer un mejor seguimiento de la ejecución de las actividades en campo.

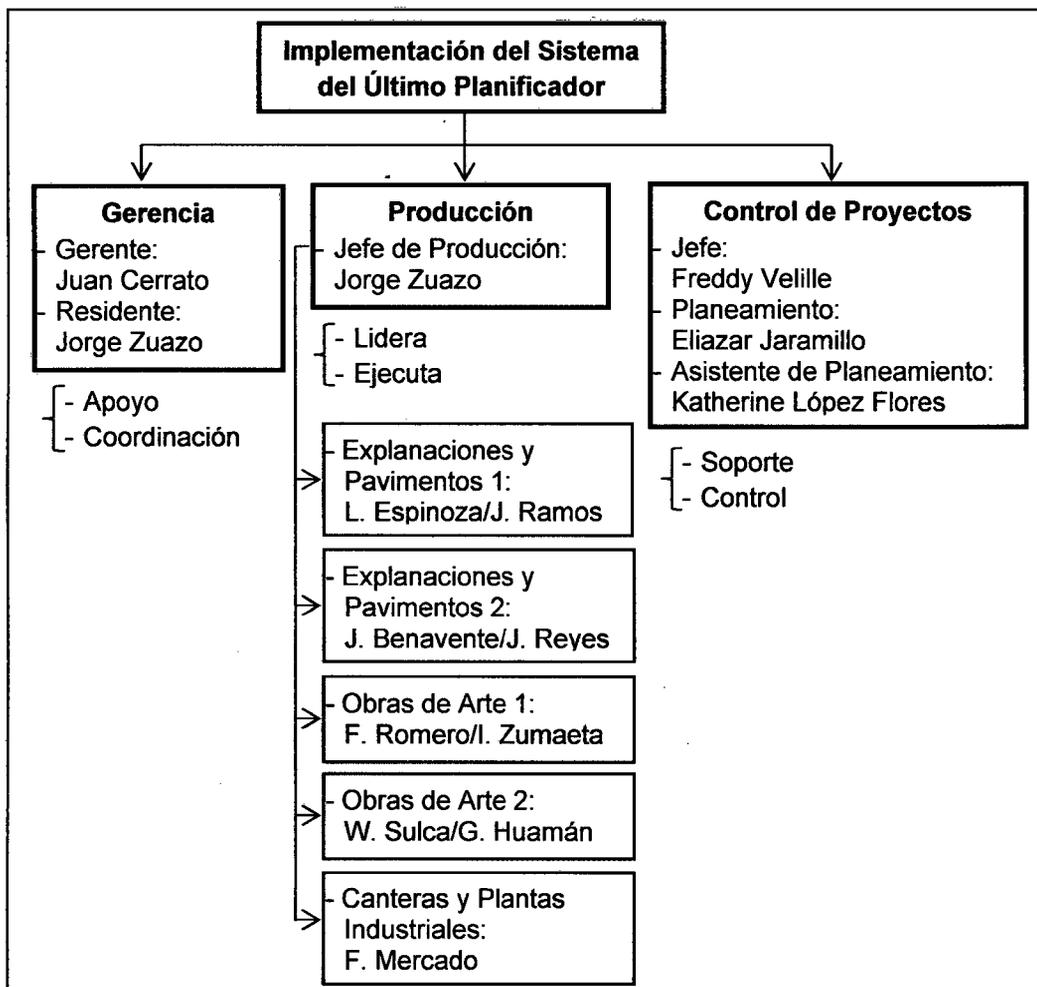


Figura N°5.17 Principales actores del proyecto en la implementación

Fuente: Elaboración propia.

5.3.6 Reunión de Capacitación del Grupo de Trabajo

Lo fundamental al iniciar la implementación de cualquier método de trabajo es la capacitación, la cual proporciona los conocimientos necesarios que permite que el grupo de trabajo realice buenas prácticas, además en dichas capacitación se aprovecha para conseguir una mayor interacción y participación de todos los involucrados con el fin de incentivar el trabajo de equipo.

Para la capacitación del grupo de trabajo del proyecto en el Sistema del Último Planificador el área de Control de Proyectos preparó una reunión, para lo cual previamente se recopiló información tanto bibliográfica como de otros proyectos donde anteriormente se había llevado a cabo la implementación (consulta a ingenieros, formatos utilizados, resultados obtenidos, etc.).

La reunión de capacitación se llevó a cabo el 27 de mayo del 2013, fue liderada por el área de Control de Proyectos y además contó con la participación de la Gerencia, Producción, Oficina Técnica, Control de Calidad, Administración y SSOMA (Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente), es decir en esta reunión inicial estuvieron presentes la mayoría de los involucrados, sólo faltando la participación de Gestión de Calidad (la encargada estaba de días libres) y Equipos, quienes todavía no asistían a las reuniones de obra.

El resumen de los temas tratados y algunas diapositivas utilizadas se describe a continuación:

- Los objetivos de la implementación del Sistema del Último Planificador (ver Figura N°5.18).

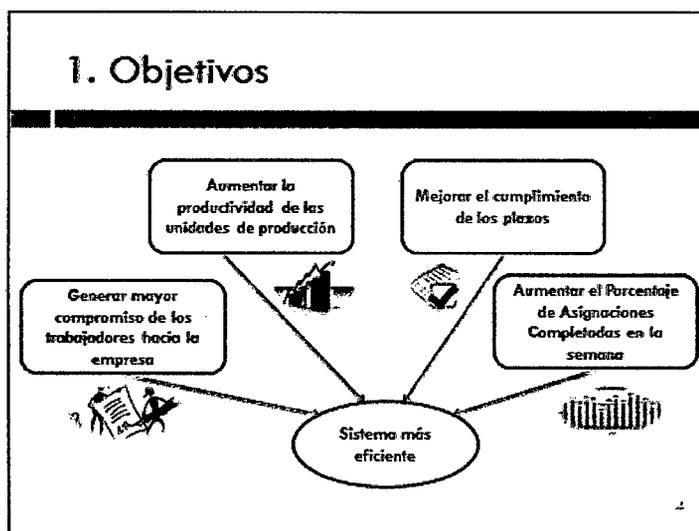


Figura N°5.18 Diapositiva 4 de la reunión de capacitación

Fuente: Elaboración propia.

- Una introducción con la realidad de la construcción en el Perú.
- Descripción del enfoque tradicional de planificación y control (ver Figura N° 5.19).
- La nueva filosofía de la construcción sin pérdidas: Lean Construction (ver Figura N°5.20).
- El Sistema del Último Planificador: definiciones, elementos, medición del desempeño (ver Figura N°5.21).

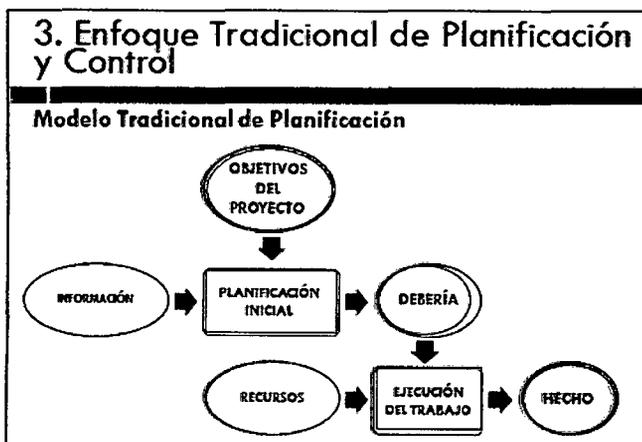


Figura N°5.19 Diapositiva 9 de la reunión de capacitación

Fuente: Elaboración propia.

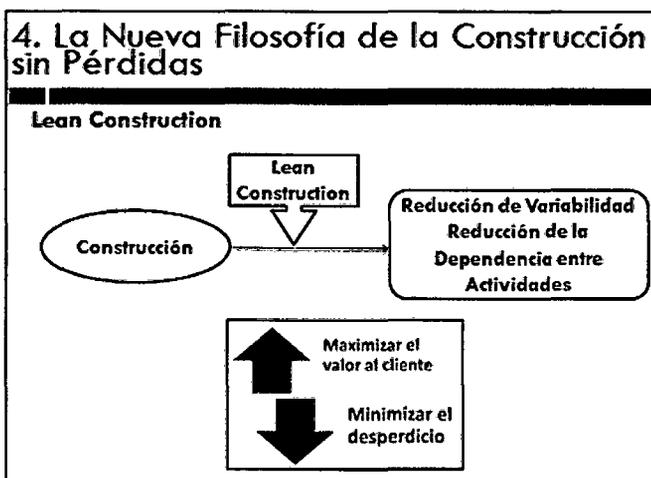


Figura N°5.20 Diapositiva 13 de la reunión de capacitación

Fuente: Elaboración propia.

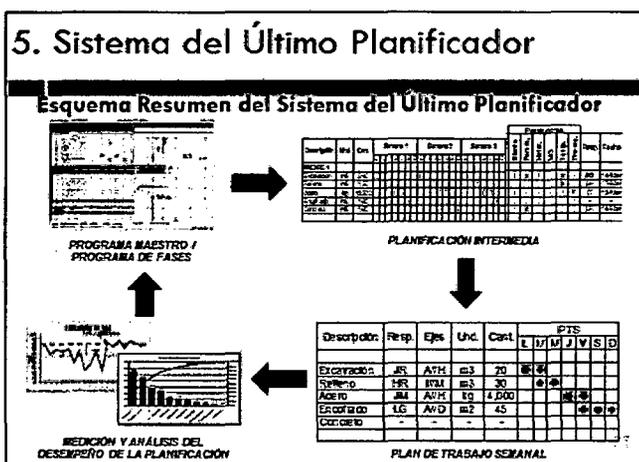


Figura N°5.21 Diapositiva 28 de la reunión de capacitación

Fuente: Elaboración propia.

- Implementación del Sistema del Último Planificador en la obra: plan de trabajo y flujo de información (ver Figuras N°5.22 y 5.23). Durante la reunión se definieron los horarios y frecuencia de actualización de los elementos del Sistema del Último Planificador.

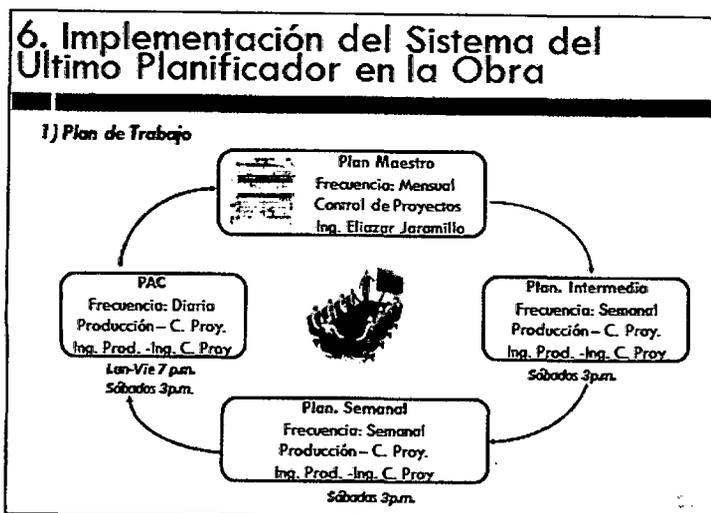


Figura N°5.22 Diapositiva 31 de la reunión de capacitación

Fuente: Elaboración propia.

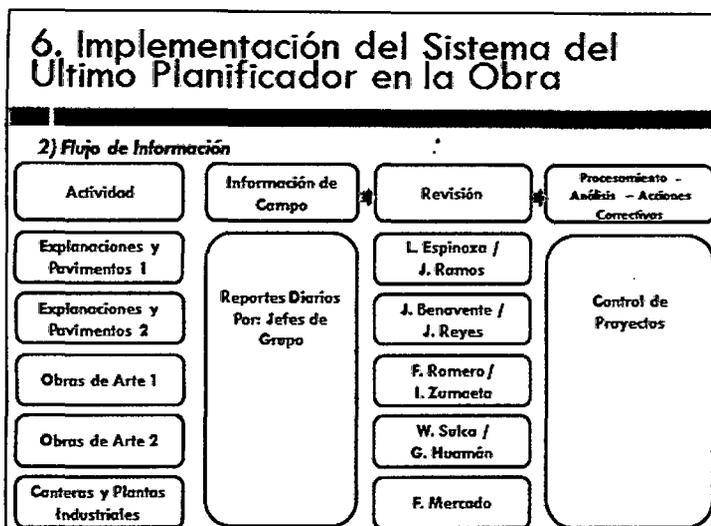


Figura N°5.23 Diapositiva 32 de la reunión de capacitación

Fuente: Elaboración propia.

- Comentarios finales: conclusiones y resultados esperados con la implementación. Enfatizando que no se buscaba imponer las actividades a realizar semanalmente y la necesidad del compromiso y ganas de mejorar de todos los involucrados para lograr implementar el sistema de planificación de manera exitosa.

Con esta reunión se consiguió ir introduciendo los conceptos del sistema a aquellos que por primera vez lo iban a utilizar y tomar la experiencia y proponer mejoras para el proyecto para aquellos que ya lo habían utilizado.

En el tema de implementación del Sistema del Último Planificador en la obra, durante la reunión se tomaron diferentes acuerdos, de los cuales los principales se muestran a continuación:

- Se estableció el horario, duración y frecuencia de las reuniones de planificación, de revisión del PAC y general. Además se definieron los puntos específicos que debían ser tratados en cada una para no extenderse más del tiempo necesario.
- Luego del cálculo del PAC final de la semana, la elaboración de la planificación intermedia y semanal en la reunión semanal de planificación, Control de Proyectos se comprometió a enviar todos los formatos revisados correspondientes por correo electrónico a todos los ingenieros responsables de producción los lunes antes del inicio de las labores. El resumen de estos dos acuerdos se muestran en la Figura N°5.24.

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Hasta 7 a.m.	Control de Proyectos envía el PAC, Planificación Intermedia y Semanal revisadas					
De 3 p.m. a 6 p.m.						Reunión Semanal de Planificación: Cálculo del PAC, CNC, Diagrama Tiempo Camino, Planificación Intermedia y Semanal, coordinación y acuerdos para el trabajo de la semana siguiente
De 7 p.m. a 8 p.m.	Reunión Diaria de PAC	Reunión Diaria de PAC	Reunión Diaria de PAC	Reunión Diaria de PAC	Reunión Diaria de PAC	
De 8 p.m. a 9:30 p.m.		Reunión General de Obra				

Figura N°5.24 Horario, duración y frecuencia de reuniones

Fuente: Elaboración propia.

- Para que se pudiera tener la información de los trabajos diarios ejecutados actualizada se acordó que cada jefe de grupo presente su reporte de campo como máximo al día siguiente a mediodía a Control de Proyectos, esto porque se tenía tres campamentos (uno al inicio, el principal al medio y otro al final del tramo de la obra), y algunos tenían dificultades para enviar sus reportes el mismo día.

5.3.7 Cronograma Maestro

El cronograma maestro es la base del Sistema del Último Planificador para poder hacer la programación intermedia, el análisis de restricciones, el inventario de trabajo ejecutable y la planificación semanal.

Durante la implementación del Sistema del Último Planificador se utilizaron tres herramientas o elementos para llevar el cronograma maestro del proyecto:

- Se continuó utilizando el Diagrama Tiempo Camino como cronograma maestro principal de la obra, por la facilidad que se tiene para su entendimiento en obras de carretera.
- Se implementó el uso del Diagrama Gantt en Ms Project para programar el saldo de trabajos a partir del 01 de junio del 2013 y reportarlo a Sede Central mensualmente, mas no para uso interno de la obra, ya que resulta poco práctico y comprensible.
- Adicionalmente a la ejecución de los trabajos para venta al cliente, se necesita la producción de los agregados por el propio proyecto con la explotación de canteras y procesamiento de agregados en las plantas industriales. Este aspecto es de gran importancia ya que para casi todos los trabajos de producción se tiene como pre-requisito la disponibilidad de los agregados. Por lo tanto, se implementó un cronograma adicional para la producción de todos los agregados hasta el final de obra.

A continuación se describirá el uso del Diagrama Tiempo Camino y el Programa de Explotación y Procesamiento de Agregados a partir de la implementación del Sistema del Último Planificador:

a) Diagrama Tiempo Camino

Para el inicio de la implementación se hizo una nueva actualización del Diagrama Tiempo Camino con corte de los trabajos ejecutados el 31 de mayo del 2013. Fecha en la cual Control de Proyectos en conjunto con Producción lo revisaron obteniéndose el Diagrama Tiempo Camino Revisión 09. A la fecha de corte, de los 42.775 Km de carretera (del Km 52+000 al Km 94+775), se había asfaltado un tramo de 12.945 Km (del Km 65+435 al 78+380). Para la elaboración de este diagrama se utilizó el sistema pull, es decir, se partió de la colocación de asfalto del saldo hacia actividades anteriores como cunetas, imprimación, colocación de base, etc., que se tenían pendiente. Se decidió partir desde el asfalto porque la actividad siguiente sería la señalización, la cual sería subcontratada, y se pensaba que no representaba una restricción para cumplir con el plazo del proyecto. Los pasos para la elaboración fueron:

- División del saldo de la carretera sin asfalto en tramos. Para la definición de los tramos se consideró como primera restricción las lluvias ya que en la zona por la experiencia del año anterior se tenía previsto el inicio del período de lluvias en octubre, las cuales eran de mayor intensidad y frecuencia en las partes más altas, por lo tanto se debía dar prioridad al avance de los trabajos allí. Además se consideraron otros factores como la cantidad de trabajo pendiente previo al asfaltado, como las obras de arte sobre todo, ya que en ciertas zonas se tenía mayor cantidad; otro factor importante fueron las zonas críticas, en las cuales se tenía taludes muy inestables y de gran altura que dificultaban en gran medida los trabajos; adicionalmente se trató de tener tramos cercanos continuos tomando en cuenta que todo el tren de asfalto debía trasladarse. La carretera en sus últimos 2.5 Km aproximadamente atraviesa una zona urbana, la cual se consideró al final por ser la parte más baja y previendo que no habrían inconvenientes con la población.
- Con los rendimientos reales que se tenían se calculó las duraciones de asfaltado de los tramos.
- Se programaron las actividades previas al asfaltado (cunetas, imprimación, base, obras de arte, mejoramiento y explanaciones) y la señalización.
- Finalmente se hizo una revisión de todo lo programado para verificar que sea posible de cumplir en campo.

En la Cuadro N°5.2 se muestra la definición de los tramos de asfaltado, que fue el punto de partida para toda la programación, y algunas condiciones que se tomaron en cuenta.

Cuadro N°5.2 Primera definición de tramos de asfaltado

Tramo	Progresivas	Fecha Inicio	Fecha Fin	Condiciones
1	Km 84+000 – Km 92+300	24/06/13	19/07/13	Topografía poco accidentada, cortes terminados, mejoramiento y obras de arte avanzados. Tramo medianamente lluvioso.
2	Km 81+000 – Km 84+000	20/07/13	30/07/13	Topografía medianamente accidentada, cortes terminados, pocas obras de arte. Tramo medianamente lluvioso.
3	Km 61+620 – Km 65+435	31/07/13	12/08/13	Topografía poco accidentada, cortes terminados, regular obras de arte. Mayor presencia de lluvias que en los tramos anteriores.
4	Km 52+000 – Km 59+000	13/08/13	04/09/13	Topografía medianamente accidentada, cortes terminados, regular obras de arte. Es el tramo más lluvioso.
5	Km 59+000 – Km 61+620	05/09/13	13/09/13	Topografía accidentada, taludes inestables con presencia de agua, faltan explanaciones en las zonas más críticas, alta concentración de obras de arte. Tramo lluvioso.
6	Km 78+380 – Km 81+000	14/09/13	21/09/13	Topografía muy accidentada (presencia de farallones), zona crítica con taludes inestables, faltan explanaciones, mediana concentración de obras de arte. Tramo medianamente lluvioso.
7	Km 92+300 – Km 94+775	22/09/13	29/09/13	Topografía poco accidentada, cortes terminados, mediana concentración de obras de arte, gran cantidad de cunetas, zona urbana. Tramo medianamente lluvioso.

Fuente: Elaboración propia.

El Diagrama Tiempo Camino Revisión 09 fue presentado y revisado en la primera reunión de planificación de la implementación del Sistema del Último Planificador el 01 de junio del 2013 con la participación de la Gerencia, Producción, Control de Proyectos y el Director de Proyecto quien hacía seguimiento a la obra desde la Sede Central de Cosapi S.A. Durante la revisión se hizo un análisis más minucioso de las condiciones en campo y considerando la secuencia más óptima que se debía seguir, entonces se replanteó la definición de los tramos que se tenía anteriormente, disminuyendo la cantidad a 6 (ver Cuadro N°5.3). Finalmente se obtuvo el Diagrama Tiempo Camino Revisión 10,

el cual tenía como fecha de fin de obra el 31 de octubre del 2013, éste se tomó de base para el inicio de la implementación del Sistema del Último Planificador. En el Anexo VII se puede ver a detalle.

Cuadro N°5.3 Segunda definición de tramos de asfaltado

Tramo	Progresivas	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Km 78+380 –Km 79+600	24/06/13	27/06/13
2	Km 61+620 –Km 65+435	28/06/13	10/07/13
3	Km 84+000 – Km 94+775	11/07/13	14/08/13
4	Km 52+000 – Km 59+000	15/08/13	06/09/13
5	Km 59+000 – Km 61+620	07/09/13	15/09/13
6	Km 79+600 – Km 84+000	16/09/13	29/09/13

Fuente: Elaboración propia.

La Revisión 10 fue la última actualización que se hizo del Diagrama Tiempo Camino, ya que ahí se definió claramente el plan de trabajo para los meses restantes del proyecto. Posteriormente se utilizó el formato del programa intermedio para actualizar el cronograma general, ya que se tenía un avance considerable de la obra.

b) Programa de Explotación y Procesamiento de Agregados

Se elaboró un programa detallado para la explotación y el procesamiento de los agregados necesarios hasta el final de obra. Para la implementación del Sistema del Último Planificador se elaboró el primer programa a partir de junio del 2013 y se tuvo el siguiente procedimiento:

- Se calculó el requerimiento de todos los tipos de agregados para el saldo de trabajos por ejecutar, y con esto se obtuvo el volumen de explotación de las canteras, como se puede ver en la Figura N°5.25.

RESUMEN DE REQUERIMIENTO DE AGREGADOS Y VOLUMEN DE EXPLOTACIÓN DE CANTERAS												
AGREGADOS	CARACTERÍSTICAS	VOL REQUERIDO CONTRACTUAL (M3)	VOL REQUERIDO REPLANTEADO (M3)	VOL TOTAL SUELTO (M3)	% DE AVANCE	EJECUTADO AL 30 DE MAYO	SALDO POR COLOCAR EN PISTA SUELTO	STOCK EN ACOPIOS MATERIALES PROCESADOS	SALDO DE MATERIALES POR PRODUCIR			
									ARENA (ARENISCA)	ZARANDEADO (CALIZA)	OVER (CALIZA)	
TERRAPLENES		72,110	66,465	99,698	55%	55,107	44,591					
MEJORAMIENTO		72,117	216,682	324,893	78%	252,996	71,996					
BANQUETAS DE RELLENO		8,063	8,063	12,095	77%	9,329	2,768					
MEJORAMIENTO MSR		7,172	7,172	10,041	46%	4,618	5,423					5,423
									28,122	68,778		22,452
RELLENO OA		42,726	45,473	68,210	69%	47,092	21,118		9,503	11,815		
RELLENO MSR		34,721	34,721	52,082	85%	33,840	18,242		9,121	9,121		
CONCRETO	Arena Chancada	22,131	22,824	14,379	53%	7,678	8,701	2,000				4,701
	Piedra Chancada			17,574	53%	9,385	8,190	1,500				8,690
ASFALTO	Arena Natural	28,187	28,258	6,867	30%	2,073	4,793	472				4,322
	Arena Chancada			17,167	30%	5,183	11,983	5,681				6,303
	Piedra Chancada			14,115	30%	4,262	9,853	11,010				(1,157)
BASE		103,498	104,189	158,283	32%	51,428	104,857	28,104				78,753
GAVIÓN		10,442	10,442	13,575	37%	3,870	9,705					9,705
EMSR		8,607	8,607	8,589	87%	5,778	2,811					2,811
PIEDRA PARA EMBOQUILLADO		1,677	1,677	2,180	45%	982	1,198					1,198
PIEDRA PARA C° CICLÓPEO		2,370	2,370	3,081	97%	2,989	93					93
FILTRO		13,374	13,374	17,386	36%	6,336	11,050		11,050			
TOTAL				838,314.25		502,944	335,370	48,787	57,797	89,514		136,972
STOCK EN ACOPIOS DE MATERIALES ZARANDEADOS									4,728	32,996		5,738
SALDO POR PRODUCIR									83,069	56,618		131,234
M3												
FACTOR DE ZARANDEO DE OBTENCION DE OVER												
											0.56	
VOL EXPL SUELTO												
											238,607	
											M3	
											1.4	
											M3	
REQUERIMIENTO EN BANCO												
											181,708	
											M3	
ZARANDEADO PROCESADO												
											107,373	
											M3	
ZARANDEADO REQUERIDO												
											56,618	
											M3	
EXCESO DE ZARANDEADO												
											50,856	
											M3	

Figura N°5.25 Resumen de requerimiento de agregados y volumen de explotación de canteras junio 2013

Fuente: Elaboración propia.

- Con el requerimiento de agregados procesados se elaboró el programa de procesamiento de agregados. En el proyecto se tenía dos chancadoras (Cosapi y Johesa) en las cuales se procesaron los agregados. En la Figura N°5.26 se puede observar el programa de procesamiento de agregados, según el cual se procesarían hasta agosto del 2013.

PROGRAMA DE PROCESAMIENTO DE AGREGADOS						
	VOL. SUELTO REQUERIDO (M3)	REND. (M3/HR)	VOL. SUELTO PRODUCIDO (M3)	JUNIO	JULIO	AGOSTO
BASE	78,753.28					
Chancadora Metso - Cosapi		70.00	78,624.00	26,208.00	26,208.00	26,208.00
Dobre Turno		126.00				
CONCRETO	11,390.21					
Arena Chancada Concreto	4,700.59					
Piedra Chancada Concreto	6,689.62					
Chancadora Metso - Johesa		40.00		4,000.00		
Arena Chancada Concreto		26%	1,040.00	1,040.00		
Piedra Chancada Concreto		74%	2,960.00	2,960.00		
ASFALTO						
Arena Lavada Asfalto	4,321.57					
Arena Chancada Asfalto	6,302.64					
Chancadora Metso - Johesa		40.00		4,000.00	8,000.00	7,200.00
Arena Chancada Concreto		28%	5,376.00	1,120.00	2,240.00	2,016.00
Piedra a Reprocesar		72%	13,824.00	2,880.00	5,760.00	5,184.00
				↓	↓	↓
Chancadora Terciaria - Johesa		37.00		2,880.00	5,760.00	5,184.00
Arena Chancada Asfalto		32%	4,483.46	934.05	1,868.11	1,681.30
Piedra Chancada Asfalto		68%	9,340.54	1,945.95	3,891.89	3,502.70
			Procesado	Requerido	Exceso	
			Chanc. Secundaria	1,040.00		
			Chanc. Secundaria	5,376.00		
			Arena Ch. Concreto	6,416.00	4,700.59	1,715.41
			Chanc. Secundaria	2,960.00		
			Chanc. Terciaria	9,340.54		
			Piedra Ch. Concreto	12,300.54	6,689.62	5,610.92
			Arena Ch. Asfalto	4,483.46	6,302.64	-1,819.18
Reprocesar por Terciaria					5,610.92	
Arena Chancada Asfalto		32%			1,819.76	
Piedra Chancada Asfalto		68%			3,791.17	
Desperdicio					5,507.15	Opción colocar en base
Requerimiento de Over				34,208.00	34,208.00	33,408.00

Figura N°5.26 Programa de procesamiento de agregados junio 2013

Fuente: Elaboración propia.

Al término de junio se actualizó el programa de explotación y procesamiento de agregados, para el cual se tenía una mayor experiencia para su elaboración y se pudo hacer de una manera más ágil. La elaboración de este nuevo programa significó ampliar el tiempo que se tenía previsto en el programa del mes anterior, ya que se tuvo una menor producción de las chancadoras de lo que se tenía previsto, lo cual se podrá ver con mayor detalle en la medición del PAC y el análisis de las causas de no cumplimiento. En la Figura N°5.27 se muestra el requerimiento de agregados y el volumen de explotación de canteras y en la Figura N°5.28 se muestra el nuevo programa de procesamiento de agregados a partir de julio del 2013.

RESUMEN DE REQUERIMIENTO DE AGREGADOS Y VOLUMEN DE EXPLOTACIÓN DE CANTERAS												
AGREGADOS	CARACTERÍSTICAS	VOL REQUERIDO CONTRACTUAL (M3)	VOL REQUERIDO REPLANTEADO (M3)	VOL TOTAL SUELTO (M3)	% DE AVANCE	EJECUTADO AL 30 DE JUNIO	SALDO POR COLOCAR EN PISTA SUELTO	STOCK EN ACOPIOS MATERIALES PROCESADOS	SALDO DE MATERIALES POR PRODUCIR			
									ARENA (ARENISCA)	ZARANDEADO (CALIZA)	OVER (CALIZA)	
TERRAPLENES		72,110	66,465	99,698	83%	82,251	17,447					
MEJORAMIENTO		72,117	216,662	324,993	79%	257,719	67,273					
BANQUETAS DE RELLENO		8,063	8,063	12,095	75%	9,075	3,020					
MEJORAMIENTO MSR		7,172	7,172	10,041	53%	5,332	4,710					4,710
									16,201	34,559		38,977
RELLENO OA		42,726	45,473	68,210	88%	60,161	8,049		3,622	4,427		
RELLENO MSR		34,721	34,721	52,082	76%	39,702	12,380		6,190	6,190		
CONCRETO	Arena Chancada	22,131	22,824	14,379	60%	8,627	5,752	1,982				3,789
	Piedra Chancada			17,574	60%	10,571	7,003	1,883			5,121	
ASFALTO	Arena Natural			7,630	30%	2,304	5,326	764				4,562
	Arena Chancada	28,187	28,258	19,074	30%	5,759	13,315	4,701				8,613
	Piedra Chancada			15,683	30%	4,735	10,948	11,157				(209)
BASE		103,498	104,189	155,247	48%	74,108	81,140	31,352				49,788
GAVIÓN		10,442	10,442	13,575	69%	9,289	4,276					4,276
EMSR		6,607	6,607	8,589	76%	6,528	2,061					2,061
PIEDRA PARA EMBOQUILLADO		1,677	1,677	2,180	65%	1,417	763					763
PIEDRA PARA CONCRETO CICLÓPEO		2,370	2,370	3,081	97%	2,989	93					93
FILTRO		13,374	13,374	17,386	56%	9,801	7,585		7,585			
TOTAL				841,617		690,377	261,140	61,839	33,698	46,176		116,962
STOCK EN ACOPIOS DE MATERIALES ZARANDEADOS									2,735	26,439	2,026	
SALDO POR PRODUCIR									30,863	19,737	113,937	M3
FACTOR DE ZARANDEO DE OBTENCIÓN DE OVER												0.66
VOL EXPL. SUELTO												207,158 M3
2.8/1.8												1.4
REQUERIMIENTO EN BANCO												157,759 M3
ZARANDEADO PROCESADO												93,221 M3
ZARANDEADO REQUERIDO												19,737 M3
EXCESO DE ZARANDEADO												73,484 M3

Figura N°5.27 Resumen de requerimiento de agregados y volumen de explotación de canteras julio 2013
Fuente: Elaboración propia.

PROGRAMA DE PROCESAMIENTO DE AGREGADOS						
	VOL. SUELTO REQUERIDO (M3)	REND. (M3/HR)	VOL. SUELTO PRODUCIDO (M3)	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE
REQUERIMIENTO EN BANCO (CANTERAS)	157,759.05			57,999.65	57,999.65	41,759.75
BASE	49,788.41					
Chancadora Metso - Cosapi		70.00	50,008.00	21,000.00	26,208.00	2,800.00
Doble Tumo		126.00				
CONCRETO	8,889.97					
Arena Chancada Concreto	3,769.36					
Piedra Chancada Concreto	5,120.61					
Chancadora Metso - Johesa		40.00				
Arena Concreto		26%	880.00			
Piedra Concreto		74%	1,621.00			
ASFALTO						
Arena Lavada	4561.67					
Arena Chancada	8613.36					
Chancadora Metso - Johesa		40.00		7,200.00	14,400.00	6,240.00
Arena Chancada Concreto		28%	7,795.20	2,016.00	4,032.00	1,747.20
Piedra a Reprocesar		72%	16,051.80	5,184.00	10,368.00	4,492.80
				↓	↓	↓
Chancadora Terciaria - Johesa		37.00		5,184.00	10,368.00	4,492.80
Arena Chancada Asfalto		32%	6,501.02	1,681.30	3,362.59	1,457.12
Piedra Chancada Asfalto		68%	10,516.08	3,502.70	7,005.41	3,035.68
			Procesado	Requerido	Exceso	
			Chanc. Secundaria	880.00		
			Chanc. Secundaria	7,795.20		
			Arena Ch. Concreto	8,676.20	3,769.36	4,905.84
			Chanc. Secundaria:	1,621.00		
			Chanc. Terciaria	10,516.08		
			Piedra Ch. Concreto	12,137.08	5,120.61	7,016.47
			Arena Ch. Asfalto	6,501.02	8,613.36	-2,112.35
Reprocesar por Terciaria						7,016.47
Arena Chancada Asfalto		32%				2,275.61
Piedra Chancada Asfalto		68%				4,740.86
Desperdicio						9,809.96 Opción colocar en base
Requerimiento de Over				28,200.00	40,608.00	9,040.00

Figura N°5.28 Programa de procesamiento de agregados julio 2013

Fuente: Elaboración propia.

Luego se comenzó a actualizar tanto el requerimiento de agregados y volumen de explotación de canteras como el programa de procesamiento de agregados con mayor frecuencia, esto debido a que en los últimos meses del proyecto se necesita hacer un seguimiento más minucioso del volumen pendiente por explotar en las canteras, ya que de este volumen depende la forma en la que se terminará de explotar la cantera para su conformación final y devolución a su propietario; y en el caso de las plantas industriales permitirá determinar hasta qué fecha serán alquiladas, para hacer de conocimiento a sus propietarios y además se pueda programar su devolución. En el Cuadro N°5.4 se muestra las fechas en las que se continuó actualizando el requerimiento de agregados y volumen de explotación de canteras y el programa de procesamiento de agregados, como se puede ver a medida que se va llegando al final del proyecto es necesario actualizaciones más continuas.

Cuadro N°5.4 Fechas de actualización para la explotación de canteras

Fechas de Actualización para la Explotación de Canteras y Procesamiento de Agregados
17 de julio del 2013
04 de agosto del 2013
18 de agosto del 2013
28 de agosto del 2013
13 de setiembre del 2013
23 de setiembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

La planificación de la producción de las canteras y plantas industriales es de vital importancia en las obras de carretera, ya que estas abastecen de material a otras especialidades. En el proyecto la elaboración de los programas antes mostrados le servían a los ingenieros para:

- Identificar las restricciones que pudieran tener para cumplir con la producción que solicitan las otras especialidades.
- Determinar todos los recursos necesarios para conseguir la producción programada: equipos, mano de obra, materiales y en el caso de las canteras programar junto con el subcontratista las voladuras.
- Hacer las coordinaciones necesarias con los demás ingenieros en caso se tenga que compartir los recursos, restringir los pases si la cantera se encuentra al lado de la vía, etc.

5.3.8 Planificación Intermedia

Para llevar a cabo la planificación intermedia previamente el área de Control de Proyectos seleccionó un formato en Excel diferente a los que se habían utilizado anteriormente, con los cuales se había tenido inconvenientes. Este formato ya se había aplicado anteriormente en una obra de carretera y era mucho más comprensible para todo el que lo use.

El formato consta de tres partes en diferentes pestañas: Notas (indicaciones de uso), el Programa Intermedio y el Análisis de Restricciones. Para el Programa Intermedio el intervalo de tiempo establecido para analizar las actividades fue de 4 semanas. Para calcular este período se consideró el tiempo de respuesta por parte de los proveedores de los materiales y equipos más críticos, así como los procesos administrativos más extensos, por ejemplo: transporte e instalación de

una planta de asfalto, alquiler de cunetera, compra de gaviones, permisos para almacenamiento de combustible, etc. El formato del programa de 4 semanas se puede ver en la Figura N°5.29.

GECIA DE GESTIÓN DE OPERACIONES PROGRAMA 4 SEMANAS										CLIENTE: M.T.C. PROVINAS NACIONAL											
HOMBRE DEL PROYECTO: CARRETERA CAJAMARCA-CELENDIN										Resultado:											
UBICACIÓN: Tramo 1										Fecha:											
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROG. INICIO	METRADO UND	METRADO TOTAL UND	EJECUTADO UND	EJECUTAR UND	SEMANAS							RESTRICCIONES							
							SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4								
								L	M	N	J	V	S	D	Diario	Mañanero	No	Equipo y Herr.	Presupuesto	Pendientes	Otras
1.0	CORTE EN EXPLANACIONES Y ELIMINACIÓN DE DERRUMBES																				
1.01	Corte en Material Suelto, Roca, Bancha y Bosa Fir	58-500	m ³	10,233	4,371	1,883															
1.01.01	Corte en MS (S) (S)	58-500	m ³	270,165	2,885																
1.01.02	Corte en MS (S) (S)	58-500	m ³	270,165	2,885																
1.02	Eliminación de Derrumbes	58-500	m ³	1,500	0	1,500															
1.02.01	Derrumbes	58-500	m ³	1,500	0	1,500															
2.0	MEJORAMIENTO, TERMOPLÉN Y BANQUETAS																				
2.01	Mejoramiento a Nivel Subbase (E.L., Mejoramiento, Terrapleno y Banqueta)	54-000	m ³	28,891	19,184	9,716															
2.01.01	Mejoramiento	54-480	m ³	9,344	3,658	5,708															
2.01.02	Mejoramiento	57-200	m ³	10,173	7,483	2,690															
2.01.03	Mejoramiento	57-200	m ³	10,173	7,483	2,690															
2.01.04	Mejoramiento	59-000	m ³	10,173	2,013	8,160															
3.0	BASE																				
3.01	Base Granular	61-500	m	3,550	0,00	3,550															
3.01.01	Base Granular	61-500	m	3,550	0,00	3,550															
PERSONAL PROTEGIDO										PERSONAL PROTEGIDO											
PERSONAL SEGÚN PROGRAMA										PERSONAL SEGÚN PROGRAMA											
DIFERENCIA DE PERSONAL										DIFERENCIA DE PERSONAL											
ELABORADO POR:										APROBADO POR:											
Nombre										Nombre											
Cargo										Cargo											
Fecha										Fecha											
Leyenda:										Leyenda:											
Tiene NO Demanda										Tiene Demanda											
Tiene Demanda										Tiene Demanda											
OK Condición liberada										OK Condición liberada											
NA No aplica										NA No aplica											

Figura N°5.29 Formato del programa 4 semanas

Fuente: Elaboración propia.

En la parte superior van los datos del proyecto, el área encargada de la elaboración, la especialidad, el período de tiempo que abarca el programa, la ubicación ya que la carretera fue dividida en dos tramos, el número y fecha de revisión.

En la parte central-izquierda se enumeran y describen las tareas, se colocan las progresivas de inicio y fin, las unidades, el metrado total, ejecutado y por ejecutar, el cual es el que se programa.

En la parte central-derecha se programa el metrado a ejecutar de las tareas en las siguientes cuatro semanas y en el extremo se tiene un resumen del análisis de restricciones que se hará en otra vista, y que asigna un color rojo a aquellas tareas que tienen restricciones y verde a aquellas que son posibles de ejecutar y forman parte del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).

En la parte inferior se tiene una fila para colocar el personal proyectado y según el programa por día, y en la siguiente fila se calcula la diferencia. En este caso no se utilizaron estas filas ya que no se hizo el análisis de personal por tareas. También se coloca los nombres, cargos y fechas de elaboración y aprobación. Finalmente se tiene una pequeña leyenda para diferenciar las actividades liberadas de las que no lo están y los estados de las restricciones.

El formato de análisis de restricciones se puede ver en la Figura N°5.30.

CONSORCIO Luz S.A.		GERENCIA DE GESTIÓN DE OPERACIONES ANÁLISIS DE RESTRICCIONES		NOMBRE DEL PROYECTO: CARRETERA CAJAMARCA-CELENDÍN		CLIENTE: M.T.C. PROVIAS NACIONAL					
ÁREA FUNCIONAL PRODUCCIÓN		ESPECIALIDAD: EXPLANACIONES PROGRAMA DEL 03 AL 30 DE JUNIO DEL 2013		UBICACIÓN: Tramo 1		Revisión: 0 Fecha:					
Ítem	Descripción de la Tarea	Restricción		Responsable		Liberación				Comentarios	
		Descripción	Tipo	Área Funcional	Persona	Estado	Fecha Requerida	Fecha Efectiva	Fecha Creación		Tiempo de Liberación
2.01.01	Mejoramiento	Falta liberación de área con propietario	Pre-requisito	Relaciones Comunitarias	CG	LIBERADA	31/05/2013	28/05/2013	25/05/2013	3	Se firmó el documento
1.01.02	Corte en MS, RS y RF	Falta resultados de examen médico de operador de excavadora	MO	RRHH	LV	NO LIBERADA	08/06/2013		01/06/2013		Solicitar a la clínica contratada
2.01.04	Mejoramiento	Excavadora inoperativa	Eqúp y Herr.	Control de Proyectos	FV	NO LIBERADA	07/06/2013		01/06/2014		Exigir la reparación al proveedor
TIPOS DE RESTRICCIONES		ÁREA	TITULAR	RELEVO 1	INICIALES	ELABORADO POR:					
Diseño	Gerencia de Proyecto	Juan Cerrato	JC	NOMBRE :							
Materiales	Residencia	Jorge Zuazo	JZ	CARGO : Ing. de Producción							
MO	Oficina Técnica	José Estrada	JE	FECHA :							
Eqúp y Herr.	Jefatura de Producción Tramo 1	Lino Espinoza	LE	APROBADO POR:							
Pre-requisito	Jefatura de Producción Tramo 2	Jorge Benavente	JB	NOMBRE :							
Permisos	Carteras y Plantas Industriales	Franco Mercado	FM	CARGO : Gerente de Construcción							
Calidad	Transporte	Jorge Reyes	JR	FECHA :							
Otros	Control de Proyectos	Freddy Velille	FV	FIRMA:							
	Administrador de Obra	Mauro Mendoza	MM								
	Logística	José Jaramillo	JJ								
	RRHH	Lucio Vafadares	LV								
	Control de Calidad	José Ríos	JR								
	Gestión de Calidad	Elizabeth Espinoza	EE								
	Seguridad	Efrén Flores	EF								
	Medio Ambiente	Carlos Ventura	CV								
	Relaciones Comunitarias	César García	CG								
						Fecha:					

Figura N°5.30 Formato del análisis de restricciones

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la parte inferior del formato se hace una lista de los tipos de restricciones que se podrían encontrar en la obra, en este caso se escogió siete tipos y uno adicional que engloba a otros que no se puedan

clasificar. Además se hace una lista de todas las áreas involucradas en el proyecto y sus responsables con sus iniciales, para poder identificarlos en la parte superior.

Para hacer el análisis de restricciones primero se coloca el código o ítem de las tareas que tengan restricciones, automáticamente aparece la descripción de la tarea del programa 4 semanas, se hace una descripción de las restricciones y elige el tipo, luego se elige el área funcional encargada de levantar la restricción y aparece el responsable de la lista elaborada anteriormente. Como siguiente paso se coloca la fecha requerida para que sea liberada la restricción, esta fecha es propuesta por producción y determinada finalmente con la participación de todas las áreas involucradas. La fecha de creación es el día en el cual se identifica la restricción y la fecha efectiva el día que se levanta la restricción. Automáticamente aparece el estado de las restricciones y el tiempo de liberación. Finalmente hay una columna de comentarios donde se puede poner algunas observaciones que pudieran ser útiles. Adicionalmente en la fecha requerida aparece una alerta (se pone de color rojo) si la fecha de revisión de las restricciones es igual o posterior a la fecha requerida.

El análisis de restricciones es elaborado por los ingenieros de producción con la participación de las demás áreas y debe ser aprobada por el Gerente de Construcción.

El uso de los formatos descritos para elaborar el programa intermedio y el análisis de restricciones en el proyecto se detalla a continuación:

a) Programa Intermedio

El primer programa intermedio se elaboró en la primera reunión de planificación de la implementación del Sistema del Último Planificador el 01 de junio del 2013, donde se programó las tareas a partir del 03 de junio del 2013. La implementación del programa intermedio no fue inmediata, sino que se pasó por varias etapas de aprendizaje y mejoramiento. A continuación se describirá cada etapa que se pasó y cómo fue mejorando la implementación.

Primera Etapa: Del 03 al 30 de junio del 2013

En esta etapa, durante cuatro semanas se elaboraron los programas intermedios con el período de programación de cuatro semanas. En el Cuadro N°5.5 se muestra el resumen de las fechas de programación.

Cuadro N°5.5 Primera etapa de la programación intermedia

Semana	Período de Programación
1	Del 03 al 30 de junio del 2013
2	Del 10 de junio al 07 de julio del 2013
3	Del 17 de junio al 14 de julio del 2013
4	Del 24 de junio al 21 de julio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Cada semana se elaboraron 6 programas intermedios de acuerdo a las especialidades: Explanaciones del Tramo I, Explanaciones del Tramo II, Obras de Arte Tramo I, Obras de Arte Tramo II, Pavimento Asfáltico y Canteras y Plantas Industriales.

Para la elaboración de estos programas intermedios se siguieron los siguientes pasos:

- Se tomó como base el Diagrama Tiempo Camino Revisión 10, el Requerimiento de Agregados y Volumen de Explotación de Canteras Junio 2013 y el Programa de Procesamiento de Agregados Junio 2013.
- Del Diagrama Tiempo Camino se tomaron las actividades correspondientes a explanaciones, obras de arte y pavimentos en el período de programación intermedia. Para ingresar las actividades del Diagrama Tiempo Camino algunas se mantuvieron, juntaron y otras se disgregaron, con el objetivo de tener una mayor facilidad de control. Por ejemplo: el corte en material suelto y roca suelta se unió con el corte en roca fija, ya que en el terreno se encontraban los tres tipos de materiales juntos; el mejoramiento de suelos se unió con el relleno (terraplenes y banquetas), ya que los tres se ejecutan simultáneamente, y se separó la colocación de los últimos 15 cm para llegar al nivel de subrasante, ya que éstos se controlaban mejor linealmente; por otro lado en el caso de las alcantarillas de TMC, que en el Diagrama Tiempo Camino aparece como una línea vertical, se disgregaron en tres tareas: excavación-colocación-relleno del TMC, obra de concreto y relleno de estructuras de entrada y salida. Finalmente se agregaron actividades no

consideradas en el Diagrama Tiempo Camino, debido a que no se conoce exactamente su metrado ni se pueden predecir como es el caso de los derrumbes. Con esto se definieron en el programa intermedio todas las tareas que se debían hacer según el cronograma maestro.

- Con los ratios reales de las cuadrillas en obra se distribuyeron los metrados a ejecutar, y siguiendo la secuencia de trabajo del Diagrama Tiempo Camino se ajustaron las fechas de inicio y fin de todas las tareas tratando de mantener fijos los hitos principales.
- Para definir las tareas de la semana siguiente, los ingenieros de producción seleccionaban aquellas que creían eran posibles de ejecutar y las que no, eran programadas a partir de la semana subsiguiente. Es decir, no se hacía el análisis de restricciones, ni se determinaba el Inventario de Trabajo Ejecutable, por lo tanto, las tareas a ejecutar la semana siguiente no cumplían con los requisitos para ser asignaciones de calidad, y sólo se basaban en el criterio de los ingenieros.

De los seis programas intermedios elaborados cada semana, en la Figura N°5.31 se muestra parte del programa 4 semanas de obras de arte del tramo I del 10 de junio al 07 de julio del 2013.

Un error que se tuvo en esta etapa fue haber programado trabajos los domingos; a pesar que los ingenieros de producción tengan pensado trabajar los domingos, en la programación sólo se debe considerar los días útiles, y utilizar los domingos como una reserva cuando no se ha cumplido con la meta de avance semanal.

Como se puede ver en la Figura N°5.31 todas las tareas aparecen como liberadas, ya que no se utilizó el formato de análisis de restricciones vinculado, mostrado anteriormente. Sin embargo, en esta etapa se estuvo utilizando otro formato por separado que se verá en el proceso de mejora del análisis de restricciones.

Segunda Etapa: Del 01 al 13 de julio del 2013

Para esta etapa, según lo acordado se debía tener una nueva revisión del Diagrama Tiempo Camino y tomarlo como base para la programación intermedia. Sin embargo, en la reunión de planificación del 30 de junio se decidió programar el saldo de los trabajos hasta el final de la obra en el formato de programación intermedia, esto debido a que la mayoría de los trabajos a ejecutar por la empresa serían hasta la quincena de setiembre, quedando sólo los trabajos de asfalto, y los demás trabajos correspondientes a la señalización serían subcontratados. Por lo tanto a partir del 01 de julio se programó todo el saldo de la obra, pero para la planificación intermedia sólo se consideraban las cuatro semanas como se había venido haciendo. En el Cuadro N°5.6 se muestra el resumen de las fechas de programación.

Cuadro N°5.6 Segunda etapa de la programación intermedia

Semana	Período de Programación
1	Del 01 al 27 de julio del 2013
2	Del 08 de julio al 03 de agosto del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Cada semana se elaboraron 5 programas intermedios de acuerdo a las especialidades: Explanaciones y Pavimentos del Tramo I, Explanaciones y Pavimentos del Tramo II, Obras de Arte Tramo I, Obras de Arte Tramo II y Canteras y Plantas Industriales.

Para la elaboración de estos programas intermedios se siguieron los siguientes pasos:

- De la programación de todo el saldo de obra que se tenía en el formato de programación intermedia, se mostraba sólo las siguientes cuatro semanas.
- Todavía no se utilizaba el formato de análisis de restricciones vinculado y se continuó utilizando un formato por separado. Por lo tanto, igual que en la etapa anterior, para determinar los trabajos a ejecutar en la semana siguiente sólo se seguía el criterio de los ingenieros de producción.

De los cinco programas intermedios elaborados cada semana, en la Figura N°5.32 se muestra una parte del programa 4 semanas de explanaciones y pavimentos del tramo II del 01 al 27 de julio del 2013.

comenzó a hacer el análisis de restricciones en el mismo archivo de la programación, lo cual permitía diferenciar las tareas liberadas de restricciones de las que no. Sin embargo, se tenían algunas deficiencias en este análisis de restricciones, debido a que se estaba comenzando con su uso y los ingenieros de producción todavía no cumplían con una de las bases del Sistema del Último Planificador que consiste en que sólo aquellas tareas libres de restricciones deben entrar en el programa semanal, por lo tanto, en esta etapa se vio que en los programas semanales aparecían tareas con restricciones no liberadas. En el Cuadro N°5.7 se muestra el resumen de las fechas de programación.

Cuadro N°5.7 Tercera etapa de la programación intermedia

Semana	Período de Programación
1	Del 15 de julio al 10 de agosto del 2013
2	Del 29 de julio al 24 de agosto del 2013
3	Del 05 al 31 de agosto del 2013
4	Del 12 de agosto al 07 de setiembre del 2013
5	Del 19 de agosto al 14 de setiembre del 2013
6	Del 26 de agosto al 21 de setiembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Cada semana se elaboró un programa intermedio: Total Obra, que involucraba todas las especialidades de trabajos, y para la programación semanal de las canteras y plantas industriales se tomaba directamente de los programas de explotación de canteras y procesamiento de agregados, que como ya se vio se comenzaron a actualizar con mayor frecuencia a partir de mediados de julio. Para la elaboración de estos programas intermedios se siguieron los siguientes pasos:

- Se dividió la programación intermedia en tramos, y en cada tramo se programó en orden de ejecución las tareas pendientes de todas las especialidades hasta el asfaltado, la señalización todavía no se consideró.
- Al tener todos los tramos y especialidades juntas, se verificaba que la secuencia de trabajos de toda la obra sea la correcta.
- Se hacía el análisis de restricciones, y diferenciaba las tareas liberadas de restricciones de las que no.

- Los ingenieros de producción determinaban las tareas a ejecutar en la semana siguiente, de las cuales la mayoría estaban libres de restricciones, pero otras sí tenían, lo cual todavía estaba en proceso de mejora.

Del programa intermedio elaborado cada semana, en la Figura N°5.33 se muestra una parte del programa 4 semanas total obra del 26 de agosto al 21 de setiembre del 2013.

CONSORCIO		GERENCIA DE GESTION DE OPERACIONES										NOMBRE DEL PROYECTO:																
ÁREA FUNCIONAL:		ESPECIALIDAD: TOTAL OBRA										CARRERA CAJAMARCA-CELENDÍN																
PRODUCCIÓN		PROGRAMA DEL 26 DE AGOSTO AL 21 DE SETIEMBRE DEL 2										UBICACIÓN:																
ITEM	DESCRIPCIÓN	PROG. INICIO	PROG. FIN	UND	METRADO TOTAL UND	METRADO POR EJECUTAR UND	SEMANA 91							SEMANA 92					SEMANA 93					SEMANA 94				
							Agosto							Setiembre					Setiembre					Setiembre				
							L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L
26	27	28	29	30	31	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1.0	Tramo Asfaltar Km 65+435 @ Km 61+650																											
1.1	Asfalto	63+885	61+650	m	2,235	600																						
2.0	Tramo Asfaltar Km 58+480 @ Km 52+000																											
2.1	Imprimación	55+750	52+000	m	3,750	1,610																						
2.2	Conetes Triangulares Tipo II	55+820	52+000	m	4,118	2,618																						
2.3	Conetes Triangulares Tipo II	55+025	55+530	m	102	102																						
2.4	Conetes Triangulares Tipo II	55+814	52+780	m	1,207	737																						
2.5	Asfalto	58+450	52+000	m	6,450	6,450																						
3.0	Tramo Asfaltar Km 61+650 @ Km 58+480																											
3.1	Alcantarilla Km 59+640			und	1	1																						
3.2	Alcantarilla Km 59+490			und	1	1																						
3.3	Alcantarilla Km 59+630			und	1	1																						
3.4	Alcantarilla Km 59+820			und	1	1																						
3.8	Muro Suelo Reforzado	59+750	59+920	m3	1,138	1,138																						
3.9	Muro Suelo Reforzado	61+060	61+080	m3	604	604																						
3.10	Muro Suelo Reforzado	61+110	61+130	m3	315	315																						
3.11	SubDren	59+750	59+817	m	92	92																						
3.12	SubDren	61+110	61+217	m	132	132																						
3.13	Muro Gavión	59+680	59+690	m3	210	210																						
3.14	Muro Gavión	60+540	60+570	m3	53	53																						
3.15	Muro Gavión	61+210	61+310	m3	350	350																						
3.16	Muro Concreto Armado	60+610	60+647	m3	63	30																						
3.17	Subrasante	58+480	58+840	m	360	360																						
3.18	Subrasante	59+800	60+500	m	600	300																						
3.19	Subrasante	59+500	59+900	m	400	400																						
3.20	Subrasante	60+500	61+500	m	1,000	1,000																						
3.21	Base 1	58+480	59+500	m	1,020	1,020																						
3.22	Base 2	59+500	60+500	m	1,000	1,000																						
3.23	Base 3	60+500	61+650	m	1,150	1,150																						
PERSONAL PROYECTADO																												
PERSONAL SEGUN PROGRAMA																												
DIFERENCIA DE PERSONAL																												
ELABORADO POR:														APROBADO POR:										Legenda:				
Nombre : Producción														Nombre : Jorge Zurco										Tarea NO liberada				
Cargo : Ing. de Producción														Cargo : Jefe de Producción										Tarea liberada				
Fecha : 24/09/2013														Fecha : 24/09/2013														

Figura N°5.33 Vista del programa 4 semanas total obra del 26 de agosto al 21 de setiembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Los trabajos que se consideraron dentro del programa semanal a pesar de tener restricciones fueron asfalto, imprimación, base y subdrenes. Esto se hizo porque se encontraban dentro de la ruta crítica de la obra, y se consideró que no debían postergarse.

Cuarta Etapa: Del 02 al 28 de setiembre del 2013

Para esta etapa se mejoraron algunas deficiencias de la etapa anterior. Luego de realizar el análisis de restricciones, en la programación intermedia de cuatro semanas sólo se mantenían las tareas libres de restricciones y aquellas que se

podían liberar en el período del programa, sin embargo, también se consideraron aquellas tareas cuyas restricciones probablemente no podían ser removidas totalmente durante las siguientes cuatro semanas, pero que debido a ser críticas sobre todo para la ejecución de las tareas posteriores, no se debían perder de vista, las demás eran reprogramadas a partir de la quinta semana. Con este análisis automáticamente se obtenía el Inventario de Trabajo Ejecutable y finalmente se verificaba que en el programa de la semana siguiente sólo hubiera tareas libres de restricciones, si en caso se hallaban algunas con restricciones, éstas eran reprogramadas y se ajustaba la programación intermedia. Con esto ya se cumplía en gran medida con las bases o principios del Sistema del Último Planificador para la programación intermedia de los trabajos de la empresa, sin embargo, en esta etapa se inició con la señalización ejecutada por un subcontratista, y esos trabajos todavía no se consideraron dentro de la planificación intermedia porque se asumió que el subcontratista era autosuficiente y no se iba a tener problemas con su cumplimiento en las fechas estipuladas. Durante el proyecto se había tenido subcontratistas para voladuras y obras de arte, sin embargo, sus trabajos estaban a cargo del ingeniero de producción que estaba relacionado directamente con ellos y no se consideraban por separado, en cambio para el caso de la señalización, eran actividades no relacionadas con las demás especialidades. En el Cuadro N°5.8 se muestra el resumen de las fechas de programación de esta etapa.

Cuadro N°5.8 Cuarta etapa de la programación intermedia

Semana	Período de Programación
1	Del 02 al 28 de setiembre del 2013
2	Del 09 de setiembre al 05 de octubre del 2013
3	Del 16 de setiembre al 12 de octubre del 2013
4	Del 23 de setiembre al 19 de octubre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Cada semana se elaboró un programa intermedio de la misma manera que en la etapa anterior. Con respecto a la señalización sólo se colocó como referencia en el programa.

Como en la programación intermedia se tenía todo el saldo de obra (excepto la señalización), sólo había que actualizar los trabajos ejecutados y se tenía el saldo actualizado.

Del programa intermedio elaborado cada semana, en la Figura N°5.34 se muestra una parte del programa 4 semanas total obra del 16 de setiembre al 12 de octubre del 2013.

CONSORCIO		GERENCIA DE GESTION DE OPERACIONES PROGRAMA 4 SEMANAS														NOMBRE DEL PROYECTO: CARRETERA CAJAMARCA-CELENDÍN													
ÁREA FUNCIONAL:		ESPECIALIDAD: TOTAL OBRA PROGRAMA DEL 16 DE SETIEMBRE AL 12 DE OCTUBRE 2013														UBICACIÓN: Tramo 1 y 2													
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PROG. INICIO	PROG. FIN	UND	METRADO TOTAL UND.	METRADO POR EJECUTAR UND.	SEMANA 94							SEMANA 95					SEMANA 96					SEMANA 97					
							Setiembre							Setiembre					Setiembre/Octubre					Octubre					
							L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
1.0 Tramo Asfaltar Km 61+650 @ Km 58+170																													
1.1	Subrasante	60+800	61+600	m	800	100																							
1.2	Baso	61+000	61+650	m	650	650																							
1.3	Imprimación	58+480	61+650	m	2,190	2,190																							
1.4	Cunetas Triangulares Tipo II	59+630	59+450	m	820	820																							
1.5	Cunetas Triangulares Tipo II	59+820	59+870	m	145	145																							
1.6	Cunetas Triangulares Tipo II	61+650	59+630	m	1,810	1,810																							
1.7	Cunetas Triangulares Tipo II	60+440	60+270	m	151	151																							
1.8	Cunetas Triangulares Tipo II	59+820	59+870	m	256	256																							
1.8	Asfalto	61+650	58+170	m	3,480																								
2.0 Tramo Asfaltar Km 78+900 @ Km 62+300																													
2.1	Muro de Concreto Armado	79+280	79+295	m3	36	36																							
2.2	Imprimación	80+000	81+450	m	1,450	1,250																							
2.3	Cunetas Triangulares Tipo I	79+980	80+450	m	450	450																							
2.4	Cunetas Triangulares Tipo II	80+450	81+570	m	730	730																							
2.5	Cunetas Triangulares Tipo II	80+700	80+995	m	127	127																							
2.6	Asfalto	78+900	79+980	m	1,080	1,080																							
2.7	Asfalto	81+650	82+300	m	750	750																							
2.8	Asfalto	79+680	81+650	m	1,570	1,570																							
3.0 Tramo Asfaltar Km 92+120 @ Km 94+775																													
3.1	Mejoramiento	93+200	94+450	m3	3,338	1,500																							
3.2	Colector Drenaje Tipo I	92+665	93+080	m	415	49																							
3.3	Colector Drenaje Tipo I	94+220	94+740	m	320	320																							
3.4	Cunetas Rectangulares Tipo IV	92+285	92+730	m	445	445																							
3.5	Cunetas Rectangulares Tipo IV	93+300	93+430	m	130	130																							
3.6	Cunetas Rectangulares Tipo IV	93+700	93+900	m	200	200																							
3.7	Cunetas Rectangulares Tipo IV	94+050	94+420	m	515	515																							
3.8	Subrasante 3	92+670	93+080	m	410	410																							
3.9	Subrasante 4	93+450	94+775	m	1,325	325																							
3.10	Baso	93+080	94+450	m	1,370	1,370																							
3.11	Baso	92+670	93+080	m	410	410																							
3.12	Baso	94+450	94+775	m	325	325																							
3.13	Imprimación	93+080	94+450	m	1,370	1,370																							
3.14	Imprimación	92+670	93+080	m	410	410																							
3.15	Imprimación	94+450	94+775	m	325	325																							
3.16	Cunetas Triangulares Tipo I	92+221	92+285	m	64	64																							
3.17	Cunetas Triangulares Tipo I	92+190	92+665	m	315	315																							
3.18	Cunetas Triangulares Tipo I	93+197	93+707	m	410	410																							
3.19	Cunetas Triangulares Tipo II	92+815	94+640	m	365	365																							
3.20	Cunetas Triangulares Tipo V	91+820	91+860	m	40	40																							
3.23	Veredas	91+659	92+807	m	370	370																							
3.25	Enchamado de Buzones	92+120	94+775	und	36	36																							
4.0 Trabajos Complementarios																													
4.8	Señalización																												
PERSONAL PROYECTADO PERSONAL SEGUN PROGRAMA DIFERENCIA DE PERSONA																													
ELABORADO POR: Nombre : Producción Cargo : Ing. de Producción Fecha : 14/09/2013														APROBADO POR: Nombre : Jorge Zuazo Cargo : Jefe de Producción Fecha : 14/09/2013															
Leyenda: Tarea NO liberada [] Tarea liberada []																													

Figura N°5.34 Vista del programa 4 semanas total obra del 16 de setiembre al 12 de octubre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la Figura N°5.34 todas las tareas dentro del programa de la semana siguiente están libres de restricciones. Además a partir de la tercera semana ya van disminuyendo los trabajos a ejecutar por la empresa, ya que la mayoría serán de señalización a cargo del subcontratista, los cuales sólo se muestran como referencia, es decir, sin los metrados (en la última fila del programa).

Quinta Etapa: Del 30 de setiembre al 19 de octubre

En las reuniones diarias de PAC y las semanales de planificación se vio que el subcontratista de señalización (CAR) estaba presentando demoras en el avance de algunas partidas y en el inicio de otras, y siendo la señalización la última especialidad y de la cual ahora dependía la finalización del proyecto, se decidió incluir al subcontratista dentro de la implementación del Sistema del Último Planificador. Según el sistema todos los involucrados deben participar, esto incluye a los subcontratistas, lo cual es de vital importancia; pues esto quedó demostrado en el proyecto y fue un error no haberlo incluido desde el inicio de sus trabajos, ya que en su mayoría los subcontratistas aplican un sistema de planificación tradicional y es necesario involucrarlos en el sistema de planificación del proyecto, para así poder monitorear sus trabajos, conocer sus restricciones, ver si es necesario la intervención de la empresa, hacer que se involucren con los objetivos de todos, y de esa manera poder asegurar que cumplan con los plazos previstos. Para incluir los trabajos de señalización Control de Proyectos solicitó los metrados a Oficina Técnica y los incluyó en la programación total de la obra. Entonces a partir del 30 de setiembre en la programación intermedia se tenía una sección más, correspondiente a los trabajos de señalización. En el Cuadro N°5.9 se muestra el resumen de las fechas de programación de esta etapa.

Cuadro N°5.9 Quinta etapa de la programación intermedia

Semana	Período de Programación
1	Del 30 de setiembre al 26 de octubre del 2013
2	Del 07 de octubre al 02 de noviembre del 2013
3	Del 14 de octubre al 09 de noviembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Cada semana se elaboró un programa intermedio total de la obra incluyendo los trabajos de señalización del subcontratista CAR.

Para la elaboración de estos programas intermedios se siguieron los siguientes pasos:

- Para la programación de los trabajos de la empresa se procedió de la misma manera que en la etapa anterior.
- Para la programación de los trabajos de señalización se hacía en conjunto con el ingeniero responsable del subcontratista, quien todavía no conocía a

consideraron tareas libres de restricciones para la semana siguiente. Además en las últimas semanas se consideraron los trabajos de cierre para la entrega del proyecto, lo cual es muy importante programar con la mayor anticipación posible ya que son trabajos menores pero necesitan varios recursos a lo largo de toda la carretera. También se incluyeron todos los levantamientos de observaciones como mejoramiento de accesos, limpieza y resanes para cumplir con los requisitos del cliente. Con respecto a la ventana de la programación intermedia, fue variable, se fue reduciendo de cuatro a dos semanas, ya que para las últimas semanas no era necesario tener un horizonte de mayor duración.

En esta etapa se llegó a implementar en gran medida todos los principios del Sistema del Último Planificador en lo que respecta a la programación intermedia. En el Cuadro N°5.10 se muestra el resumen de las fechas de programación de esta etapa.

Cuadro N°5.10 Sexta etapa de la programación intermedia

Semana	Período de Programación
1	Del 21 de octubre al 16 de noviembre del 2013
2	Del 28 de octubre al 23 de noviembre del 2013
3	Del 04 al 23 de noviembre del 2013
4	Del 11 al 30 de noviembre del 2013
5	Del 18 de noviembre al 07 de diciembre del 2013
6	Del 25 de noviembre al 07 de diciembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Cada semana se elaboró un programa intermedio total de la obra.

Para la elaboración de estos programas intermedios se siguieron los siguientes pasos:

- Con respecto a los trabajos a ejecutar por la empresa se hizo de la misma manera que en la etapa anterior.
- Con respecto a los trabajos de señalización por parte del subcontratista, junto con él se sinceraron los rendimientos antes de programar y para las tareas de la semana siguiente se consideró sólo aquellas que estaban libres de restricciones, reprogramando las que no en las semanas posteriores, esto debido a las restricciones del subcontratista, lo cual obligaba a extender el plazo de la culminación de los trabajos.

Planificador se decide realizar un análisis de restricciones, para lo cual se pasó por varias etapas de mejoramiento. A continuación se describirán estas etapas.

Primera Etapa: Del 03 de junio al 13 de julio del 2013

Para esta etapa se implementó el uso de un listado de restricciones en un formato similar al de la planificación intermedia que se mostró anteriormente. La utilización de este formato fue implementado por el área de Control de Proyectos ya que todavía no se estaba haciendo el análisis de restricciones en el formato de planificación intermedia. Este listado era elaborado en las reuniones semanales de planificación y revisado dos o tres veces por semana en las reuniones diarias de PAC. En la Figura N°5.37 se puede observar del listado de restricciones utilizado, en el cual se colocaban la restricción y/o pendiente, tipo, el área, responsable, estado, impacto en el proyecto, la fecha de creación, la fecha requerida y la fecha efectiva de levantamiento de la restricción. Los inconvenientes del uso de este listado aparte de la programación intermedia son: no se tiene claro a qué actividades de producción directamente afecta cada restricción y las fechas requeridas no están necesariamente relacionadas con las consideradas en la programación intermedia. Además como se puede observar hay varias restricciones que no han sido liberadas para la fecha requerida y probablemente se seguirán retrasando, sin embargo no se puede observar qué tanto influye esto en el avance del proyecto. De todo esto se puede concluir que llevar un listado de restricciones aparte de la programación intermedia definitivamente no es recomendable, salvo como un resumen por áreas que pueda ser útil en alguna reunión.

LISTADO DE RESTRICCIONES										
CONSORCIO		CARRETERA CAJAMARCA - CELENDÍN - BALSAS, TRAMO: Km 52+000 - CELENDÍN								
Nro.	ÁREA	RESTRICCIONES/PENDIENTES	TIPO	ÁREA ESPECÍFICA	RESPONSABLE	ESTADO	IMPACTO	FECHA DE CREACIÓN	FECHA REQUERIDA	FECHA EFECTIVA
01	GERENCIA	Llegada del Ingeniero de Canteras	Otros	Gerencia de Proyecto	JC	Se ha designado como encargado de la cantera Las Flores al Ing. Soriano Burga	Falta de control en la explotación de canteras	01-jun	17-jun	
02		Nueva Orden de Compra para la cantera Rumicucho	Pre-requisito	Gerencia de Proyecto	JC	En proceso	Falta de arena para el asfalto	20-jun	24-jun	
03	RESIDENCIA	Revisión de bonos a operadores (retroexcavadora; Lavado, chancadora Johesa; Hinostraza)	MO	Residencia	JZ	Liberada	Conformidad de los operadores	19-jun	21-jun	20-jun
04	EXPLANACIONES	Programa de cargadores y dstemas	Equipo y Herr.	Explicaciones I	LE/JR	Liberada	Falta o exceso de equipos	19-jun	21-jun	21-jun
05				Explicaciones II	JB		Falta o exceso de equipos	19-jun	21-jun	21-jun
06	OBRAS DE ARTE	Definir cunetas y zanjas de coronación con supervisión	Pre-requisito	Obras de Arte I	FR/JZ	Liberada	Retraso en la producción	01-jun	22-jun	20-jun
07				Obras de Arte II	WS					
08		Falta definir en campo muro del Km 79+807, 79+300 y SD 87+530	Pre-requisito	Obras de Arte II	WS	En proceso	Retraso en la producción	20-jun	24-jun	
09		Definir con supervisión obras de arte pendientes (bordillos, etc.)	Pre-requisito	Obras de Arte I	FR/JZ	En proceso	Retraso en la producción	20-jun	28-jun	
10			Obras de Arte II	WS						
11	OFICINA TÉCNICA	Adelanto de Materiales N° 4	Otros	Oficina Técnica	JE/SA	Liberada	Se necesita liquidez	01-jun	17-jun	19-jun
12		Verificar la situación de cambio de inclinación de taludes en ciertos sectores, responder cartas de la supervisión	Diseño	Oficina Técnica	JE/SA	En proceso	Observaciones de la supervisión	21-jun	28-jun	
13		Volumen de remoción de derrumbes	Otros	Oficina Técnica	JE/SA	Falta terminar el procesamiento de la Información	Adicional de Derrumbes	01-jun	21-jun	
14		Diseño de obras de arte del acceso del Km 62+150	Diseño	Oficina Técnica	JE/SA	En proceso	Retraso para la ejecución	01-jun	24-jun	
15		Saldo actualizado de metrados	Otros	Oficina Técnica	JE/SA	Con el Adicional de OA, se tendrá el total de metrados	Falta sincerar metrados	01-jun	21-jun	
16		Falta detallar los retrabajos	Otros	Oficina Técnica	BG	En proceso	Falta de sustentos para redamos	01-jun	14-jun	
17		Diseño de muros adicionales del Km 79+807 y Km 79+207	Diseño	Oficina Técnica	JE/SA	Liberada	Retraso en la producción	14-jun	21-jun	20-jun
18		Akuller o calibración de niveles	Equipo y Herr.	Oficina Técnica	JE/SA	El viernes 21 Jun con el topógrafo Freddy Málaga se va a definir los niveles que se enviarán a calibrar	Retraso en liberaciones	18-jun	21-jun	
19	CONTROL DE PROYECTOS	Inoperatividad de equipos	Equipo y Herr.	Control de Proyectos	FV/EJ	En proceso	Retraso en la producción	Perm.	Perm.	
20		Llegada de motoniveladora	Equipo y Herr.	Control de Proyectos	FV/EJ	Ya se contactó y hoy 21 se debe definir la contratación de una motoniveladora y rodillo marca Samy	Retraso en la producción	19-jun	25-jun	
21		Una motoniveladora, un rodillo cambio y un camión cisterna	Equipo y Herr.	Control de Proyectos	FV/EJ	En proceso	Retraso en la producción	19-jun	25-jun	
22		Cierre de equipos menores, fletes de Chongoyape	Otros	Control de Proyectos	FV/EJ	Liberada	No hay definición del costo	01-jun	15-jun	19-jun
23	CALIDAD	Camión Vega para el Tramo I	Equipo y Herr.	Control de Calidad	JR	Ya está operativo, pero no hay garantía que no siga fallando, se esta viendo la posibilidad de contratar otro camión	Retraso en las liberaciones	11-jun	17-jun	
24		Evaluar material de Rumicucho	Materiales	Control de Calidad	JR	El material está vieniendo con humedad entre 7 y 8%, cuando la requerida es entre 4 y 5%	Bajo rendimiento de la planta de asfalto	11-jun	14-jun	19-jun
25		Aprobación del diseño para la cunetera con piedra para asfalto	Diseño	Control de Calidad	JR	En proceso	Uso de piedra sobrante	15-jun	17-jun	
26	ADMINISTRACIÓN	Problemas con el stock valorizado en almacén	Materiales	Logística	JJ	Liberada	Sobrecoosto	11-jun	18-jun	21-jun
27		Falta de operador de motoniveladora con experiencia en la colocación de base	MO	Administrador de Obra	MM/JC	Liberada	Trabajos con mejor calidad	14-jun	18-jun	19-jun
28		Presentar reporte de horas pagadas en la primera quincena de Junio	MO	RRHH	LV	En proceso	Control del costo de la MO	04-jun	18-jun	

Figura N°5.37 Listado de restricciones revisado el 21 de junio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Segunda Etapa: Del 15 de julio al 10 de agosto del 2013

Durante esta etapa se implementó el análisis de restricciones del formato de planificación intermedia, como en todo proceso éste fue un período de adaptación y aprendizaje, donde sólo se completó parcialmente el formato, pero paralelamente se fue capacitando al personal involucrado en su uso.

El formato era elaborado y revisado en las reuniones semanales de planificación.

El área de Control de Proyectos era el encargado de llenar el formato con la

participación de todos los ingenieros de producción y demás áreas, y posteriormente hacía el seguimiento del cumplimiento de los compromisos de liberación de restricciones. En la Figura N°5.38 se muestra el análisis de restricciones elaborado en la reunión de planificación semanal del 13 de julio del 2013.

CONSORCIO		GERENCIA DE GESTIÓN DE OPERACIONES		NOMBRE DEL PROYECTO:		CLIENTE:				
CONSORCIO		ANÁLISIS DE RESTRICCIONES		CARRETERA CAJAMARCA-CELENDÍN		M.T.C. PROVÍAS NACIONAL				
ÁREA FUNCIONAL:		ESPECIALIDAD: TOTAL OBRA		UBICACIÓN:		Revisión: 0				
PRODUCCIÓN		PROGRAMA DEL 15 DE JULIO AL 10 DE AGOSTO		Tramo 1 y 2		Fecha: 13/07/2013				
Item	Descripción de la Tarea	Restricción		Responsable		Liberación				Comentarios
		Descripción	Tipo	Área Funcional	Persona	Estado	Fecha Requerida	Fecha Efectiva	Fecha Creación	
3.01	Subdren	Falta definir y los planos	Diseño	Oficina Técnica	JE	NO LIBERADA	15/07/2013		13/07/2013	
3.02	Muro Gavión	Falta definir y los planos	Diseño	Oficina Técnica	JE	NO LIBERADA	15/07/2013		13/07/2013	
3.03	Material Base Acopiado	Impide la construcción de obras de arte	Pre-requisito	Jefatura de Producción Tramo 2	JB	NO LIBERADA	15/07/2013		13/07/2013	Será transportado conforme se coloca la base.
4.03	Muro Concreto Armado	Falta definir y los planos	Diseño	Oficina Técnica	JE	NO LIBERADA	22/07/2013		13/07/2013	
4.04	Muro Concreto Ciclópeo	Falta definir y los planos	Diseño	Oficina Técnica	JE	NO LIBERADA	22/07/2013		13/07/2013	
4.05	Muro Concreto Ciclópeo	Falta definir y los planos	Diseño	Oficina Técnica	JE	NO LIBERADA	22/07/2013		13/07/2013	
TIPO DE RESTRICCIONES		ÁREA	TITULAR	RELEVO 1	INICIALES	ELABORADO POR:				
Diseño		Gerencia de Proyecto	Juan Cerrato		JC	NOMBRE : Katherine López Flores				
Materiales		Residencia	Jorge Zuazo		JZ	CARGO : Ing. Asistente de Planeamiento				
NO		Oficina Técnica	José Estrada		JE	FECHA : 13-07-13				
Equip y Herr.		Jefatura de Producción Tramo 1	Lino Espinoza		LE	APROBADO POR:				
Pre-requisito		Jefatura de Producción Tramo 2	Jorge Benavente		JB	NOMBRE : Juan Carlos Cerrato				
Permisos		Carreteras y Plantas Industriales	Franco Mercado		FM	CARGO : Gerente de Proyecto				
Calidad		Transporte	Jorge Reyes		JR	FECHA : 13-07-13				
Otros		Control de Proyectos	Freddy Velle		FV	FIRMA:				
		Administrador de Obra	Mauro Mendoza		MM					
		Logística	José Jaramillo		JJ					
		RRHH	Lucio Valladares		LV					
		Control de Calidad	José Ríos		JR					
		Gestión de Calidad	Elizabeth Espinoza		EE					
		Seguridad	Efrén Flores		EF					
		Medio Ambiente	Carlos Ventura		CV					
		Relaciones Comunitarias	César García		CG					
						Fecha: 13-07-13				

Figura N°5.38 Análisis de restricciones del 15 de julio al 10 de agosto del 2013
Fuente: Elaboración propia.

Como se ve en la Figura N°5.38 sólo algunas restricciones fueron identificadas, esto debido a que los ingenieros de producción para la reunión semanal de planificación no prepararon previamente sus listas de restricciones para las actividades programadas.

Tercera Etapa: Del 12 de agosto al 30 de noviembre del 2013

En esta etapa se aplicaron todos los principios del Sistema del Último Planificador para el análisis de restricciones. Para lo cual semanalmente se siguieron los siguientes pasos:

- Los ingenieros de producción llevaban a la reunión de planificación un listado de restricciones preliminar actualizado para las tareas de las siguientes cuatro semanas o más si era necesario como para el caso de materiales, permisos, etc., que son difíciles de conseguir.

- En la reunión de planificación luego de mostrar el programa intermedio con una nueva semana ingresada, se iba al formato de análisis de restricciones y actualizaba las fechas efectivas de liberación de restricciones y en el caso de las que no se pudieron liberar se podía cambiar a una nueva fecha requerida. Luego se ingresaban las nuevas restricciones identificadas con la fecha requerida y su respectivo responsable, el cual si no estaba presente en la reunión era informado posteriormente por Control de Proyectos.
- Para el seguimiento de la liberación de las restricciones Control de Proyectos era el encargado de enviar las alertas a los responsables antes del vencimiento de la fecha requerida, y también se revisaban dos o tres veces durante el transcurso de la semana en las reuniones diarias de PAC, con el objetivo de que los responsables se sientan más comprometidos.
- Al terminar el formato de análisis de restricciones, éste es aprobado por el Gerente de Proyecto, esto debido a que algunas restricciones estaban relacionadas con trabajos directos pero otras eran de gestión, y él era el más indicado para esos temas.
- Finalmente se obtiene el nuevo inventario de trabajo ejecutable.

En la Figura N°5.39 se muestra el análisis de restricciones para el período del 14 de octubre al 09 de noviembre el 2013, donde se puede observar restricciones propias de la empresa y otras originadas por el subcontratista de señalización, para las cuales se asignaba a un ingeniero de la empresa como responsable de hacer el seguimiento a su liberación.

La mayoría de restricciones en el período analizado son de materiales, para las cuales se responsabiliza a los ingenieros de producción, ya que son ellos quienes hacen los pedidos y tienen que hacer el seguimiento a logística para que los abastezca.

CONSORCIO MOSES		GERENCIA DE GESTIÓN DE OPERACIONES ANÁLISIS DE RESTRICCIONES		NOMBRE DEL PROYECTO: CARRETERA CAJAMARCA-CELENDÍN			CLIENTE: M.T.C. PROVÍAS NACIONAL				
ÁREA FUNCIONAL: PRODUCCIÓN		ESPECIALIDAD: TOTAL OBRA PROGRAMA DEL 14 DE OCTUBRE AL 09 DE NOVIEMBRE		UBICACIÓN: Tramo 1 y 2			Revisión: 0 Fecha: 12/10/2013				
Ítem	Descripción de la Actividad	Restricción		Responsable		Estado	Liberación				Comentarios
		Descripción	Tipo	Área Funcional	Persona		Fecha Requerida	Fecha Efectiva	Fecha Creación	Tiempo de Liberación	
2.11	Juntas Cunetas	Falta la llegada de material (Soudaflex y Euco Rod)	Materiales	Jefatura de Producción Tramo 1	LE	NO LIBERADA	18/10/2013		04/10/2013		
3.13	Juntas Cunetas	Falta la llegada de material (Soudaflex y Euco Rod)	Materiales	Jefatura de Producción Tramo 2	JB	NO LIBERADA	18/10/2013		04/10/2013		
4.01	Conformación y Cierre de DMEs	Posibles lluvias a partir de la fecha programada	Otros	Residencia	JZ	NO LIBERADA	21/10/2013		04/10/2013		
5.12	Guardavías Colocación de Postes que Falten Llegar	Llegada de postes de guardavías a obra	Materiales	Gerencia de Proyecto	JC	NO LIBERADA	31/10/2013		04/10/2013		Ver la posibilidad de apoyar con el transporte
5.14	Guardavías Colocación de Vigas que Falten Llegar	Llegada de vigas de guardavías a obra	Materiales	Gerencia de Proyecto	JC	NO LIBERADA	31/10/2013		04/10/2013		Ver la posibilidad de apoyar con el transporte
5.16	Estructura de Soporte de Señales tipo E Pedestales	El subcontratista CAR debe enviar las bases desde Lima	Materiales	Residencia	JZ	NO LIBERADA	21/10/2013		12/10/2013		Ver la posibilidad de apoyar con el transporte
5.17	Estructura de Soporte de Señales tipo E Colocación	El subcontratista CAR debe enviar las estructuras desde Lima	Materiales	Residencia	JZ	NO LIBERADA	21/10/2013		12/10/2013		Ver la posibilidad de apoyar con el transporte
5.18	Señales Preventivas y Reglamentarias	El subcontratista CAR debe enviar las señales desde Lima	Materiales	Residencia	JZ	NO LIBERADA	21/10/2013		12/10/2013		Ver la posibilidad de apoyar con el transporte
TIPO DE RESTRICCIONES		ÁREA		TITULAR	RELEVO 1	INICIALES	ELABORADO POR: NOMBRE : Katherine López Flores CARGO : Ing. Asistente de Planeamiento FECHA : 12-10-13				
Diseño		Gerencia de Proyecto		Juan Cerrato		JC	APROBADO POR: NOMBRE : Juan Carlos Cerrato CARGO : Gerente de Proyecto FECHA : 12-10-13				
Materiales		Residencia		Jorge Zuazo		JZ					
MO		Oficina Técnica		José Estrada		JE					
Equipo y Herr.		Jefatura de Producción Tramo 1		Lino Espinoza		LE					
Pre-requisito		Jefatura de Producción Tramo 2		Jorge Bensvente		JB					
Permisos		Centenas y Plantas Industriales		Franco Mercado		FM					
Calidad		Transporte		Jorge Reyes		JR					
Otros		Control de Proyectos		Freddy Veille		FV					
		Administrador de Obra		Mauro Mendoza		MM					
		Logística		José Jaramillo		JJ					
		RRHH		Lucio Valladares		LV					
		Control de Calidad		José Ríos		JR					
		Gestión de Calidad		Elizabeth Espinoza		EE					
		Seguridad		Efrén Flores		EF					
		Medio Ambiente		Cerón Ventura		CV					
		Relaciones Comunitarias		César García		CG					
							FIRMA: Fecha : 12-10-13				

Figura N°5.39 Análisis de restricciones del 14 de octubre al 09 de noviembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

5.3.9 Inventario de Trabajo Ejecutable

Para obtener el inventario de trabajo ejecutable, como se mostró anteriormente en el formato de programación intermedia se tenía un resumen de las restricciones por tarea y finalmente una columna donde se determinaba si la tarea pertenecía o no al inventario de trabajo ejecutable, por lo tanto si sólo se quería ver el ITE había que seleccionar todas las tareas donde diga "SI", como se puede observar en la Figura N°5.40, además todas las tareas posibles de ejecutar estaban marcadas de un color diferente de las que no. Por lo tanto, al entregar la planificación intermedia revisada a cada ingeniero de producción, éste también tenía el ITE, con el cual podía tener a todas sus cuadrillas siempre ocupadas.

En la Figura N°5.40 se muestra parte de la programación intermedia del 16 de setiembre al 12 de octubre del 2013, en el extremo derecho se puede ver el resumen de restricciones y el inventario de trabajo ejecutable.

se escogió 11 tipos, 10 específicos y uno denominado otros para agrupar a aquellas causas que no son comunes en este tipo de proyectos. Los 11 tipos de CNC se nombran a continuación:

- Pre-Requisito o Área No Liberada
- Cambio en el Proyecto o Plano No Definido
- Mala Planificación
- Falta de Material (Procura)
- Inoperatividad de Equipo o Falta
- Mano de Obra Insuficiente o Falta
- Problema Social o Paros
- Priorizó Otras Actividades
- Condiciones Climáticas (Lluvias)
- Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra
- Otros

Automáticamente se mostraba el porcentaje que representaba cada tipo de causa de no cumplimiento con respecto al total durante la semana. En las Figuras N°5.41 y 5.42 se muestran los detalles de esta primera pestaña.

CONSORCIO		SEMANA N° 83		PLAN SEMANAL N°83																	
Asignación	Und	Prog.	Frente	lun 1	mar 2	mié 3	jue 4	vie 5	sáb 6	dom 7	% Avance	PAC	lun 1	mar 2	mié 3	jue 4	vie 5	sáb 6	dom 7	Ejec.	
				PROGRAMADO									EJECUTADO								
EXPLANACIONES Y PAVIMENTOS TRAMO 1 (Lino Espinoza-Iván Zumaeta)																					
Excavación en Explanaciones en Material Suelto, Roca Suelta y Roca Fija																					
Km 58+600 @ 58+700	m3	1550	T1	250	260	260	260	260	260		22%	NO				150	150	40		340	
Eliminación de Demumbes																					
Km 59+600 @ 59+700	m3	3800	T1	600	600	600	600	600	600		36%	NO						830	450	1280	
Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante																					
Km 53+600 @ 54+480	m3	2100	T1	350	350	350	350	350	350		100%	SI	200	430	390	270	440	370		2100	
Km 55+340 @ 54+540	m3	700	T1					350	350		87%	NO					200	410		610	
Km 56+950 @ 57+150	m3	1170	T1	350	350	350	120				100%	SI	250	550	370					1170	
Conformación de Subrasante																					
Km 64+700 @ 65+000	m	300	T1	220	80						100%	SI		135	135			15	15	300	
Km 61+500 @ 62+450	m	950	T1		140	220	220	220	150		19%	NO			180					180	

Figura N°5.41 Vista de las asignaciones y metrados de la planificación semanal
Fuente: Elaboración propia

predecir que no se iban a completar, y por lo tanto se analizaba cual era la causa de no cumplimiento, asimismo cuando se tenían asignaciones que mostraban retrasos pero todavía tenían posibilidad de ser completadas al final de la semana, entonces se tomaban medidas correctivas como cambio de metodologías, asignación de más recursos, etc.; y finalmente se tenían asignaciones que eran completadas antes de la fecha prevista las cuales se cerraban y no se volvían a tratar en las siguientes reuniones. En la Figura N°5.44 se puede ver el cálculo del porcentaje de avance de algunas asignaciones.

Asignación	Und	Prog.	Frente	lun 26	mar 27	mié 28	jue 29	vie 30	sáb 31	dom 1	%	PAC	lun 26	mar 27	mié 28	jue 29	vie 30	sáb 31	dom 1	Ejec.
				PROGRAMADO									EJECUTADO							
OBRAS DE ARTE TRAMO 1 (Felipe Romero)																				
Cuneta Triangular Tipo II																				
Km 55+410 @ 53+980	m	1430	OA1	300	190	350	300	290			44%	NO				128	271	231		630
Km 53+950 @ 53+600	m	350	OA1						350		37%	NO			130					130
Km 52+220 @ 52+550	m	330	OA1	100	100	100	30				100%	SI	39	250	41					330

Figura N°5.44 Vista del porcentaje de avance de la planificación semanal
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se tenía el gráfico de las causas de no cumplimiento de la semana, donde se podía observar mediante porcentajes cuáles fueron las más incidentes del total de la obra como de cada uno de los frentes (ver Figura N°5.45).

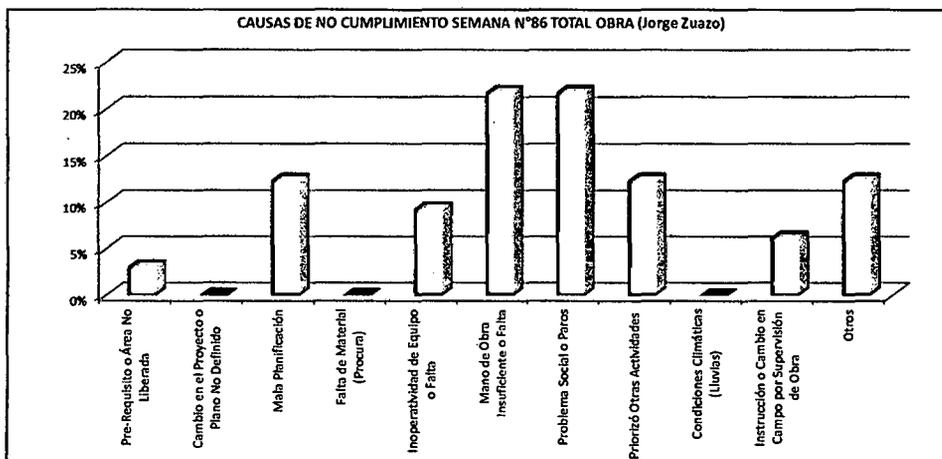


Figura N°5.45 Vista de las CNC de la planificación semanal
Fuente: Elaboración propia.

Tercera Pestaña: En esta pestaña se mostraba la evolución del PAC y de las causas de no cumplimiento, y las causas de no cumplimiento acumuladas.

Para la evolución del PAC se tenía un cuadro con los resultados desde el inicio de la implementación del Sistema del Último Planificador, en el cual se podía

elegir mostrar para el total de la obra como para cada uno de los frentes. Este cuadro constaba del número de semana, fechas de inicio y término de cada semana, el PAC real, el PAC meta y el PAC promedio acumulado.

El PAC meta para todos los involucrados en el Sistema del Último Planificador debe significar el porcentaje mínimo de asignaciones completadas cada semana. El PAC meta elegido para el proyecto fue del 80%. En anteriores proyectos de carretera de Cósapi y otras empresas similares ya se había utilizado un PAC meta de 80%.

Con la información del cuadro de evolución del PAC se obtenía el gráfico. En la Figura N°5.46 se muestra el cuadro y el gráfico de la evolución del PAC para toda la obra hasta una semana cualquiera.

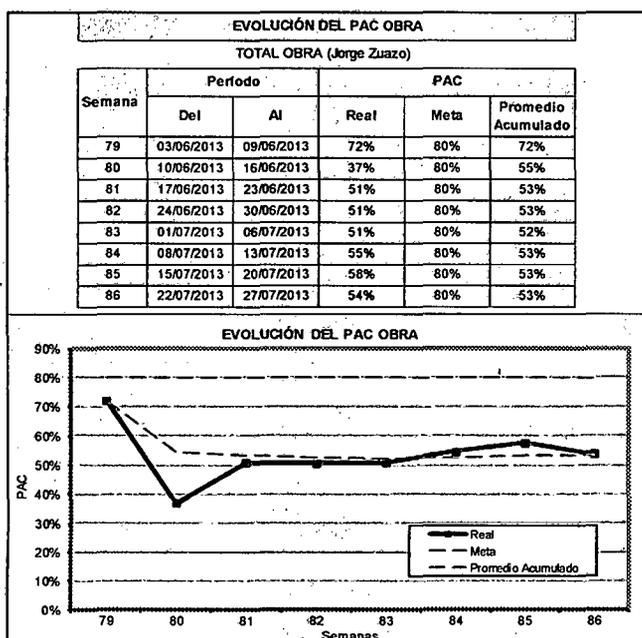


Figura N°5.46 Vista del cuadro y gráfico de evolución del PAC de la obra
 Fuente: Elaboración propia.

Para mostrar la evolución de las causas de no cumplimiento del proyecto se tenía un cuadro donde semana a semana se iban registrando, y al final se calculaba la incidencia acumulada de cada tipo.

Para obtener el % de incidencia por cada tipo de causa de no cumplimiento se calculó de la siguiente forma:

$$\% \text{ Incidencia por tipo} = \frac{\sum \text{CNC del mismo tipo}}{\sum \text{Todas las CNC}} \times 100\%$$

Un ejemplo del cuadro de evolución de las causas de no cumplimiento se puede ver en la Figura N°5.47.

Semana	Del	Al	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Perros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Total	Comentario
81	17/06/2013	23/06/2013	2	3	2	3	13	4		7	2	1	5	42	
82	24/06/2013	30/06/2013			14		5	2		12	7		3	43	
83	01/07/2013	06/07/2013	1	1	2		2				21		13	40	
84	08/07/2013	13/07/2013	3	3	5		13		1	11	1			37	
85	15/07/2013	20/07/2013	7	1	11	1	6			4			2	32	
86	22/07/2013	27/07/2013	1		4		3	7	7	4		2	4	32	
Causas Acumuladas			14	8	38	4	42	13	8	38	31	3	27	226	
Incidencia Acumulada			6%	4%	17%	2%	19%	6%	4%	17%	14%	1%	12%	100%	

Figura N°5.47 Ejemplo de cuadro de evolución de causas de no cumplimiento
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se tenía el gráfico del porcentaje de incidencia acumulado de las causas de no cumplimiento en orden descendente, el cual era de mucha utilidad ya que se permitía identificar fácilmente cuáles eran las CNC con mayor incidencia, y sobre las cuales principalmente se tenía que trabajar para tratar de eliminarlas o mitigarlas.

En la Figura N°5.48 se puede ver un ejemplo del gráfico de las incidencias acumuladas de las causas de no cumplimiento hasta una semana cualquiera.

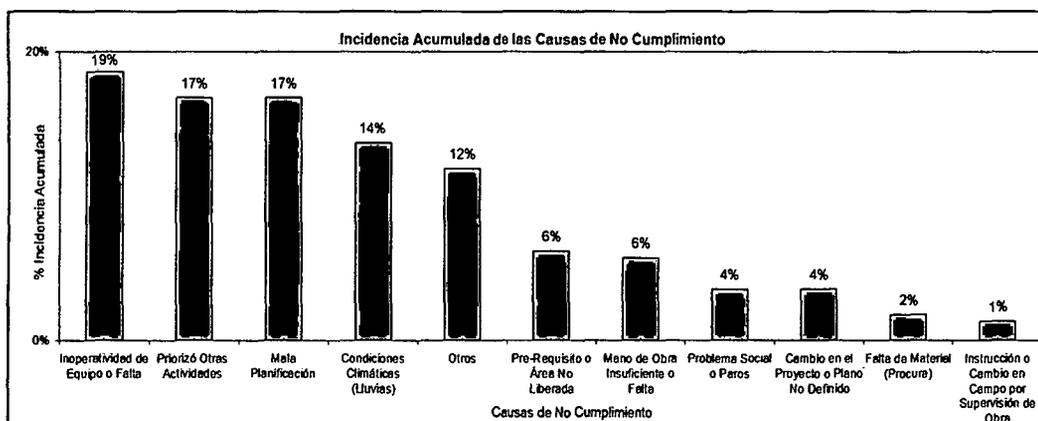


Figura N°5.48 Ejemplo de gráfico de incidencia acumulada de las CNC
Fuente: Elaboración propia.

Para la implementación del plan de trabajo semanal, el PAC y el registro de las causas de no cumplimiento se tuvieron varias etapas, a través de las cuales se tuvo un mejoramiento continuo. Estas etapas se describen a continuación.

Primera Etapa: Del 03 al 16 de junio del 2013

Durante esta etapa para la planificación semanal se siguieron los siguientes pasos:

- Se copió la programación para la semana siguiente tal cual estaba en la programación intermedia (se programó trabajo hasta los domingos).
- Cada día en las reuniones se iba calculando el avance de cada asignación.
- Al final de la semana se calculaba el PAC por especialidad y el total de la obra.
- No se hizo un registro de las causas de no cumplimiento.

Para la planificación de los trabajos de la primera semana de esta etapa se cometió el error de modificar el programa el primer día de la semana al verificar en campo que algunas actividades serían imposibles de ejecutar así como otras no consideradas sí serían posibles. Por esto en la primera semana se obtuvo un PAC considerablemente alto (72%) en comparación con la segunda (37%). En la segunda semana no se permitió la modificación del plan semanal durante el transcurso de la semana y se dejó tal cual había sido elaborado la semana anterior, por lo tanto este resultado mostraba la situación real de la planificación de la obra. En las Figuras N°5.49 y 5.50 se muestran los PAC de la primera y segunda semana de esta etapa.

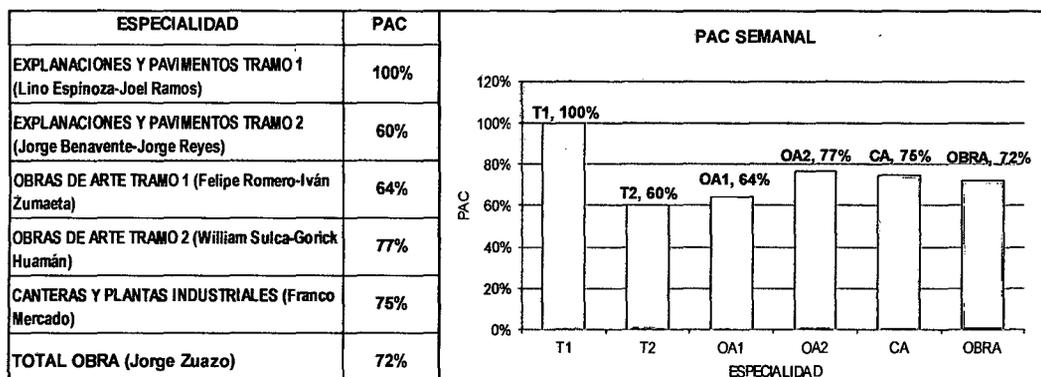


Figura N°5.49 PAC semana del 03 al 09 de junio del 2013
Fuente: Elaboración propia.

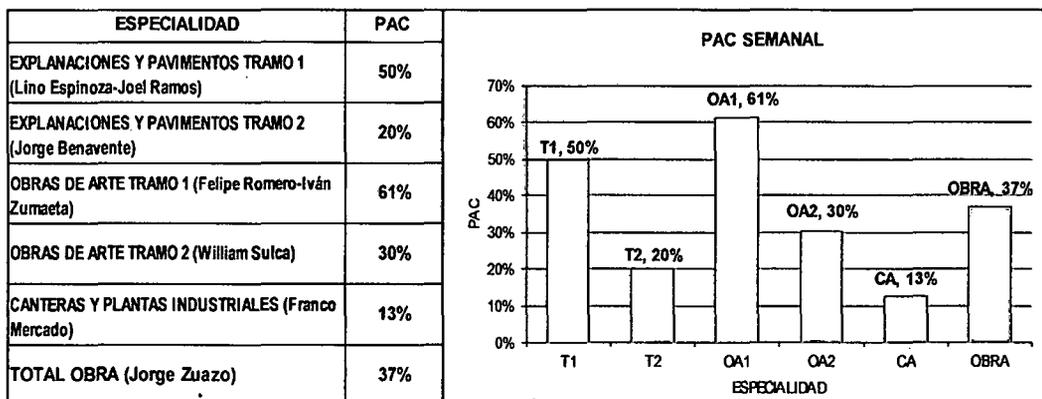


Figura N°5.50 PAC semana del 10 al 16 de junio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Con un PAC de 37% en la segunda semana se vio que la planificación semanal no estaba siendo eficaz, lo cual se debía a que no se había hecho un análisis de restricciones en la planificación intermedia ni un análisis carga-capacidad para determinar si las cuadrillas existentes iban a ser capaces de ejecutar los trabajos programados. Además al no tener registro de las causas de no cumplimiento no se podía saber por qué se falló durante la semana y qué medidas correctivas tomar para la siguiente, por lo cual se decidió implementar inmediatamente el registro de las causas de no cumplimiento.

Segunda Etapa: Del 17 al 30 de junio del 2013

En esta etapa se inició con el registro de las causas de no cumplimiento, sin embargo se tuvo inconvenientes con su identificación y clasificación como se verá más adelante. Para la planificación semanal se siguieron los siguientes pasos:

- Se copió la programación para la semana siguiente tal cual estaba en la programación intermedia (se programó trabajo hasta los domingos).
- Cada día en las reuniones se iba calculando el avance de cada asignación.
- Al final de la semana se calculaba el PAC por especialidad y el total de la obra.
- Se hizo un registro de las causas de no cumplimiento clasificándolas dentro de los 11 tipos posibles y con algunas notas u observaciones al final.

En las Figuras N°5.51 y 5.52 se muestran los PAC de la primera y segunda semana de esta etapa.

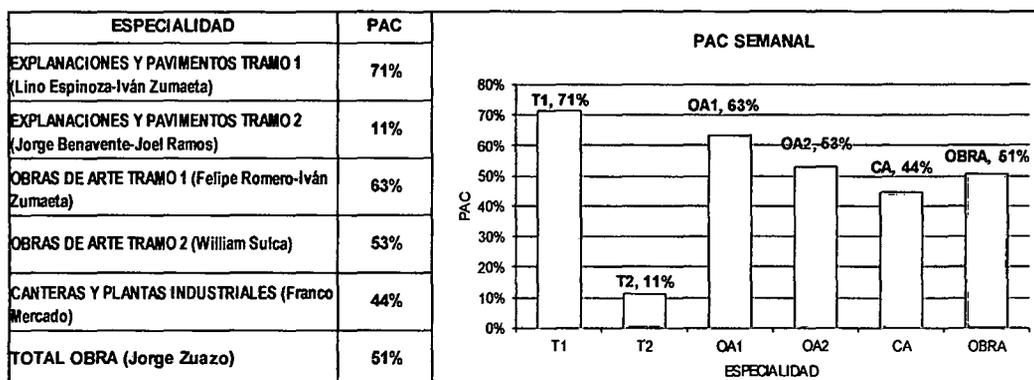


Figura N°5.51 PAC semana del 17 al 23 de junio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

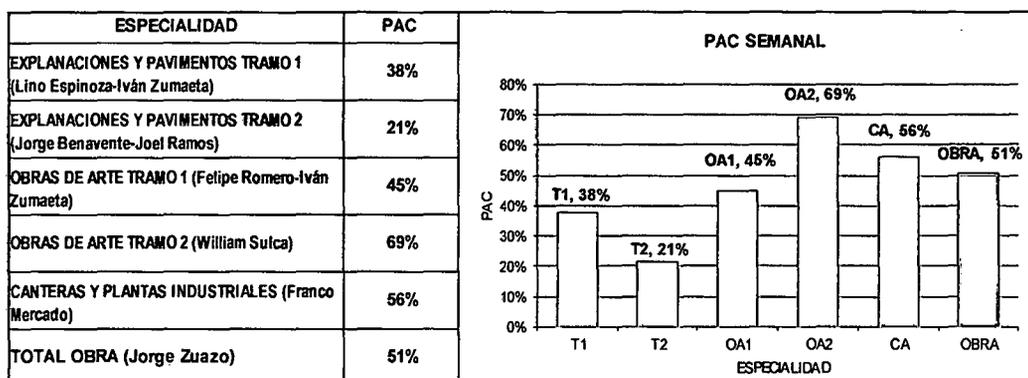


Figura N°5.52 PAC semana del 24 al 30 de junio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

En la identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento se tuvo cierta dificultad por el equipo de proyecto, ya que algunos ingenieros recién se estaban familiarizando con este reporte, por lo cual los resultados tenían algunos errores aún. En la Figura N°5.53 se muestra un ejemplo de la identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento donde se tiene una alta densidad de asignaciones que no fueron completadas.

Finalmente en la Figura N°5.54 se muestra la evolución de las causas de no cumplimiento en esta etapa. Según este resultado las causas de no cumplimiento más incidentes fueron que se priorizó otras actividades, inoperatividad de equipo o falta y mala planificación, sin embargo en esta etapa todavía no se tomaron las medidas correctivas necesarias para que las causas de no cumplimiento identificadas no se vuelvan a repetir.

CONSORCIO		SEMANA N° 81				CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO											Observaciones			
PLAN SEMANAL N°81		Und.	Prog.	Frete	% Avance	PAC	Ejec.	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procure)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problemas Sociales o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)		Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	
EXPLICACIONES Y PAVIMENTOS TRAMO 2																				
(Jorge Benavente-Joel)																				
Excavación en Explanaciones en Material Suelto, Roca Suelta y Roca Fija																				
Km 79+200 @ 80+540	m3	8400	T2	57%	NO	4770				X									X	No se consideró la dificultad de los cortes y se tuvo problemas de derrumbes.
Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante																				
Km 78+980 @ 79+200	m3	480	T2	100%	SI	480														
Km 92+300 @ 94+775	m3	1950	T2	55%	NO	1080						X			X					Falta de rodillo y se priorizó el mejoramiento del Km 79.
Conformación de Subrasante																				
Km 78+770 @ 79+200	m	430	T2	93%	NO	400													X	Faltó fiberción con laboratorio y la supervisión.
Km 87+500 @ 92+300	m	1800	T2	37%	NO	660						X								Motorveladora malograda por llantas durante dos días.
Base Grandul (2,360 m3 ⇨ 1 Km)																				
Km 78+380 @ 79+200	m	820	T2	66%	NO	560						X								Camión víga en mantenimiento, no se había comunicado en campo. Rodillo ingresó con fallas.
Km 84+000 @ 92+300	m	1500	T2	32%	NO	480						X	X							Camión víga en mantenimiento, no se había comunicado en campo. Se requiere un nivelador con experiencia.

Figura N°5.53 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 17 al 23 de junio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Semana	Del	Al	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procure)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problemas Sociales o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Total	Comentario
81	17-jun	23-jun	2	3	2	3	13	4		7	2	1	5	42	
82	24-jun	30-jun			14		5	2		12	7		3	43	
Causas Acumuladas			2	3	16	3	18	6		19	9	1	8	85	
Incidencia Acumulada			2%	4%	19%	4%	21%	7%		22%	11%	1%	9%	100%	

Figura N°5.54 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 al 30 de junio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Tercera Etapa: Del 01 al 27 de julio del 2013

Para esta etapa se programaron los trabajos sólo hasta los sábados y se consideró los domingos como un adicional para cumplir con lo programado en caso no se haya completado la asignación hasta el sábado. Con respecto a la identificación de las causas de no cumplimiento se mejoró en gran medida, ya que los ingenieros estaban más familiarizados con su uso. Además se dio mayor importancia a las causas de no cumplimiento de la semana que pasó para la semana siguiente, de manera que no se cometan lo mismos errores. Para la planificación semanal se siguieron los siguientes pasos:

- Se copió la programación de la semana siguiente de la programación intermedia y cuando fue necesario se desgregó las tareas a mayor detalle en el formato de la programación semanal.
- Cada día en las reuniones se iba calculando el avance de cada asignación.
- Al final de la semana se calculaba el PAC por especialidad y el total de la obra.
- Se hizo un registro de las causas de no cumplimiento clasificándolas dentro de los 11 tipos posibles y con algunas notas u observaciones al final. Como se mencionó anteriormente este paso se mejoró con respecto a la etapa anterior y se mostraban al final de la semana para ser tomadas en cuenta en la semana siguiente.

En las Figuras N°5.55, 5.56, 5.57 y 5.58 se muestran los PAC de las semanas pertenecientes a esta etapa.

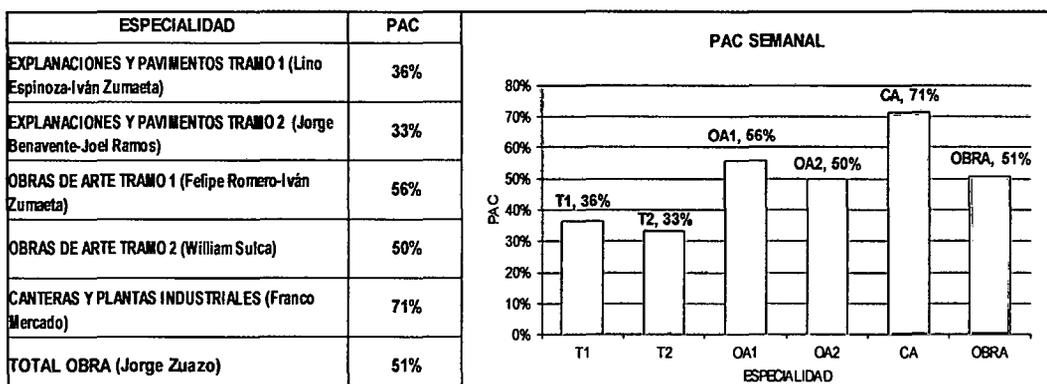


Figura N°5.55 PAC semana del 01 al 06 de julio del 2013
Fuente: Elaboración propia.

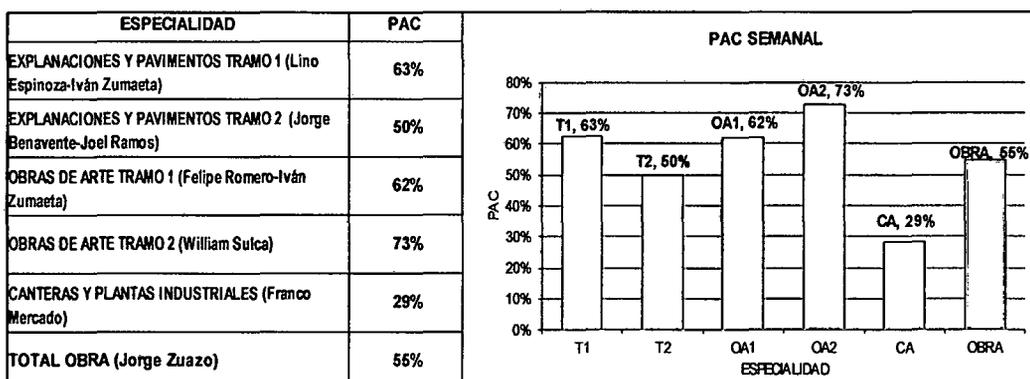


Figura N°5.56 PAC semana del 08 al 13 de julio del 2013
Fuente: Elaboración propia.

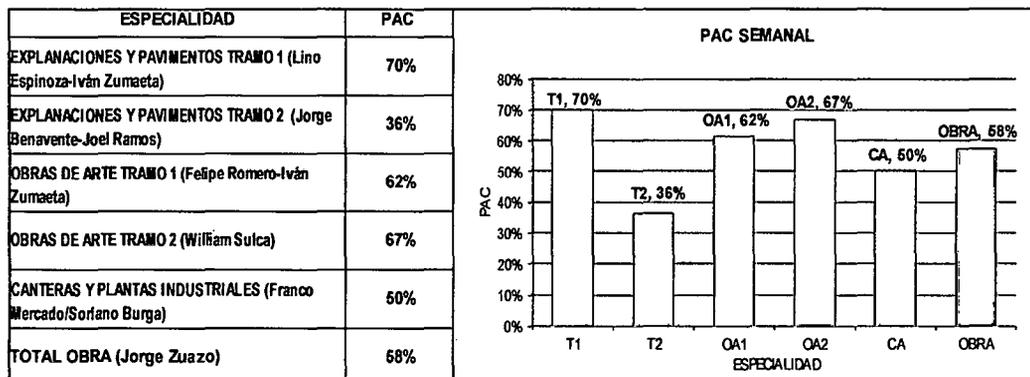


Figura N°5.57 PAC semana del 15 al 20 de julio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

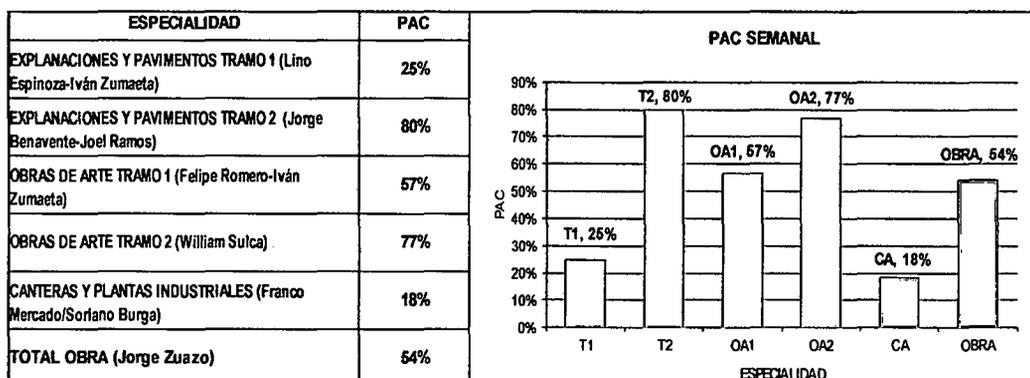


Figura N°5.58 PAC semana del 21 al 27 de julio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la identificación y clasificación de las CNC se tuvo una mejora, ya que los ingenieros mostraron una mayor facilidad para realizarlas, sin embargo todavía faltaba mejorar aún más en la identificación de las causas raíces. En la Figura N°5.59 se muestra un ejemplo de la identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento en esta etapa.

Finalmente en la Figura N°5.60 se muestra la evolución de las causas de no cumplimiento hasta esta etapa. Según este resultado las causas de no cumplimiento más incidentes fueron la inoperatividad de equipo o falta, se priorizó otras actividades y mala planificación. En esta etapa se comenzó a aplicar medidas correctivas para que las causas de no cumplimiento identificadas en una semana no se vuelvan a repetir en las siguientes, sin embargo esto se hizo de manera parcial (no para todas las asignaciones que no fueron completadas).

CONSORCIO		SEMANA N° 83							CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO											Observaciones
Cajamarca		PLAN SEMANAL N°83							Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Paros	Prioridad Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	
Asignación	Und	Prog.	Frente	% Avance	PAC	Ejec.														
EXPLICACIONES Y PAVIMENTOS TRAMO 1 (Llno Espinoza-Iván)																				
Excavación en Explanaciones en Material Suelto, Roca Suelta y Roca Fija																				
Km 58+600 @ 58+700	m3	1550	T1	22%	NO	340			X											Se programó teniendo restricciones.
Eliminación de Demurres																				
Km 59+600 @ 59+700	m3	3600	T1	36%	NO	1280					X					X				Problemas mecánicos de la excavadora y lluvias.
Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante																				
Km 53+600 @ 54+480	m3	2100	T1	100%	SI	2100														
Km 55+340 @ 54+540	m3	700	T1	87%	NO	610										X				Presencia de lluvias.
Km 56+950 @ 57+150	m3	1170	T1	100%	SI	1170														
Conformación de Subrasante																				
Km 64+700 @ 65+000	m	300	T1	100%	SI	300														
Km 61+500 @ 62+450	m	950	T1	19%	NO	180											X		X	Falta terminar los muros gaviones por falta de material de la carterera Las Flores por pérdida parcial de plataforma y lluvias.

Figura N°5.59 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 01al 06 de julio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Semana	Del	Al	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Paros	Prioridad Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Total	Comentario
81	17/06/2013	23/06/2013	2	3	2	3	13	4		7	2	1	5	42	
82	24/06/2013	30/06/2013			14		5	2		12	7		3	43	
83	01/07/2013	06/07/2013	1	1	2		2			21			13	40	
84	08/07/2013	13/07/2013	3	3	5		13		1	11	1			37	
85	15/07/2013	20/07/2013	7	1	11	1	6			4			2	32	
86	22/07/2013	27/07/2013	1	4	4		3	7	7	4		2	4	32	
Causas Acumuladas			14	8	38	4	42	13	8	38	31	3	27	226	
Incidencia Acumulada			6%	4%	17%	2%	19%	6%	4%	17%	14%	1%	12%	100%	

Figura N°5.60 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 27 de julio del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la Figura N°5.60 para cada semana varían las proporciones de cada tipo de causa de no cumplimiento: en la Semana N° 81 la causa más incidente fue la inoperatividad o falta de equipos, en la Semana N° 82 fue la mala planificación, en la Semana N° 83 fue la lluvia, en la Semana N° 84 fue la inoperatividad o falta de equipos, en la Semana N° 85 fue la mala planificación y en la Semana N° 86 fue la mano de obra insuficiente o falta y los problemas sociales o paros. De esto uno de los tipos de causas de no cumplimiento que debía corregirse con mayor urgencia era la mala planificación ya que es la que guarda una mayor relación con el Sistema del Último Planificador. El hecho que esta causa sea una de las más incidentes se debía a que no se estaba haciendo un adecuado análisis de restricciones y por lo tanto se programaban tareas que no estaban liberadas, además se estaba

considerando rendimientos muy optimistas los cuales no reflejaban la realidad en campo, esto se tomó en cuenta para siguiente etapa que se describe a continuación.

Cuarta Etapa: Del 05 al 31 de agosto del 2013

Para esta etapa con respecto a la programación de los trabajos se siguió el mismo procedimiento que en la etapa anterior. Además se hizo una buena identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento, es decir, se identificó en mayor medida las causas raíces. Por otro lado los ingenieros de producción estaban más comprometidos con no volver a cometer los mismos errores, por lo cual tomaban más en cuenta las CNC de la semana anterior y planteaban las medidas correctivas, este aspecto todavía no se implementaba totalmente pero estaba en un proceso de mejora continua semana a semana.

En las Figuras N°5.61, 5.62, 5.63 y 5.64 se muestran los PAC de las semanas pertenecientes a esta etapa.

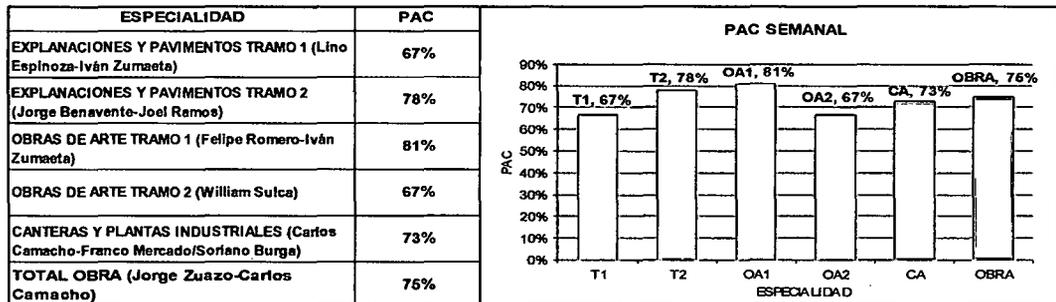


Figura N°5.61 PAC semana del 05 al 10 de agosto del 2013

Fuente: Elaboración propia.

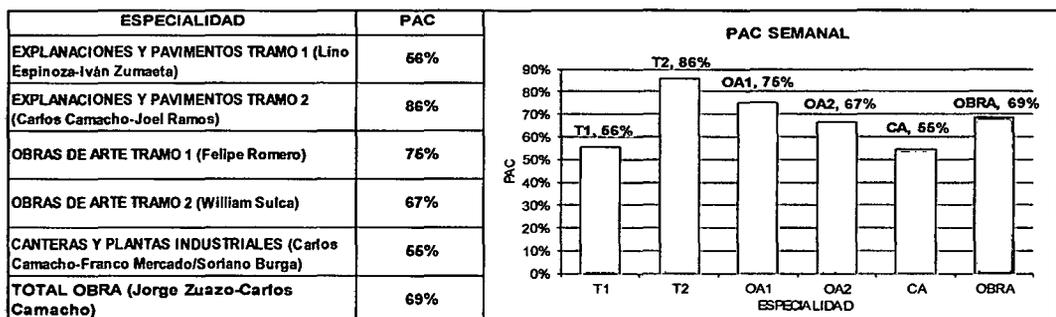


Figura N°5.62 PAC semana del 12 al 17 de agosto del 2013

Fuente: Elaboración propia.

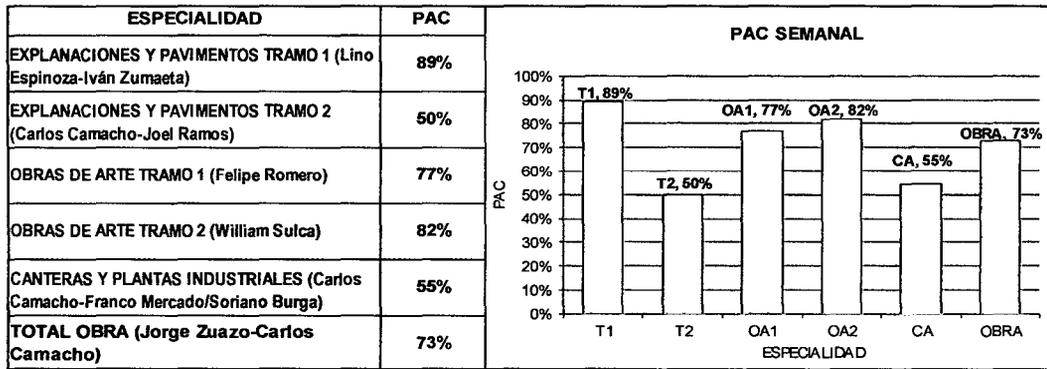


Figura N°5.63 PAC semana del 19 al 24 de agosto del 2013

Fuente: Elaboración propia.

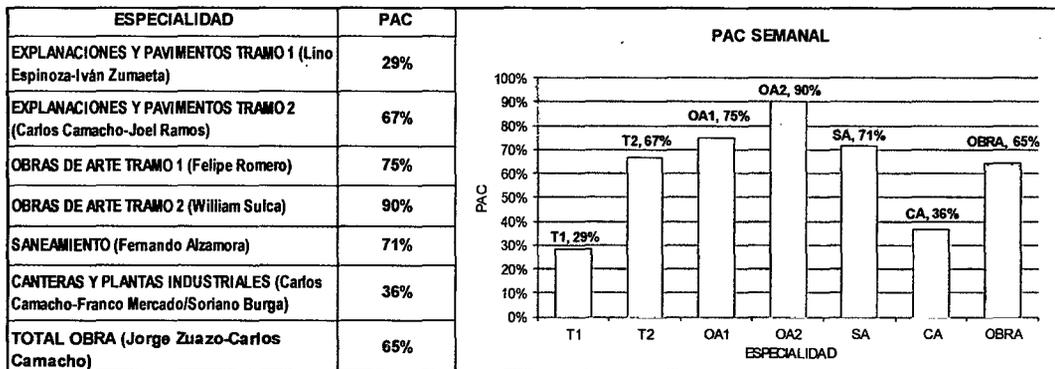


Figura N°5.64 PAC semana del 26 al 31 de agosto del 2013

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°5.65 se muestra un ejemplo de la identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento en esta etapa. Como se puede ver, durante una semana puede ser muy incidente la ocurrencia de lluvias y ser la causa raíz para que varias asignaciones no se puedan completar. Por ejemplo en este caso las lluvias afectaron la producción que se tenía prevista en la cantera Las Flores, por lo cual la chancadora Johesa se quedó sin material proveniente de esta cantera y tuvo que parar su producción. Entonces una causa raíz para que la chancadora Johesa no pueda completar su producción de agregados es que las lluvias afectaron a la cantera Las Flores. Por lo tanto se puede ver que en esta etapa se mejoró la identificación de las causas raíces de no cumplimiento.

Finalmente en la Figura N°5.66 se muestra la evolución de las causas de no cumplimiento hasta esta etapa. Según este resultado las causas de no cumplimiento más incidentes fueron las lluvias, se priorizó otras actividades y la inoperatividad o falta de equipo. Se continuó con la aplicación de medidas correctivas para las causas de no cumplimiento de manera parcial.

CONSORCIO		SEMANA N° 81					CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO												
PLAN SEMANAL N° 91																			
Asignación	Und	Prog.	Frente	% Avance	PAC	Ejec.	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falla	Mano de Obra Insuficiente o Falla	Problema Social o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Observaciones	
CANTERAS Y PLANTAS INDUSTRIALES (Caricac, Camacho, Franco, Mercado Soriano, Burga)																			
Cantera Las Flores																			
Extracción	m3	14286	CA	87%	NO	12434													
Over (63%)	m3	9000	CA	85%	NO	7668													
Zarandeado (37%)	m3	5286	CA	88%	NO	4662													
Cantera Peña Blanca Km 58+600																			
Extracción de Cantera	m3	6810	CA	100%	SI	6810													
Zarandeo de Arena Gruesa (54%)	m3	4680	CA	100%	SI	4680													
Zarandeo de Arena Fina (16%)	m3	322	CA	100%	SI	322													
Chancadora Metso Cosapi																			
Base Granular	m3	4320	CA	81%	NO	3490													
Chancadora Metso Johesa																			
Arena para Concreto	m3	420	CA	70%	NO	294													No hubo producción el lunes por lluvias. Se paró la producción el viernes a las 12 pm por falta de over de Las Flores por lluvias.
Piedra para Reprocesar (P/S)	m3	2160	CA	77%	NO	1655													No hubo producción el lunes por lluvias. Se paró la producción el viernes a las 12 pm por falta de over de Las Flores por lluvias.

Figura N°5.65 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 26 al 31 de agosto del 2013
Fuente: Elaboración propia.

Semana	Del	Al	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falla	Mano de Obra Insuficiente o Falla	Problema Social o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Total	Comentario
81	17/06/2013	23/06/2013	2	3	2	3	13	4		7	2	1	5	42	
82	24/06/2013	30/06/2013			14		5	2		12	7		3	43	
83	01/07/2013	06/07/2013	1	1	2		2				21		13	40	
84	08/07/2013	13/07/2013	3	3	5		13		1	11	1			37	
85	15/07/2013	20/07/2013	7	1	11	1	6			4			2	32	
86	22/07/2013	27/07/2013	1		4		3	7	7	4		2	4	32	
88	05/08/2013	10/08/2013	3		1		2			4	5		1	16	
89	12/08/2013	17/08/2013	1				4			4	12	1		22	
90	19/08/2013	24/08/2013	6		2		2			2	5		2	19	
91	26/08/2013	31/08/2013	1	2		1				6	13			23	
Causas Acumuladas			25	10	41	5	50	13	8	54	66	4	30	306	
Incidencia Acumulada			8%	3%	13%	2%	16%	4%	3%	18%	22%	1%	10%	100%	

Figura N°5.66 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 31 de agosto del 2013
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la Figura N°5.66 la causa de no cumplimiento más incidente era las lluvias, esto debido a que para esas fechas en la que se trabajó se estaba en época de sequía, y por lo tanto se hizo la planificación sin considerar la ocurrencia de lluvias. En este caso no es posible corregir esta causa de no cumplimiento, ya que son eventos externos extraordinarios los cuales no se pueden predecir. Esto suele ocurrir en zonas de la sierra donde se tiene un clima semi-lluvioso o lluvioso, y la única medida que se puede tomar

para mitigar los efectos es siempre tener un inventario de trabajo ejecutable con tareas adicionales a las programadas y que no sean afectadas por las lluvias.

Quinta Etapa: Del 02 al 28 de setiembre del 2013

Para esta etapa en la planificación intermedia todas las asignaciones programadas para la semana siguiente estaban libres de restricciones, por lo tanto se esperaba obtener un mayor cumplimiento. Con respecto a la programación de los trabajos semanales se siguió el mismo procedimiento que en la etapa anterior. Además se hizo una correcta identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento, hallando las causas raíces de cada incumplimiento. Esto se consiguió gracias al trabajo de mejora continua que se iba dando diariamente en las reuniones, y permitió finalmente que los últimos planificadores puedan identificar y clasificar correctamente las CNC, y además implementar medidas correctivas para cada una de ellas. Hasta esta etapa no se consideró al subcontratista de señalización, ni en la programación intermedia ni en la semanal.

En las Figuras N°5.67, 5.68, 5.69 y 5.70 se muestran los PAC de las semanas pertenecientes a esta etapa.

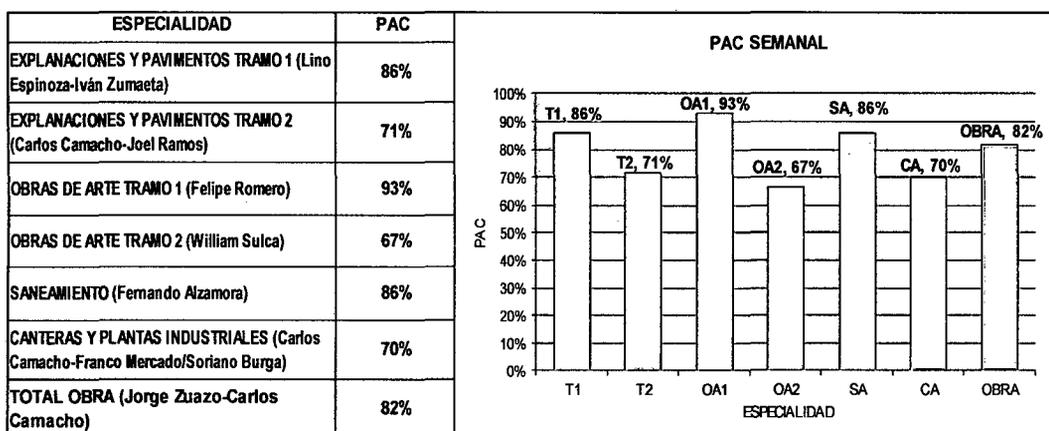


Figura N°5.67 PAC semana del 02 al 07 de setiembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

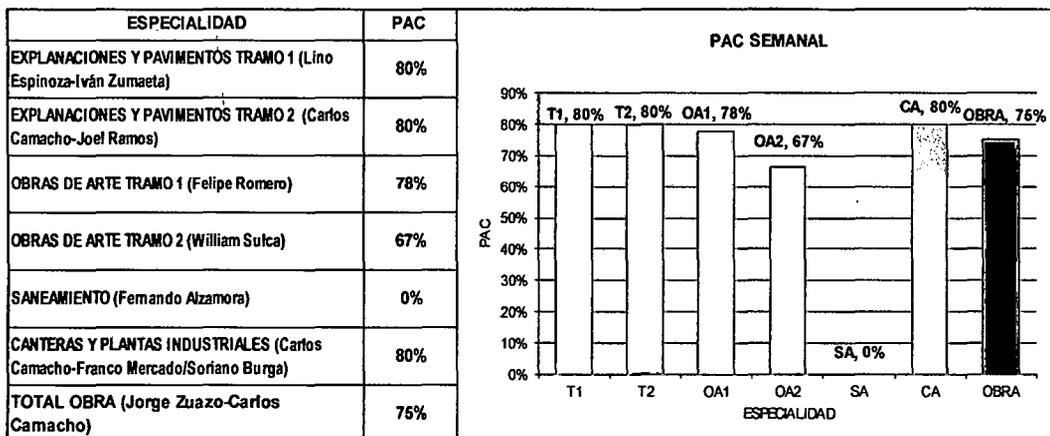


Figura N°5.68 PAC semana del 09 al 14 de setiembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

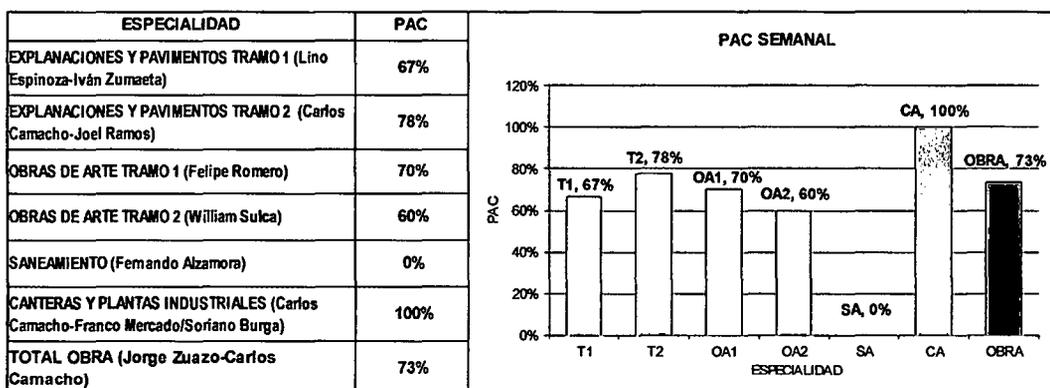


Figura N°5.69 PAC semana del 16 al 21 de setiembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

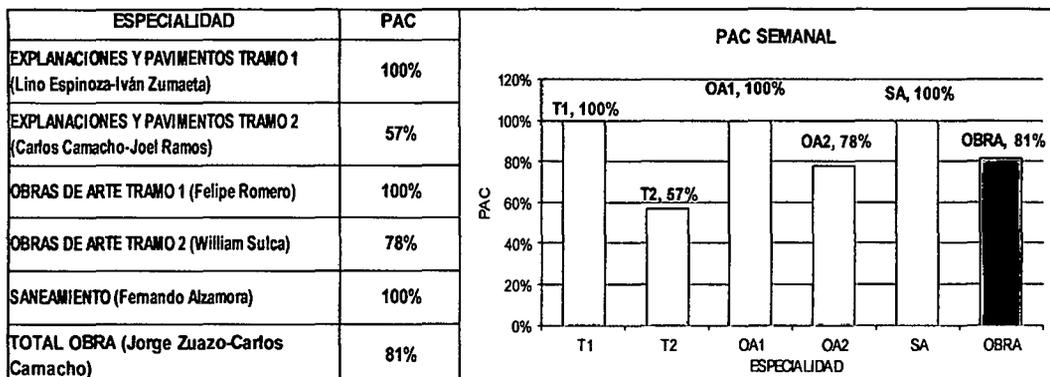


Figura N°5.70 PAC semana del 23 al 28 de setiembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°5.71 se muestra un ejemplo de la identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento en esta etapa.

CONSORCIO:		SEMANA N° 94						PLAN SEMANAL N°94											CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										
Asignación	Und	Prog.	Frentes	% Avance	PAC	Ejec.	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Observaciones											
ORRAS DE ARTE																													
TRAMO 2 (William Sulca)																													
Cuneta Triangular Tipo I																													
Km 79+960 @ 80+280	m	320	OA2	76%	NO	243												X	Tramo con presencia de roca.										
Cuneta Triangular Tipo II																													
Km 80+450 @ 81+050	m	600	OA2	62%	NO	374								X	X				Se priorizó la ejecución de cunetas en el Tramo I y Avías.										
Cuneta Triangular Tipo III																													
Km 80+760 @ 80+810	m	50	OA2	100%	SI	50																							
Cuneta Rectangular Tipo IV																													
Km 92+285 @ 92+670	m	385	OA2	44%	NO	168	X												Retraso en la Imprimación.										
Zanjas de Coronación																													
Km 76+800 @ 88+380	m	396	OA2	0%	NO	0							X						La población no permite la ejecución.										
Junta de Cunetas																													
Km 78+900 @ 92+100	m	900	OA2	100%	SI	900																							

Figura N°5.71 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 16 al 21 de setiembre del 2013
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente en la Figura N°5.72 se muestra la evolución de las causas de no cumplimiento hasta esta etapa. Según este resultado las causas de no cumplimiento acumuladas más incidentes fueron las lluvias, se priorizó otras actividades y la inoperatividad o falta de equipo. Se aplicaron medidas correctivas para las causas de no cumplimiento de todas las asignaciones que no fueron completadas.

Somana	Del	Al	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Total	Comentario
81	17/06/2013	23/06/2013	2	3	2	3	13	4		7	2	1	5	42	
82	24/06/2013	30/06/2013			14		5	2		12	7		3	43	
83	01/07/2013	06/07/2013	1	1	2		2				21		13	40	
84	08/07/2013	13/07/2013	3	3	5		13		1	11	1			37	
85	15/07/2013	20/07/2013	7	1	11	1	6			4			2	32	
86	22/07/2013	27/07/2013	1		4		3	7	7	4		2	4	32	
88	05/08/2013	10/08/2013	3		1		2			4	5		1	16	
89	12/08/2013	17/08/2013	1				4			4	12	1		22	
90	19/08/2013	24/08/2013	6		2		2			2	5		2	19	
91	26/08/2013	31/08/2013	1	2		1				6	13			23	
92	02/09/2013	07/09/2013	3	1		2			1	2			4	13	
93	09/09/2013	14/09/2013	3	1	3	1	2		1		5		1	17	
94	16/09/2013	21/09/2013	4	1	1			1	1	2	3		2	15	
95	23/09/2013	28/09/2013	1			1				3				5	
Causas Acumuladas			36	13	45	9	52	14	11	61	74	4	37	356	
Incidencia Acumulada			10%	4%	13%	3%	15%	4%	3%	17%	21%	1%	10%	100%	

Figura N°5.72 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 28 de setiembre del 2013
Fuente: Elaboración propia.

La incidencia acumulada de las causas de no cumplimiento hasta esta etapa resultaron muy similares a lo obtenido hasta la etapa anterior, ya que en esta

etapa se mejoró el porcentaje de asignaciones completadas, es decir se tuvo una planificación más confiable, por ende la cantidad de causas de no cumplimiento fue menor.

Sexta Etapa: Del 30 de setiembre al 19 de octubre del 2013

Para esta etapa en la planificación intermedia todas las asignaciones programadas para la semana siguiente a ejecutar por el Consorcio estaban libres de restricciones, pero además se incluyó la programación de trabajos del subcontratista de señalización CAR. Para los trabajos del subcontratista sí se tenía restricciones en la semana siguiente, por los motivos que se explicaron anteriormente en la planificación intermedia. Con respecto a la programación de los trabajos se siguió un procedimiento similar al de la etapa anterior, con la diferencia que se agregó una nueva especialidad correspondiente a la señalización y se designó a los ingenieros del Consorcio responsables de la supervisión de los trabajos del subcontratista. Por lo tanto, eran ellos en conjunto con el subcontratista los encargados del cumplimiento de las asignaciones. Se continuó haciendo una correcta identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento de las asignaciones no completadas del Consorcio, en cuanto al incumplimiento del subcontratista se inició con este sistema, y por lo tanto todavía era deficiente. Con respecto a la aplicación de medidas correctivas, éstas se continuaron aplicando por parte del Consorcio, pero en el caso del subcontratista sólo se hizo de manera parcial para algunos casos.

En las Figuras N°5.73, 5.74 y 5.75 se muestran los PAC de las semanas pertenecientes a esta etapa.

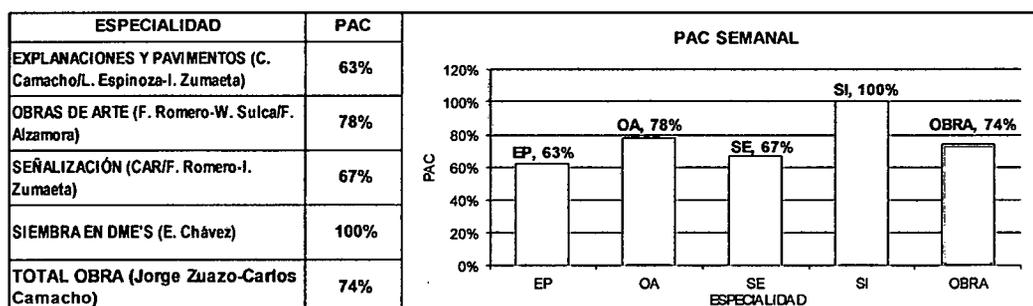


Figura N°5.73 PAC semana del 30 de setiembre al 05 de octubre del 2013
Fuente: Elaboración propia.

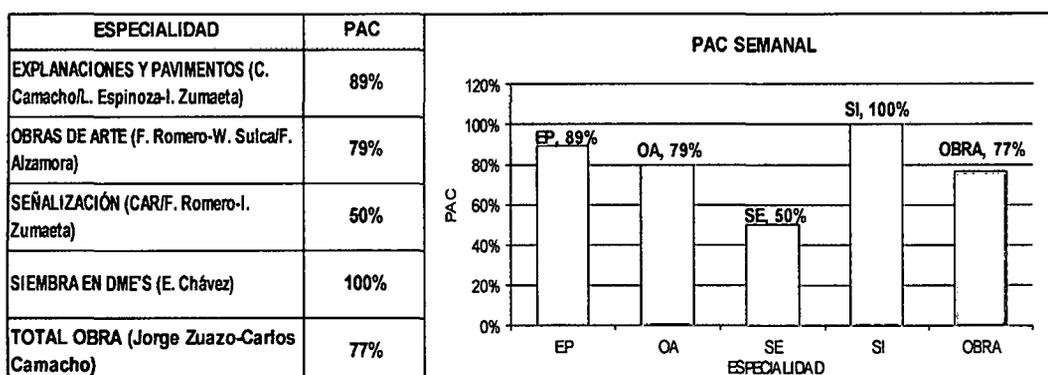


Figura N°5.74 PAC semana del 07 al 12 de octubre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

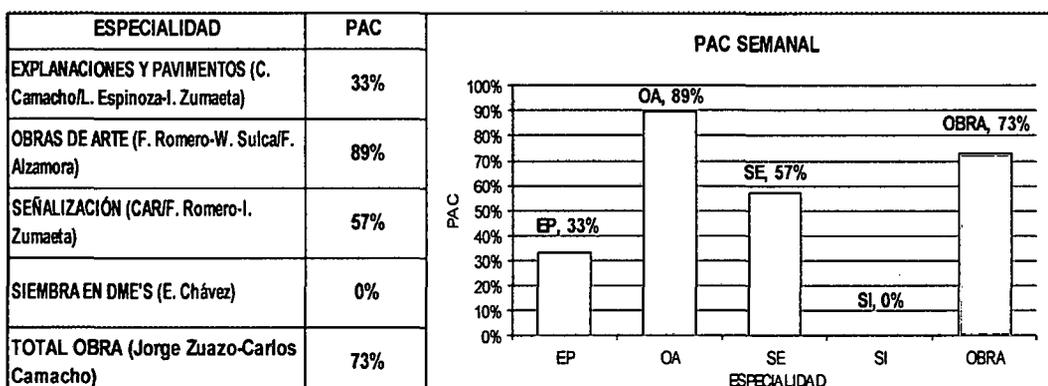


Figura N°5.75 PAC semana del 14 al 19 de octubre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°5.76 se muestra un ejemplo de la identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento para los trabajos de señalización del subcontratista en esta etapa. Como se puede ver las asignaciones que no pudo completar el subcontratista son clasificadas de la misma manera que para el Consorcio, ya que finalmente todos son trabajos para el proyecto.

Finalmente en la Figura N°5.77 se muestra la evolución de las causas de no cumplimiento hasta esta etapa. Según este resultado las causas de no cumplimiento acumuladas más incidentes fueron las lluvias, se priorizó otras actividades y la inoperatividad o falta de equipo.

CONSORCIO		SEMANA N° 97										CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO									
PLAN SEMANAL N°97																					
Asignación	Und	Prog.	Frentes	% Avance	PAC	Ejec.	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Observaciones			
SEÑALIZACIÓN (CAR/F. Romero-I. Zumaeta)																					
Postes de Señales (Concreto)																					
Fabricación	und	100	SE	100%	SI	100															
Postes Deineadores (Concreto)																					
Fabricación	und	553	SE	100%	SI	553															
Hitos Kilométricos (Concreto)																					
Fabricación	und	36	SE	0%	NO	0		X											Falta de definición de la ruta que irá grabada en los hitos.		
Pórtico Soporte de Fierro																					
Fabricación	und	30	SE	100%	SI	30															
Estructura de Soporte de Señales Tipo E Pedestales																					
Ejecución	und	30	SE	0%	NO	0							X		X				Falta de personal y lúmas.		
Guardavías																					
Excavación para postes	und	540	SE	50%	NO	269			X						X				Llegada tardía de los postes y lúmas.		
Colocación de postes	und	612	SE	78%	NO	480			X						X				Llegada tardía de los postes y lúmas.		
Construcción de Gibas																					
Km 52+780 @ 65+770	und	2.5	SE	100%	SI	3															

Figura N°5.76 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 07 al 12 de octubre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Semana	Del	Al	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Total	Comentario
81	17/06/2013	23/06/2013	2	3	2	3	13	4		7	2	1	5	42	
82	24/06/2013	30/06/2013			14		5	2		12	7		3	43	
83	01/07/2013	06/07/2013	1	1	2		2				21		13	40	
84	08/07/2013	13/07/2013	3	3	5		13		1	11	1			37	
85	15/07/2013	20/07/2013	7	1	11	1	6			4			2	32	
86	22/07/2013	27/07/2013	1		4		3	7	7	4			2	32	
88	05/08/2013	10/08/2013	3		1		2			4	5		1	16	
89	12/08/2013	17/08/2013	1				4			4	12	1		22	
90	19/08/2013	24/08/2013	6		2		2			2	5		2	19	
91	26/08/2013	31/08/2013	1	2		1				6	13			23	
92	02/09/2013	07/09/2013	3	1		2			1	2			4	13	
93	09/09/2013	14/09/2013	3	1	3	1	2		1		5		1	17	
94	16/09/2013	21/09/2013	4	1	1			1	1	2	3		2	15	
95	23/09/2013	28/09/2013	1			1				3				5	
96	30/09/2013	05/10/2013	2	1	1	1				2	3			10	
97	07/10/2013	12/10/2013	2	1		3		2	1	1	3		1	14	
98	14/10/2013	19/10/2013				1					8			9	
Causas Acumuladas			40	15	46	14	52	16	12	64	88	4	38	389	
Incidencia Acumulada			10%	4%	12%	4%	13%	4%	3%	16%	23%	1%	10%	100%	

Figura N°5.77 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 19 de octubre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la señalización en esta etapa, según el PAC no se estaba obteniendo buenos resultados en esta especialidad, además según las CNC identificadas se tenía problemas con el envío de los materiales por parte del subcontratista desde Lima, falta de personal para cumplir con las metas diarias y

la presencia de lluvias, ya que se estaba ingresando al siguiente período de lluvias. Por estas razones, y considerando que la señalización era la última etapa para la culminación del proyecto se decidió intervenir en los trabajos del subcontratista para conseguir un mayor cumplimiento, para esto se designó a un empleado del Consorcio como supervisor, quien tenía como funciones verificar y reportar los avances y apoyar con recursos del Consorcio cuando sea necesario.

Con respecto a las lluvias, del reporte de evolución de las CNC, se observó que la mayoría de causas cada semana fueron debido a éstas, por lo tanto, se concluyó que para las siguientes semanas se debía programar los trabajos teniendo en cuenta que ya se estaría en período de lluvias, y por lo tanto los rendimientos y avances serían menores que los que se tiene en un período de sequía. Además los recursos como la mano de obra y equipos debían disminuir, ya que sólo debían quedar en obra los estrictamente necesarios, y de esa manera evitar el sobre costo que estos generan considerando que son los más incidentes.

Séptima Etapa: Del 21 de octubre al 09 de noviembre del 2013

Para esta etapa en la planificación intermedia todas las asignaciones programadas para la semana siguiente a ejecutar por el Consorcio y el subcontratista CAR estaban libres de restricciones. Como se vio en la etapa anterior, para mejorar el cumplimiento de CAR se designó un supervisor perteneciente al Consorcio, el cual hasta el 29 de octubre sólo se encargó de supervisar y controlar el avance, sin embargo, al presentarse constantes retrasos del subcontratista sobre todo por falta de mano de obra, al supervisor se le asignó obreros provenientes de otras especialidades cuyos trabajos habían concluido, y con los cuales se formaron cuadrillas para diferentes trabajos de señalización a partir del 30 de octubre, sin embargo estas cuadrillas no eran especializadas en señalización por lo tanto en esta etapa estuvieron aún en proceso de aprendizaje, teniendo bajos rendimientos al inicio pero mejorando con el transcurrir de los días. Para la programación de los trabajos se siguió un procedimiento similar al de la etapa anterior, con la diferencia que ahora habían asignaciones en la especialidad de señalización que debían ser ejecutadas por el Consorcio. Se hizo una correcta identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento de las asignaciones no completadas del Consorcio y del subcontratista. Con respecto a la aplicación de medidas correctivas, éstas se

continuaron aplicando por parte del Consorcio, y se mejoró para el subcontratista, quien entendió de su importancia y mostró un mayor compromiso.

En las Figuras N°5.78, 5.79 y 5.80 se muestran los PAC de las semanas pertenecientes a esta etapa.

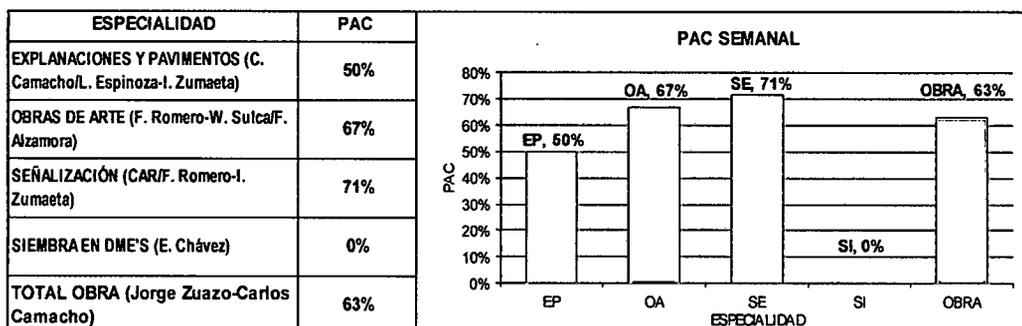


Figura N°5.78 PAC semana del 21 al 25 de octubre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

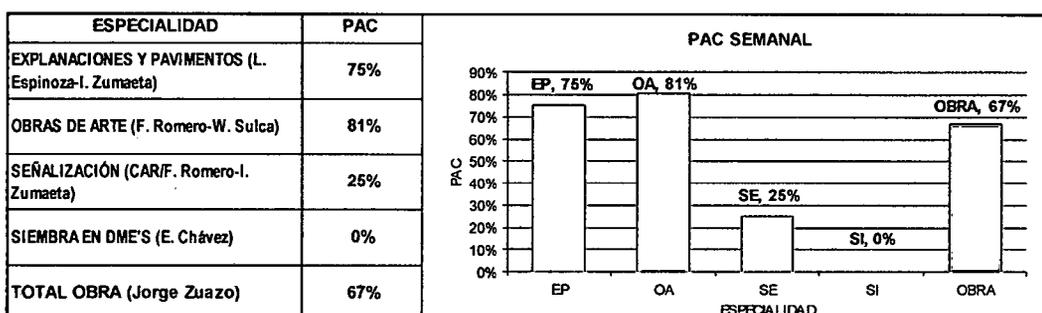


Figura N°5.79 PAC semana del 28 de octubre al 02 de noviembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

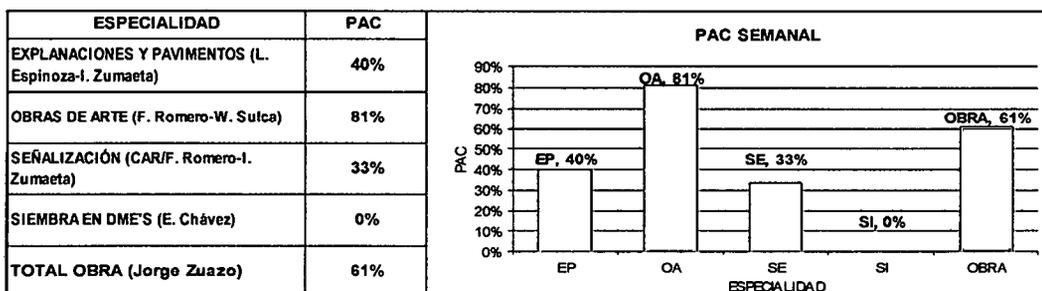


Figura N°5.80 PAC semana del 04 al 09 de noviembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°5.81 se muestra un ejemplo de la identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento para los trabajos de señalización en esta etapa.

CONSORCIO		SEMANA N° 100						CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										
Asignación	Und	Prog.	Frente	% Avance	PAC	Ejec.	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Observaciones
SEÑALIZACIÓN (CAR/F. Romero-I. Zemaeta)																		
Postes Deflineadores (Concreto)																		
Fabricación	und	81	SE	100%	81	81												
Colocación	und	564	SE	73%	NO	413						X						Se necesita más personal para cumplir con lo programado.
Postes de Señales (Concreto)																		
Fabricación	und	27	SE	100%	81	27												
Colocación	und	120	SE	57%	NO	68						X		X				Se necesita más personal para cumplir con lo programado y lluvias constantes.
Hitos Kilométricos (Concreto)																		
Fabricación	und	31	SE	58%	NO	18								X				Se priorizó la fabricación de los postes deflineadores y de señales.
Guardavías																		
Colocación de postes	und	600	SE	42%	NO	252						X						La mano de obra es insuficiente para cumplir con el rendimiento programado.
Colocación de vigas	und	300	SE	5%	NO	14						X						El domingo 3 sólo asistió el 10% del personal.

Figura N°5.81 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana del 28 de octubre al 03 de noviembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente en la Figura N°5.82 se muestra la evolución de las CNC hasta esta etapa. Según este resultado las causas de no cumplimiento acumuladas más incidentes fueron las lluvias, se priorizó otras actividades y la inoperatividad o falta de equipo.

Semana	Del	Al	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Total	Comentario
81	17/06/2013	23/06/2013	2	3	2	3	13	4		7	2	1	5	42	
82	24/06/2013	30/06/2013			14		5	2		12	7		3	43	
83	01/07/2013	06/07/2013	1	1	2		2				21		13	40	
84	08/07/2013	13/07/2013	3	3	5		13		1	11	1			37	
85	15/07/2013	20/07/2013	7	1	11	1	6			4			2	32	
86	22/07/2013	27/07/2013	1		4		3	7	7	4		2	4	32	
88	05/08/2013	10/08/2013	3		1		2			4	5		1	16	
89	12/08/2013	17/08/2013	1				4			4	12	1		22	
90	19/08/2013	24/08/2013	6		2		2			2	5		2	19	
91	26/08/2013	31/08/2013	1	2		1				6	13			23	
92	02/09/2013	07/09/2013	3	1		2			1	2			4	13	
93	09/09/2013	14/09/2013	3	1	3	1	2		1		5		1	17	
94	16/09/2013	21/09/2013	4	1	1			1	1	2	3		2	15	
95	23/09/2013	28/09/2013	1			1				3				5	
96	30/09/2013	05/10/2013	2	1	1	1				2	3			10	
97	07/10/2013	12/10/2013	2	1		3		2	1	1	3		1	14	
98	14/10/2013	19/10/2013				1					8			9	
99	21/10/2013	25/10/2013	3	3	1	1		1			7			16	
100	28/10/2013	02/11/2013			2			5	2	2	5			16	
101	04/11/2013	09/11/2013	2			4	2	3	3				1	15	
Causas Acumuladas			45	18	49	19	54	25	17	66	100	4	39	436	
Incidencia Acumulada			10%	4%	11%	4%	12%	6%	4%	15%	23%	1%	9%	100%	

Figura N°5.82 Evolución de las causas de no cumplimiento del 17 de junio al 09 de noviembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°5.82 se puede ver que en la primera semana de esta etapa la principal causa de no cumplimiento fue las lluvias, en la segunda semana también fue las lluvias y la falta de mano de obra del subcontratista y en la tercera semana fue la falta de materiales, la falta de mano de obra del subcontratista y problemas sociales con los propietarios de los terrenos. De estas causas, en la cual se podía aplicar medidas correctivas más efectivas por ser una causa interna era la falta de mano de obra del subcontratista, la cual se repitió durante varios días en las reuniones de medición del cumplimiento, y por lo cual se decidió tomar personal del Consorcio para los trabajos de señalización como se mencionó anteriormente. Con respecto a los materiales se tomaron medidas de mejora de la logística de los pedidos para acelerar las llegadas, esto se mejoró más que nada en la planificación intermedia donde se hace el análisis de restricciones. Con respecto a las lluvias y problemas sociales son factores externos, para el primero se decidió iniciar las labores más temprano y así mitigar sus efectos y para el segundo se hizo un programa especial de seguimiento de liberación de restricciones con cada propietario de terreno.

Octava Etapa: Del 11 al 30 de noviembre del 2013

Para esta etapa se siguió con el mismo procedimiento en la planificación intermedia y semanal tanto para el Consorcio como para el subcontratista CAR. Para el caso de la señalización el personal del Consorcio ya había adquirido experiencia en la etapa anterior por lo cual mostró un mejor rendimiento en los avances. Sin embargo, se siguió teniendo algunos déficit de mano de obra, esto debido a que con el transcurrir de las semanas las probabilidades de lluvias eran mayores, y se corría el riesgo de no poder terminar la obra dentro del plazo contractual, por lo cual cada asignación se programaba con rendimientos relativamente optimistas, para lo cual se tenía que ingresar más recursos (mano de obra), incluso en algunos casos se tenía que contratar personal nuevo, y esto implica trámites administrativos que no siempre se cumplen en la fecha esperada. Además cada semana iban apareciendo nuevas asignaciones de señalización, y entonces el tiempo de aprendizaje de los trabajadores del Consorcio tenía que ser mucho más corto que antes. Con respecto a los materiales, en esta etapa era crucial que todos estén en obra a tiempo, y como se tuvo varios retrasos con el transporte desde Lima por parte del subcontratista, se decidió utilizar los recursos del Consorcio para superar este déficit. Todo esto

implicó un gran esfuerzo tanto de los obreros como de la línea de mando en virtud de cumplir con el objetivo de culminación del proyecto. Se hizo una correcta identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento del Consorcio y del subcontratista. Con respecto a la aplicación de medidas correctivas, éstas fueron aplicadas por parte del Consorcio y del subcontratista, y de una manera mucho más anticipada, es decir se incrementó la aplicación de correcciones inmediatas. Con esta etapa se culminó el seguimiento a la implementación del Sistema del Último Planificador en el proyecto.

En las Figuras N°5.83, 5.84 y 5.85 se muestran los PAC de las semanas pertenecientes a esta etapa.

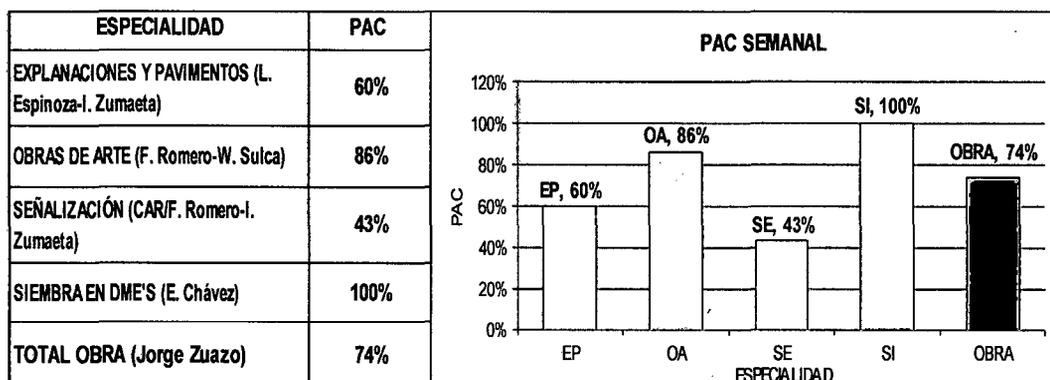


Figura N°5.83 PAC semana del 11 al 16 de noviembre del 2013
Fuente: Elaboración propia.

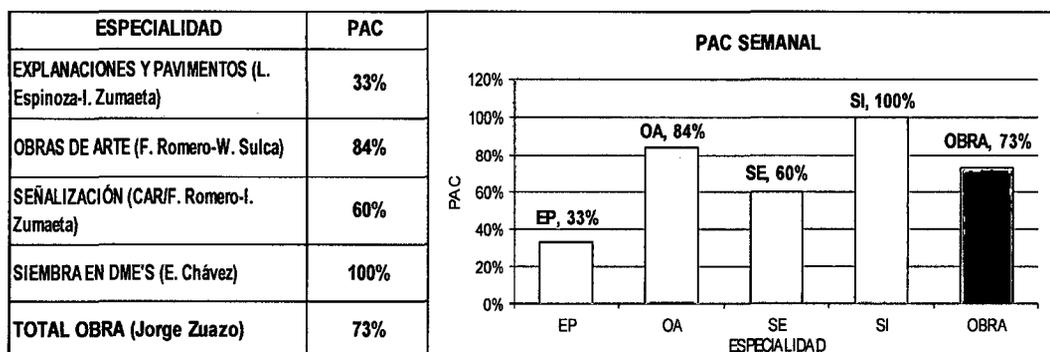


Figura N°5.84 PAC semana del 18 al 23 de noviembre del 2013
Fuente: Elaboración propia.

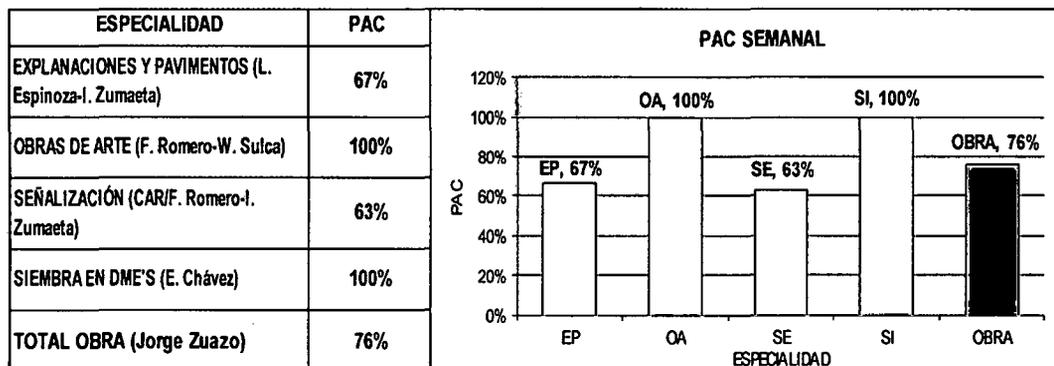


Figura N°5.85 PAC semana del 25 al 30 de noviembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°5.86 se muestra un ejemplo de la identificación y clasificación de las causas de no cumplimiento para los trabajos de señalización en esta etapa.

CONSORCIO: SEMANA N° 183							CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO												Observaciones
PLAN SEMANAL N°183							Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Mala Planificación	Falta de Material (Presura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mala de Obra Insuficiente o Falta	Problemas Sociales o Puro	Prioridad Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucciones o Cambio de Planificación	Reprobación de Obra	Otros	
Asignación	Und	Prog.	Frentes	% Avance	PAC	Ejec.													
SEÑALIZACIÓN (CAR/F. Romero-I. Zumaeta)																			
Postes Defensores (Concreto)																			
Colocación	und	540	SE	91%	NO	490													Faltó personal para concluir con la colocación de delineadores y se priorizó la colocación de postes de guardavías.
Guardavías																			
Colocación de postes	und	325	SE	100%	SI	325													
Colocación de vigas	und	900	SE	100%	SI	900													
Estructura de Soporte de Señales Tipo E																			
Colocación	und	42	SE	0%	NO	0			X										No llegaron las estructuras de soporte a obra para su colocación.
Pintado de Postes																			
Postes de señales y delineadores	und	900	SE	51%	NO	458					X								Falta de mano de obra y se priorizó la colocación de postes de guardavías.
Señales Informativas																			
Fabricación	und	44	SE	100%	SI	44													
Marcas en el Pavimento																			
Pintado	Km	56	SE	100%	SI	56													
Pintado de OA																			
Pintado de Muros	m	1281	SE	81%	NO	1043			X										Retraso en la llegada a obra de la pintura blanca.

Figura N°5.86 Vista de las causas de no cumplimiento de la semana 18 al 23 de noviembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente en la Figura N°5.87 se muestra la evolución de las causas de no cumplimiento hasta esta última etapa. Según este resultado las causas de no cumplimiento acumuladas más incidentes durante toda la implementación fueron las lluvias, se priorizó otras actividades y la inoperatividad o falta de equipos.

Semana	Del	Al	Pre-Requisito o Área No Liberada	Cambio en el Proyecto o Plano No Definido	Malta Planificación	Falta de Material (Procura)	Inoperatividad de Equipo o Falta	Mano de Obra Insuficiente o Falta	Problema Social o Paros	Priorizó Otras Actividades	Condiciones Climáticas (Lluvias)	Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra	Otros	Total	Comentario	
81	17/06/2013	23/06/2013	2	3	2	3	13	4		7	2	1	5	42		
82	24/06/2013	30/06/2013			14		5	2		12	7		3	43		
83	01/07/2013	05/07/2013	1	1	2		2				21		13	40		
84	08/07/2013	13/07/2013	3	3	5		13		1	11	1			37		
85	15/07/2013	20/07/2013	7	1	11	1	6			4			2	32		
86	22/07/2013	27/07/2013	1		4		3	7	7	4		2	4	32		
88	05/08/2013	10/08/2013	3		1		2			4	5		1	16		
89	12/08/2013	17/08/2013	1				4			4	12	1		22		
90	19/08/2013	24/08/2013	6		2		2			2	5		2	19		
91	26/08/2013	31/08/2013	1	2		1				6	13			23		
92	02/09/2013	07/09/2013	3	1		2			1	2			4	13		
93	09/09/2013	14/09/2013	3	1	3	1	2		1		5		1	17		
94	16/09/2013	21/09/2013	4	1	1			1	1	2	3		2	15		
95	23/09/2013	28/09/2013	1			1				3				5		
96	30/09/2013	05/10/2013	2	1	1	1				2	3			10		
97	07/10/2013	12/10/2013	2	1		3		2	1	1	3		1	14		
98	14/10/2013	19/10/2013				1					8			9		
99	21/10/2013	25/10/2013	3	3	1	1		1			7			16		
100	28/10/2013	02/11/2013			2			5	2	2	5			16		
101	04/11/2013	09/11/2013	2			4	2	3	3				1	15		
102	11/11/2013	16/11/2013			1	1	2	2	1	1		1	2	9		
103	18/11/2013	23/11/2013	1		1	2	1	4		2				11		
104	25/11/2013	30/11/2013			1	1		4		1				7		
Causas Acumuladas			46	18	52	23	55	35	18	70	100	5	41	463		
Incidencia Acumulada			10%	4%	11%	5%	12%	8%	4%	15%	22%	1%	9%	100%		

Figura N°5.87 Evolución de las causa de no cumplimiento del 17 de junio al 30 de noviembre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

5.3.11 Reuniones

Como ya se mostró anteriormente, durante la primera reunión de capacitación del grupo de trabajo en el Sistema del Último Planificador se definieron los horarios y frecuencias de las reuniones, estableciéndose al inicio: una reunión general de obra a la semana, una reunión semanal de planificación y reuniones diarias de PAC. Los criterios que se tuvieron para determinar estas reuniones fueron los siguientes:

- Se establecieron los horarios más adecuados, de manera que no se interfiera con las demás actividades de los asistentes y así se pueda exigir la puntualidad. Además es ideal que la hora de inicio sea lo más estable para dar la seriedad que se necesita.
- Se establecieron las duraciones estrictamente necesarias para cada reunión, considerando que el tiempo debe ser utilizado de forma productiva con temas puntuales y necesarios, evitando extenderse sobre cuestiones que pueden ser tratadas en otro momento con sólo las personas involucradas. Esto es muy importante ya que los asistentes deben participar de manera activa en las reuniones.
- Las reuniones generales contaron con la participación del gerente, residente, ingenieros de producción y jefes de área principalmente, sin embargo, si era

necesario la presencia de alguien más se le comunicaba. En estas reuniones se trataban sobre todo temas de gestión que eran registrados en un acta con sus respectivos responsables y fechas de liberación. El formato que se utilizó para llevar este registro fue el mismo que se mostró en el estado de la planificación previo a la implementación del Sistema del Último Planificador.

- Las reuniones semanales de planificación contaron con la participación del gerente, residente, ingenieros de producción e ingenieros de planeamiento. Si era necesario la presencia de alguien más se le comunicaba.
- Las reuniones diarias de PAC contaron con la participación del gerente, residente, ingenieros de producción, ingenieros de planeamiento y subcontratista de señalización principalmente, sin embargo, si era necesario la presencia de alguien más se le comunicaba. Las reuniones diarias no están especificadas en el Sistema del Último Planificador, por lo que depende de la necesidad y decisión de cada proyecto, en algunos se hace una reunión a mitad de semana, pero en este caso se decidió hacerla diariamente por las siguientes razones: cada ingeniero de producción debe tener claro cuál fue su avance diario, se hace mayor seguimiento a la liberación de las restricciones, se pueden aplicar medidas correctivas a las asignaciones que no se están cumpliendo antes que finalice la semana, se hacen coordinaciones previas al trabajo, se va midiendo el avance de cada especialidad lo que genera una mayor competencia interna, etc. Como se puede ver todas estas razones son beneficiosas para el proyecto, además teniendo la facilidad que los ingenieros residen en la obra se pudo llevar a cabo las reuniones diarias.

Con respecto a las reuniones generales de obra, en el transcurso de la implementación del Sistema del Último Planificador éstas fueron canceladas, debido a que se notó que eran poco productivas y en parte redundantes, ya que por ejemplo las principales restricciones son identificadas en la planificación intermedia, y para aquellos pendientes que no estuvieran incluidos ahí los involucrados podían tratarlo de manera personal o en las reuniones diarias o semanales, donde se les daba la opción de poder participar si era necesario.

A continuación se especificará cómo se llevaron las reuniones semanales y diarias en el proyecto.

a) Reunión de Planificación Semanal

Se llevaron a cabo todos los sábados a partir de las 3 p.m., con una duración de 3 horas generalmente. Para cada reunión se seguía el siguiente procedimiento:

- Se tenía el PAC hasta el viernes, entonces se calculaba hasta el sábado con la información dada por los ingenieros de producción, ya que los reportes de campo todavía se tenían al final de la jornada y luego se mostraba la evolución del PAC a lo largo de las semanas. Si había producción los domingos, ésta era agregada directamente de los reportes ese mismo día.
- Se revisaba el PAC de cada especialidad y se hacía una sustentación del resultado por parte del ingeniero responsable.
- Se registraban todas las causas de no cumplimiento definitivas al cierre de la semana, ya que en las reuniones diarias se iban registrando las posibles causas de no cumplimiento que se iban identificando. Se hacían comentarios sobre estas CNC y se mostraba la evolución y el acumulado de las estas.
- Se tomaban las medidas correctivas inmediatas o posteriores para evitar que se repitan las CNC.
- Se analizaban las asignaciones que no pudieron ser completadas y las medidas a tomar por el incumplimiento.
- Se realizaba un paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados. Este análisis era liderado por el gerente y el residente del proyecto.
- Cuando fue necesario se revisó el Diagrama Tiempo Camino actualizado por el ingeniero de planeamiento, y se hacían las modificaciones necesarias.
- Se aumentaba una semana a la ventana del Lookahead y desglosaban las actividades del Diagrama Tiempo Camino. Para hacer más ágil este paso el ingeniero de planeamiento llevaba un borrador del nuevo Lookahead, el cual era modificado durante la reunión.
- Para tener el nuevo Lookahead definitivo, se utilizaba la pizarra de la sala de reuniones donde los ingenieros de producción programaban de manera lineal sus trabajos, y paralelamente se iban registrando las restricciones por cada tarea (ver Figura N°5.88), luego se hacía un análisis de recursos para los trabajos programados (ver Figura N° 5.89).

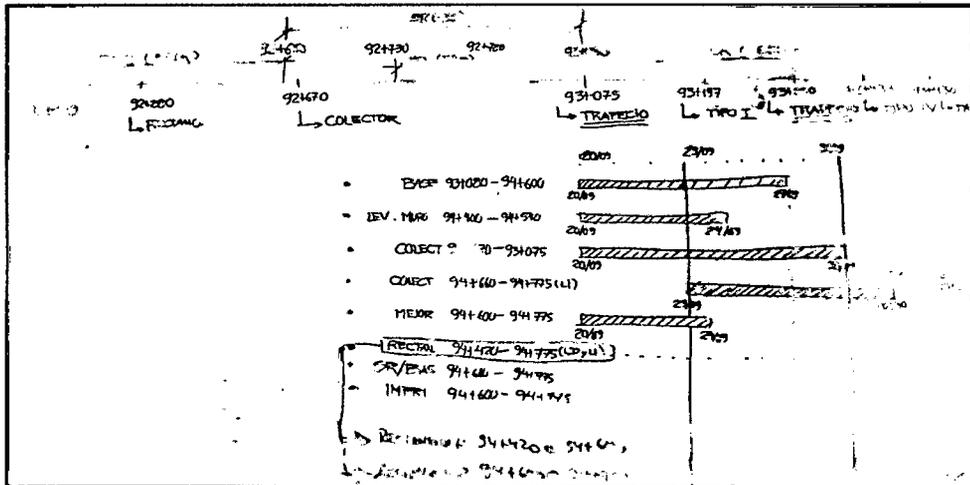


Figura N°5.88 Programación intermedia en pizarra

Fuente: Elaboración propia.

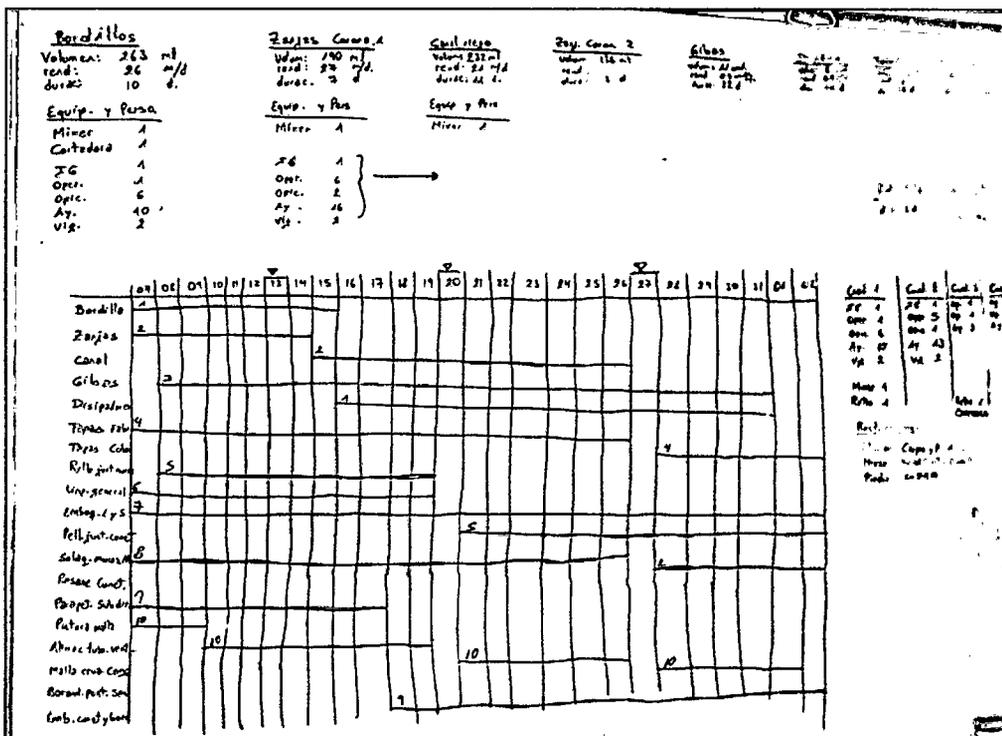


Figura N°5.89 Análisis de recursos en pizarra

Fuente: Elaboración propia.

- Luego que se tenían registradas todas las restricciones (antiguas y nuevas), se definían los responsables y las fechas de levantamiento.
- Se determinaba el inventario de trabajo ejecutable.
- Del ITE se elaboraba el programa de trabajo de la semana siguiente.

- Se hacían las coordinaciones necesarias para poder cumplir con lo programado para la semana siguiente.
- Finalizada la reunión, el ingeniero de planeamiento era el encargado de pasar el programa de la semana siguiente al formato utilizado en el proyecto y junto con la planificación intermedia y el PAC de la semana distribuirlo vía correo electrónico a todos los involucrados como máximo hasta el lunes a las 7 a.m., ya que en algunas ocasiones se ejecutaban trabajos los domingos.

b) Reunión Diaria de PAC

Las reuniones diarias de PAC se llevaban a cabo de lunes a viernes a partir de las 7 p.m., con una duración de entre 45 minutos a una hora. Estas reuniones fueron teniendo mejoras durante toda la etapa de implementación del Sistema del Último Planificador conforme se iban identificando las deficiencias que se tenían. Finalmente luego de las mejoras aplicadas, para cada reunión diaria de PAC se seguía el siguiente procedimiento:

- Cada ingeniero de producción responsable y/o asistente de cada especialidad llevaba los reportes de producción de campo con el metrado ejecutado durante la jornada laboral. Para esto previamente el ingeniero debía revisar y firmar estos reportes.
- Cada ingeniero de producción responsable y/o asistente de cada especialidad reportaba sus metrados diarios, y el ingeniero de planeamiento los iba registrando en el archivo del PAC. Así mismo para cada asignación en la cual no se había cumplido con el metrado programado para el día se iban registrando las posibles CNC que eran definidas al final de la semana y se tomaban las medidas correctivas necesarias.
- Con el reporte de los metrados se hacía la comparación entre el metrado programado y el ejecutado en el transcurso de la semana por cada especialidad. En el caso de carreteras no es recomendable calcular un PAC diario, ya que la mayoría de asignaciones duran toda la semana, por lo tanto sólo al final de la semana se conocerá a las asignaciones que fueron completadas como las que no. Por este motivo se utilizó el porcentaje de avance por asignación, el cual es un referente para conocer su estado, ya que por ejemplo al ir obteniendo porcentajes de avance menores a los programados durante la semana era un indicador que muy probablemente

esa asignación no iba a ser completada, sin embargo también se podía ir obteniendo un porcentaje de avance alto pero finalmente no llegar a completarse la asignación, lo cual demuestra que no hay una relación completamente directa entre el avance y el PAC.

- Para las actividades a realizar en los siguientes días los ingenieros de producción daban a conocer las restricciones que se hubieran podido presentar en el transcurso de la semana y se tomaban las medidas correctivas necesarias para levantarlas. También se hacían las coordinaciones de usos de recursos, por ejemplo: préstamo de personal de una especialidad a otra cuando se tenía que dar prioridad al cumplimiento de alguna asignación por motivo de lluvias u otro, préstamo de materiales por retraso en las llegadas, solicitud de liberaciones con la supervisión, etc.
- Finalmente se hacían comentarios y/o recomendaciones de los asistentes sobre algunas mejoras a aplicar en la implementación del Sistema del Último Planificador en la obra.

5.3.12 Control

Para llevar el control durante la implementación del Sistema del Último Planificador se continuó utilizando los reportes que se describieron en el estado del control previo a la implementación, sin embargo algunos fueron mejorados y se implementaron otros nuevos. A continuación se describirán todas las mejoras tanto en gestión como en el sistema de trabajo que se aplicaron para llevar un mejor control del proyecto.

a) Reportes de Campo

Los formatos que se utilizaron fueron muy similares a los que se mostraron en el estado del control previo a la implementación. Sin embargo con respecto al sistema de trabajo se tuvieron varias mejoras, las cuales fueron:

- Cada jefe de grupo responsable de reportar los trabajos de campo debía elaborar su reporte diariamente, y al final de la jornada entregarlo al supervisor o ingeniero responsable, quien lo revisaba y firmaba, y luego utilizaba para reportar sus avances durante las reuniones diarias de PAC. Finalmente estos reportes se hacían llegar a Control de Proyectos donde

quedaban archivados tanto para el uso del área como para ser consultados en cualquier momento ante alguna necesidad en el proyecto.

- Se tuvo hasta tres subcontratistas en obras de arte, a los cuales se les entregaron los mismos formatos que utilizaba el personal del consorcio para reportar sus avances diarios. Estos reportes eran llenados por los supervisores o ingenieros responsables de cada subcontratista, y debían ser firmados además por el ingeniero de producción del consorcio responsable del tramo donde estaban trabajando para luego ser presentado a Control de Proyectos. Con respecto a la frecuencia de presentación de estos reportes, debía ser de manera diaria, sin embargo, en el proceso se tuvo algunas restricciones como que el subcontratista estaba alojado en algún campamento satélite y no le era posible llegar al principal por algún motivo, entonces se presentaba como máximo de manera interdiaria, lo cual fue aceptado siempre y cuando no estuvieran involucradas actividades críticas para el avance del proyecto. El reporte de campo de los subcontratistas significó una gran mejora ya que permitió que ellos mismos, los ingenieros de producción responsables, Control de Proyectos, etc., estén bien informados de sus avances y se puedan tomar decisiones con respecto a sus trabajos, además esto permitía que los subcontratistas pudieran comunicar de mejor manera sus restricciones y a tiempo. Finalmente estos reportes también fueron de gran utilidad para las valorizaciones de sus trabajos.
- Para el reporte de los trabajos de campo del subcontratista de señalización CAR al inicio se le planteó seguir la misma metodología que para los subcontratistas de obras de arte, sin embargo, se tenía inconvenientes como un solo supervisor para toda la carretera, el ingeniero responsable no estaba de manera permanente en el proyecto, el personal no había elaborado anteriormente este tipo de reportes, etc., por lo tanto cuando se asignó un supervisor del consorcio para hacer seguimiento a sus trabajos, éste también era encargado de reportar diariamente los avances en las reuniones de PAC y en un archivo en Excel a Control de Proyectos.
- Para la producción de asfalto se requerían varios materiales: PEN, Bunker, aditivo Quimibond, arena chancada, piedra chancada y arena lavada. Anteriormente se estuvo llevando el control diario de PEN, Bunker y Quimibond, ya que hay que hacer el pedido de estos materiales con

anticipación, para lo cual el encargado de la planta de asfalto reportaba los consumos en cada día de producción, y esta información era entregada a Control de Proyectos. Con respecto a los agregados, se vio la importancia de llevar un control diario de su uso por las siguientes razones: el asfalto es una actividad crítica, sobre todo en proyectos con presencia de lluvias que impiden su ejecución, es necesario conocer con la mayor exactitud posible los porcentajes que se utilizan para la producción de la mezcla así como el factor de esponjamiento para con esto calcular los volúmenes que tienen que ser producidos en la chancadora y poder elaborar su programa de trabajo obteniendo un rendimiento que se debe medir diariamente. Sobre todo en los últimos meses de obra es muy importante llevar este control de agregados ya que de esto dependerá hasta qué fecha es necesario que trabaje la chancadora, así como la planta de asfalto. Para poder llevar este control se contrató a un controlador encargado de reportar diariamente a Control de Proyectos el uso de todos los materiales de asfalto, con lo cual se pudo tener siempre la información actualizada para las decisiones que debían tomarse.

b) Reportes de Control de Producción

Se continuó utilizando los reportes descritos en el estado del control previo a la implementación, los cuales fueron mejorados. Con respecto a la señalización se creó un archivo de control diario de producción con los avance tanto del subcontratista como del consorcio, además ahí se registraba todas las horas hombres del consorcio ya que todos los trabajos de señalización debieron haber sido ejecutados por el subcontratista. En la Figura N°5.90 se puede ver un ejemplo de resumen del control de avance de los trabajos de señalización.

RESUMEN DE CONTROL DE SEÑALIZACIÓN																				Conteo hasta el	Conteo desde el	Acumulado Total		
Subcontratista CAR / CCI																								
Tarea	SEMANA 99							SEMANA 100							SEMANA 101									
	Octubre							Octubre/Noviembre							Noviembre									
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20-oct	21-oct	
Fabricación de Postes Delineadores	56	-	84	80	80	-	-	-	80														380	380
Fabricación de Postes para Señales	-	20	-	20	20	-	-	-	20														80	80
Colocación de Postes Delineadores	83	55	84	144	84	-	-	-	138	-	178	96	-	-	162	-	103					281	1,127	1,408
Colocación de Postes para Señales	-	-	-	-	-	-	-	-	68	-	-	-	-	-	-	-	86	68				368	222	590
Colocación de Postes de Guardavías	-	82	53	-	-	-	-	-	-	83	78	59	-	74	73	140	132	94	163	-		1,657	1,031	2,688
Colocación de Vigas de Guardavías	-	-	-	351	337	337	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	247	370	1,286	1,656
Pedestales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	-		45	45
Excavación para Postes de Guardavías	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	11	39	50	-	73	74	68	85	107	80	-		595	921

Figura N°5.90 Vista del resumen de control de señalización subcontratista CAR y Consorcio Cosapi-Johesa

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°5.91 se tiene el control de las horas-hombre del personal del consorcio en señalización. Finalmente, se solicitó a Oficina Técnica una actualización semanal de los metrados del proyecto (con replanteos, cambios, adicionales, etc.), lo cual se cumplió y permitió hacer un contraste con los reportes de producción.

CONTROL HH SEÑALIZACIÓN Consorcio Cosapi-Johesa																
13/11/2013																
N°	Trabajador	SEMANA 100					SEMANA 101					SEMANA 102				
		Noviembre					Noviembre					Noviembre				
		M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
		30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Alcantara Montoya, Santos Glader	5	6	6	5		5	4	5	5	4	5		5	5	4
2	Acosta Montoya, Elmer									3					5	4
3	Allaga Zegarra, Eliazar			6	5		5	4	5	5	4	5		5	5	4
4	Araujo Rojas, Edwin Alberto									4					5	4
5	Bazan Michan, Jose Estanislao									3					5	4
6	Cachay García, Pedro Jacinto									4					5	4
7	Chaupi Rodríguez, Melciades						4	5	5	4	5		5	5	4	
8	Chavez Cachay, Basilio									3					5	4
9	Chávez Salazar, Donicio						5	5	4	5	4	5		5	5	4
10	Chavez Salazar, Saul										3				5	4

Figura N°5.91 Ejemplo de control de HH en señalización del Consorcio Cosapi-Johesa

Fuente: Elaboración propia.

c) Reporte Gráfico de Avance

Se continuó utilizando gráficos de avance que permitían visualizar de manera general la obra. Estos gráficos siempre fueron simples y en algunos casos se colocaban las fechas de inicio y fin que permitían hacer seguimiento al cumplimiento de las principales actividades. En la Figura N°5.92 se muestra una parte de un gráfico utilizado durante la implementación del Sistema del Último Planificador que fue de mucha utilidad sobre todo en las reuniones semanales de planificación como para reportar a la gerencia.

ESTADO DE LA OBRA AL 31 DE AGOSTO DEL 2013																	
Progresivas	02+000	03+000	04+000	05+000	06+000	07+000	08+000	09+000	10+000	11+000	12+000	13+000	14+000	15+000			
	02+000	03+000	04+000	05+000	06+000	07+000	08+000	09+000	10+000	11+000	12+000	13+000	14+000	15+000			
Ejecutado (Km)	28.14	31.61	35.46	36.46	37.66	41.10											
Asfalto						1	0.17					0.35	1	1	1	0.44	
Cunetas		1	0.20		0.65	1	1	0.50				0.35	1	1	1	0.44	
Imprimación		1	1	1	1	1	1	0.50				0.35	1	1	1	0.44	
Base		1	1	1	1	1	1	0.50				0.35	1	1	1	0.44	
Subrasante		1	1	1	1	1	1	0.50	0.30	0.40	0.30	0.35	1	1	1	0.44	
Mejoramiento (-30)		1	1	1	1	1	1	0.50	0.50	1	1	0.65	0.35	1	1	1	0.44
Programado	Fin								Fin								
Asfalto	10-sep							28-ago	25-sep				19-sep				Finalizado
Cunetas	06-sep							12-ago	24-sep				14-sep				Finalizado
Imprimación								Finalizado	23-sep				11-sep				Finalizado
Base								Finalizado	20-sep				04-sep				Finalizado
Subrasante								Finalizado	14-sep				15-ago				Finalizado
Restricciones																	Posibles lluvias

Figura N°5.92 Vista del gráfico de estado de la obra al 21 de agosto del 2013

Fuente: Elaboración propia.

d) Reportes de Apoyo a la Programación

PROGRAMACIÓN DE MATERIALES DE SEÑALIZACIÓN TOTAL OBRA															
ACTIVIDAD	EN OBRA	SALDO	% AVANCE	NOVIEMBRE											
				L 18	M 19	M 20	J 21	V 22	S 23	D 24	L 25	M 26	OBSERVACIONES		
LLEGADA DE 03 MÁQUINAS PARA PINTAR	1	2	33%	◆	◆									Se necesitan 3 máquinas para pintar para cumplir con lo programado.	
LLEGADA DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE TIPO E (UND)	0	86	0%				◆					◆	El jueves deben llegar mínimo 20 unidades y el saldo el lunes 25.		
LLEGADA DE SEÑALES PREVENTIVAS Y REGLAMENTARIAS (UND)	308	410	43%									◆	El saldo debe llegar a más tardar el lunes 25.		
LLEGADA DE SEÑALES INFORMATIVAS Y AMBIENTALES (UND)	0	86	0%									◆	El saldo debe llegar a más tardar el lunes 25.		
LLEGADA DE POSTES DE SEÑALES DE FIERRO (UND)	0	64	0%				◆					◆	El jueves deben llegar mínimo 20 unidades y el saldo el lunes 25.		
LLEGADA DE PINTURA DE TRÁFICO (CILINDROS)	23	7	77%			◆		◆				◆	Pintura para el pavimento, guardavías y muros.		
LLEGADA DE MICROESFERAS (SACOS DE 25 KG)	200	4	98%			◆		◆				◆	Microesferas para pintura de pavimento y guardavías.		
LLEGADA DE PINTURA GALVACRIL (CILINDROS)	0	2	0%			◆							Pintura para guardavías.		
LLEGADA DE TACHAS Y ADHESIVO (UND)	0	13,057	0%									◆	Las tachas y el adhesivo deben llegar el lunes 25.		

Figura N°5.94 Programación de llegada de materiales de señalización
Fuente: Elaboración propia.

e) Reporte de Venta Semanal

Como ya se mencionó anteriormente, el área de Control de Proyectos elaboraba la venta mensual, que era calculada en función a los trabajos programados y que además su cumplimiento aseguraba la liquidez que necesitaba el proyecto, por lo tanto, si se calculaba la venta mensual y esta no garantizaba la liquidez del proyecto, se tenía que realizar una reprogramación de los trabajos. Previo a la implementación del Sistema del Último Planificador esta venta servía para llevar un control mensual, pero se vio que continuamente no se cumplía con el objetivo, por lo tanto para esta etapa de implementación se decidió hacer un control semanal de la venta y no esperar a fin de mes, con el objetivo de que en caso se tenga retrasos, estos puedan ser superados. Este reporte de venta con control semanal fue dividido por frentes y especialidades para poder identificar en donde no se estaba cumpliendo lo programado. Por ejemplo en la Figura N°5.95 se tiene la venta programada de setiembre, y con corte al 22 de setiembre se compara la venta prevista con la real y se observa que hay un retraso, y analizando las especialidades se tiene que el mayor retraso es en Conformación de DME's y Señalización, por lo tanto, sobre todo ahí es donde se deben tomar las medidas correctivas. Cabe mencionar que para el cálculo de la venta real el porcentaje de avance puede ser mayor al 100%, ya que finalmente el objetivo es obtener el dinero necesario, y la ejecución de algunos trabajos más de lo programado puede reemplazar el déficit de otros.

RESUMEN DE VENTA SETIEMBRE 2013				AVANCE AL 22/09/13			
NRO	ESPECIALIDAD	APORTACION	APORTACIONE	FRENTE 01 S/.	% AVANCE	FRENTE 02 S/.	% AVANCE
		ES FRENTE 01 (KM 52+000 AL KM 73+000) S/.	S FRENTE 02 (KM 73+000 AL KM 94+775) S/.				
1.00	Obras Preliminares	36,968.41	306,007.07	27,110.16	73%	224,405.18	73%
2.00	Movimiento de Tierras	328,788.00	328,788.00	242,762.50	74%	468,487.20	142%
3.00	Base	606,173.11	663,365.81	463,866.01	77%	669,252.87	101%
4.00	Pavimento	2,839,038.39	1,192,932.50	2,030,515.84	72%	644,570.91	54%
5.00	Obras de Arte	842,293.26	1,686,509.42	674,490.00	80%	946,834.80	56%
6.00	Transporte	540,196.34	470,481.35	423,634.66	78%	525,149.39	112%
7.00	Top Soil / Conformación DME	603,850.72	623,435.11	168,677.45	28%	170,938.96	27%
8.00	Señalización	103,180.28	259,516.83		0%		0%
9.00	Otros	-	-				
VENTA DIRECTA		5,900,488.60	6,631,036.09	4,031,056.63		3,649,639.32	
GASTOS GENERALES		1,032,494.96	967,846.45	705,373.06		638,630.89	
UTILIDAD		625,451.78	586,289.83	427,292.00		386,861.77	
TOTAL VENTA		7,558,436.24	7,085,172.37	5,163,721.70		4,675,131.97	
				FRENTE 01		FRENTE 02	
PREVISTO				73.3%		73.3%	
REAL				68.3%		66.0%	
				TOTAL OBRA			
PREVISTO				73.33%			
REAL				67.19%			

Figura N°5.95 Reporte de venta semanal al 22 de setiembre del 2013
Fuente: Elaboración propia.

f) Curva S

La curva S era actualizada semanalmente con los metrados obtenidos de los reportes de producción y al final de cada mes se hacía otra actualización con los datos de la valorización de obra.

CAPÍTULO VI: MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

En este capítulo se hará una medición y análisis de los impactos que tuvo la implementación del Sistema del Último Planificador en el proyecto. Los impactos se pueden dividir en cuantificables, que vienen a ser el PAC, las Causas de No Cumplimiento, el avance, la productividad y el costo; y también en no cuantificables que está conformado por todas las observaciones, críticas y mejoras que se vieron durante el proceso de implementación y que forman parte de la retroalimentación del sistema. A continuación se tratará cada uno de los tipos de impactos antes mencionados.

6.1 IMPACTOS DEL PAC

El Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC) fue calculado durante 25 semanas, y los resultados se muestran en el cuadro de evolución del PAC obra (ver Cuadro N°6.1) y en el gráfico de evolución del PAC obra (ver Figura N°6.1).

Cuadro N°6.1 Evolución del PAC obra

EVOLUCIÓN DEL PAC OBRA					
TOTAL OBRA (Jorge Zuazo)					
Semana	Período		PAC		
	Del	Al	Real	Meta	Promedio Acumulado
79	03/06/2013	09/06/2013	72%	80%	72%
80	10/06/2013	16/06/2013	37%	80%	55%
81	17/06/2013	23/06/2013	51%	80%	53%
82	24/06/2013	30/06/2013	51%	80%	53%
83	01/07/2013	06/07/2013	51%	80%	52%
84	08/07/2013	13/07/2013	55%	80%	53%
85	15/07/2013	20/07/2013	58%	80%	53%
86	22/07/2013	27/07/2013	54%	80%	53%
88	05/08/2013	10/08/2013	75%	80%	56%
89	12/08/2013	17/08/2013	69%	80%	57%
90	19/08/2013	24/08/2013	73%	80%	59%
91	26/08/2013	31/08/2013	65%	80%	59%
92	02/09/2013	07/09/2013	82%	80%	61%
93	09/09/2013	14/09/2013	75%	80%	62%
94	16/09/2013	21/09/2013	73%	80%	63%
95	23/09/2013	28/09/2013	81%	80%	64%
96	30/09/2013	05/10/2013	74%	80%	64%
97	07/10/2013	12/10/2013	77%	80%	65%
98	14/10/2013	19/10/2013	73%	80%	65%
99	21/10/2013	25/10/2013	63%	80%	65%
100	28/10/2013	02/11/2013	67%	80%	65%
101	04/11/2013	09/11/2013	61%	80%	65%
102	11/11/2013	16/11/2013	74%	80%	66%
103	18/11/2013	23/11/2013	73%	80%	66%
104	25/11/2013	30/11/2013	76%	80%	66%

Fuente: Elaboración propia.

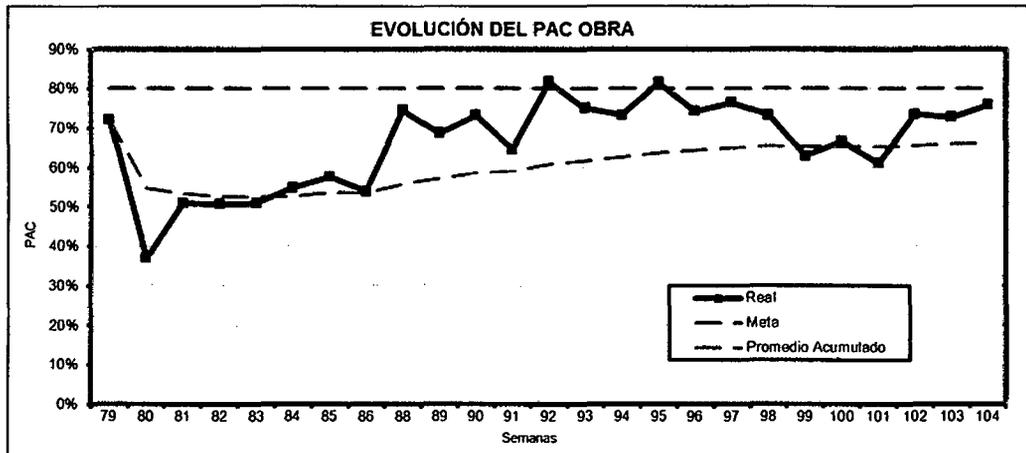


Figura N°6.1 Gráfico de evolución del PAC obra
 Fuente: Elaboración propia.

El PAC promedio final resultó 66% con una desviación estándar de 11%.

Como se describió anteriormente para la implementación de la planificación semanal se tuvieron varias etapas, de las cuales se muestra un resumen del PAC por etapa en el Cuadro N°6.2.

Cuadro N°6.2 Resumen de PAC por etapas de la planificación semanal

ETAPAS DE LA PLANIFICACIÓN SEMANAL					
TOTAL OBRA (Jorge Zuazo)					
Etapa	Semanas	Fecha		PAC	
		Del	Al	Real	Meta
Primera	79-80	03/06/2013	16/06/2013	55%	80%
Segunda	81-82	17/06/2013	30/06/2013	51%	80%
Tercera	83-86	01/07/2013	27/07/2013	54%	80%
Cuarta	88-91	05/08/2013	31/08/2013	70%	80%
Quinta	92-95	02/09/2013	28/09/2013	78%	80%
Sexta	96-98	30/09/2013	19/10/2013	75%	80%
Séptima	99-101	21/10/2013	09/11/2013	64%	80%
Octava	102-104	11/11/2013	30/11/2013	74%	80%

Fuente: Elaboración propia.

Del Cuadro N°6.1 y la Figura N°6.1 se puede ver que sólo en dos semanas (92 y 95) se pudo superar el PAC meta del proyecto (80%), y estas dos semanas justamente pertenecen a la quinta etapa donde se obtuvo el PAC promedio más alto (78%). Además con respecto al PAC promedio acumulado en toda la etapa de implementación en general se puede observar un crecimiento semana a semana, debido a las mejoras que se fueron aplicando.

6.2 IMPACTOS DE LAS CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

Como se describió etapa por etapa en la implementación de la planificación semanal en el proyecto, se hizo un registro semana a semana de las causas de no cumplimiento de la programación, para lo cual se dividieron en 11 tipos, y de esta manera se hizo más práctica la identificación, además se hizo una descripción de cada CNC de cada asignación no completada, ya que se tienen muchos casos particulares que es necesario tenerlos registrados. Finalmente con toda esta información se obtuvo la incidencia acumulada de las causas de no cumplimiento durante 23 semanas de la implementación del Sistema del Último Planificador en el proyecto (durante las primeras 2 semanas no se llevó el registro). Los resultados se muestran en la Figura N°6.2.

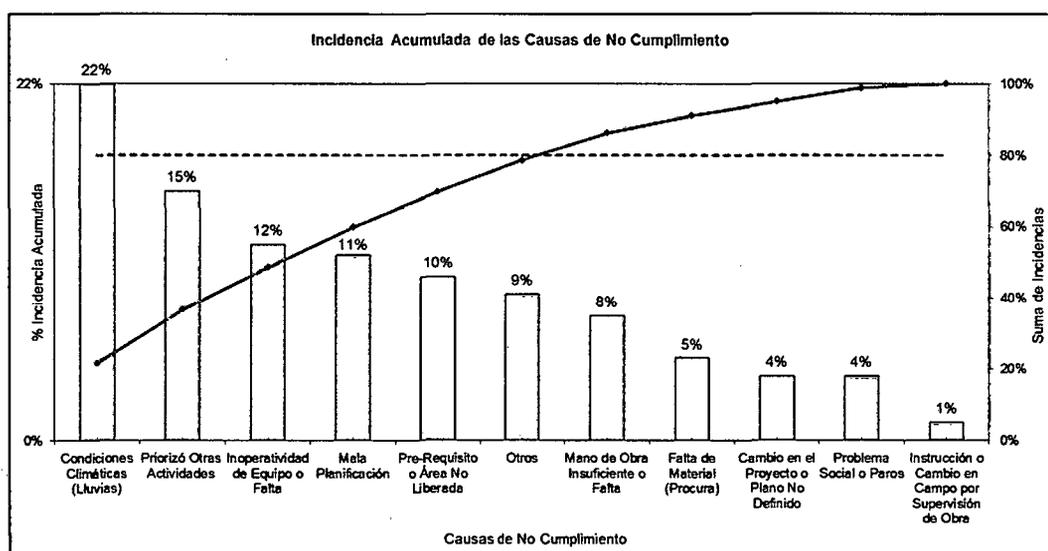


Figura N°6.2 Incidencia acumulada de las causas de no cumplimiento
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la Figura N°6.2 de acuerdo al Principio de Pareto o Ley 80-20 (Pocos Vitales Muchos Triviales), que indica que las causas principales son aquellas que en orden decreciente llegan a sumar el 80%, entonces las causas de no cumplimiento principales en el proyecto fueron: Condiciones Climáticas (Lluvias), Priorizó Otras Actividades, Inoperatividad de Equipo o Falta, Mala Planificación, Pre-Requisito o Área No Liberada y Otros. El otro 20% está conformado por causas menos incidentes en los resultados obtenidos, y fueron: Mano de Obra Insuficiente o Falta, Falta de Material (Procura), Cambio en el Proyecto o Plano No Definido, Problema Social o Paros e Instrucción o Cambio

en Campo por Supervisión de Obra. A continuación se describirá de manera general cada tipo de causa de no cumplimiento que se tuvo en el proyecto:

- **Condiciones Climáticas (Lluvias):** Las lluvias fueron la principal causa de no cumplimiento de la planificación semanal en el proyecto, originando que se tengan que paralizar las actividades programadas o trabajar pero con un rendimiento menor al previsto, además las lluvias afectaron actividades que eran pre-requisito de otras que también estaban programadas dentro de la misma semana por lo cual resultaban más perjudiciales aún, también se tenía trabajos en la plataforma como colocación de subrasante o base que a pesar de estar culminados no podían ser liberados por la humedad originada por las lluvias, ocurrencia de derrumbes, falta de agregados por paralización de la producción en las canteras y plantas industriales. Como se sabe el proyecto se encuentra en una zona con clima semi-lluvioso, donde se tiene un período seco y otro lluvioso durante el año, sin embargo, una de las condiciones que más ocasiones de incumplimiento originó con respecto a las lluvias fue que durante el período seco, donde se suponía habría poco o nada de lluvias, se planificaron los trabajos con normalidad y en varias oportunidades durante la semana se tuvo fuertes lluvias que paralizaron o retrasaron un gran porcentaje de las asignaciones. Este último caso descrito muestra una causa de incumplimiento externa muy difícil de mitigar, ya que en este tipo de obras generalmente se reducen los trabajos durante meses en los cuales se sabe habrán lluvias, mitigando así sus efectos, sin embargo poco o nada se puede hacer ante la ocurrencia de lluvias inesperadas durante época de sequía. Como ejemplos de los perjuicios causados por las lluvias se tiene: en la Figura N°6.3 se ve los daños causados en un tramo de subrasante que ya había sido culminado, en la Figura N°6.4 se ve un tramo donde se dañó la imprimación la cual tenía que volver a hacerse y la base quedó saturada, en la Figura N°6.5 se ve el empozamiento de agua en la excavación para subdren y posibles derrumbes en el talud lateral y en la Figura N°6.6 se ve las condiciones especiales que se tienen que adoptar para continuar con el encofrado de muros, con lo cual los trabajadores tienen un rendimiento mucho menor, pero es la única forma para no tener que paralizar las labores y no tener nada de avance al final del día.



Figura N°6.3 Daños en la subrasante por lluvias

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°6.4 Daños en la imprimación y base por lluvias

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°6.5 Daños en la excavación para subdren por lluvias

Fuente: Elaboración propia.

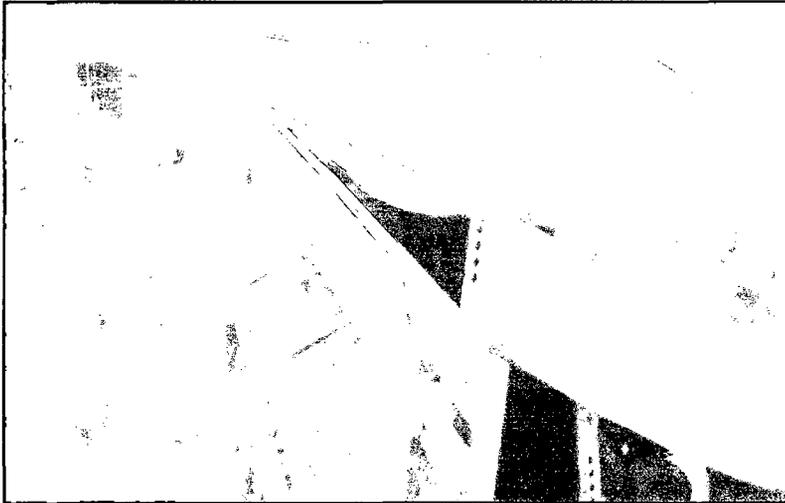


Figura N°6.6 Condiciones especiales de trabajo por lluvias

Fuente: Elaboración propia.

- **Priorizó Otras Actividades:** La priorización de otras actividades fue la segunda causa de no cumplimiento más incidente en la planificación semanal del proyecto, esto se dio porque muchas veces en el transcurso de la semana se identificaban unas actividades más críticas que otras debido a diferentes circunstancias como por ejemplo: asegurar dar frente continuo al asfalto, la producción de algún material especial en la chancadora por alguna especificación técnica, la ejecución de trabajos adicionales de urgencia, el aseguramiento de la culminación de los trabajos programados en los tramos de más altura donde hay mayor probabilidad de ocurrencia de lluvias, etc.; para lo cual se prestaban o trasladaban recursos, ya sea equipos, mano de obra o materiales de un lugar a otro. Hay que tener en cuenta que la priorización de otra actividad es una causa de no cumplimiento que se presenta o identifica en el transcurso de la semana y sólo cuando una actividad resulta más crítica que otra.
- **Inoperatividad de Equipo o Falta:** La inoperatividad de equipo o falta fue la tercera causa de no cumplimiento más incidente en la planificación semanal del proyecto. En obras de construcción de carreteras como esta, los equipos son generalmente los recursos más incidentes en cuestión de costos, sobre los materiales y la mano de obra, esto debido a que se utilizan en gran cantidad en comparación con otros tipos de obras civiles, desde el alquiler de un minicargador hasta de una chancadora o planta de asfalto. Por lo tanto el uso de los equipos resulta de vital importancia en la gran mayoría de

asignaciones que son programadas semanalmente, y cuando estos presentan fallas o faltan, definitivamente van a originar que la asignación no sea completada. En el proyecto principalmente se tuvo los siguientes inconvenientes con los equipos: fallas mecánicas de equipos propiedad de terceros quienes no daban una solución a tiempo, demora en la llegada de equipos ya sea propiedad de los socios o de terceros que fueron solicitados a tiempo pero no se cumplió con la fecha prevista de llegada, equipos con rendimientos menores a los previstos que en varios casos tuvieron que ser reemplazados por otros y un caso muy incidente que se tuvo fue las fallas en las chancadoras, ya que además de la producción diaria que deben entregar, de éstas dependen el cumplimiento de otras asignaciones programadas para la semana como la colocación de base, asfalto, etc. Con respecto a las chancadoras durante la implementación del Sistema del Último Planificador como se ha mencionado anteriormente constantemente se estuvo programando sus trabajos con la debida anticipación para evitar dejar desabastecidas las demás actividades que dependían de su producción, sin embargo las fallas que éstas presentaron en varias ocasiones se dieron de manera fortuita a pesar de los mantenimientos programados que se les hizo, y su reparación no es tan simple ya que se requiere de nuevas piezas difíciles de conseguir, si son electrónicas hay que tener mucho más precaución, no es fácil desplazarlas de un lugar a otro y generalmente se requiere más tiempo que el previsto, etc. Algunas medidas correctivas importantes que se implementaron en el proyecto para tratar de evitar los incumplimientos por equipos fue coordinar con los propietarios de los equipos de terceros para que ante una falla que ellos no pudieran solucionar y sea de urgencia, los mecánicos de los socios puedan intervenir y así evitar pérdidas de tiempo. En las reuniones semanales y cuando era necesario en las reuniones diarias se hacía un balance de la necesidad de equipos con la cantidad presente en toda la carretera, de manera que los equipos sean rotados de acuerdo a los requerimientos y sólo sean solicitado otros adicionales cuando sea necesario, de la misma manera se prescindiera de ellos cuando ya no lo sean. Finalmente Control de Poyectos elaboró una lista con los proveedores más confiables que de acuerdo al histórico tenían equipos de buena calidad, buen rendimiento, tenían mecánicos en obra ante cualquier inconveniente, cumplían con las fechas pactadas de llegada de los equipos, tenían buenas

tarifas, etc., los cuales tenían la prioridad ante cualquier requerimiento. Como ejemplo de algunos equipos en la Figura N°6.7 se muestra la chancadora primaria, secundaria y terciaria perteneciente al socio Johesa y en la Figura N°6.8 se muestra la chancadora primaria y secundaria perteneciente al socio Cosapi.

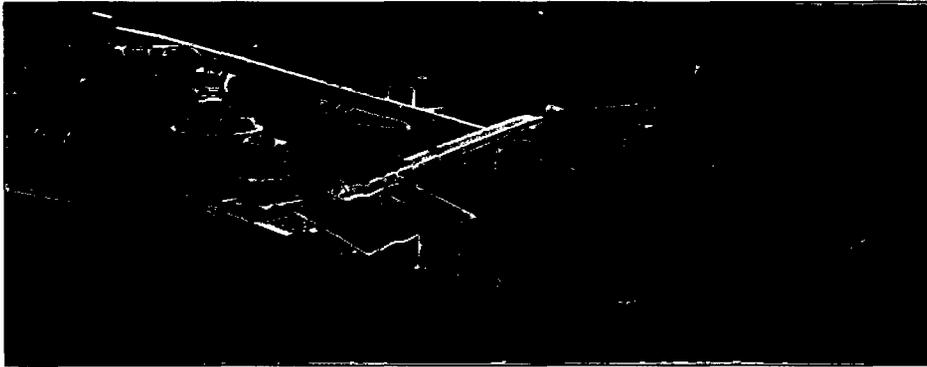


Figura N°6.7 Chancadora Metso primaria, secundaria y terciaria Johesa
Fuente: Elaboración propia.



Figura N°6.8 Chancadora Metso primaria y secundaria Cosapi
Fuente: Elaboración propia.

- **Mala Planificación:** La mala planificación fue la cuarta causa de no cumplimiento más incidente en la planificación semanal del proyecto. Durante las primeras semanas de implementación del Sistema del Último Planificador se cometió el error de programar trabajos los domingos, cuando sólo se debía programar hasta sábados y considerar los domingos como un amortiguador, también al inicio en la planificación intermedia no se hacía el análisis de restricciones, por lo tanto en la programación semanal ingresaban tareas con restricciones las cuales no podían ser completadas. Otros tipos de malas prácticas en la planificación que se tuvo fue considerar rendimientos muy optimistas para trabajos donde se tenía dificultades como por ejemplo el corte

en los farallones (taludes de gran altura), donde era difícil el acceso y el terreno era muy inestable (ver Figuras N°6.9 y 6.10), y a pesar de tener rendimientos reales de campo se pensaba que en la siguiente semana se iba a mejorar, también en algunos casos se cometió el error de considerar rendimientos muy altos para el inicio de una asignación, lo cual como se sabe siempre comienza con rendimientos por debajo del promedio. Finalmente se tuvo falta de coordinación con subcontratistas para la planificación de sus trabajos, ya que los ingenieros de producción deben programar los trabajos con los subcontratistas en conjunto, y también algunos cambios de planes durante la semana por haber programado asignaciones equivocadamente.

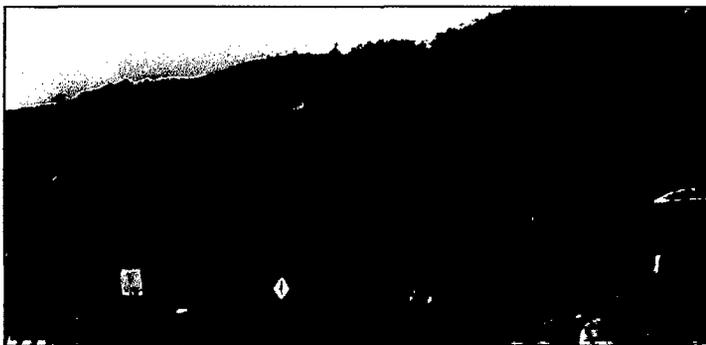


Figura N°6.9 Vista de farallones Km 80+340

Fuente: Elaboración propia.



Figura N°6.10 Vista de farallones Km 80+700

Fuente: Elaboración propia.

- Pre-Requisito o Área No Liberada: El retraso o falta de liberación de áreas fue la quinta causa de no cumplimiento más incidente en la planificación semanal

del proyecto. Los casos que se presentaron en su mayoría fueron demoras en la liberación, en campo se verificó que faltaban algunos trabajos previos, pre-requisitos no ejecutados y falta de apoyo de topografía con los trazos a tiempo.

- **Otros:** Se tuvo varias causas de no cumplimiento que no podían ser agrupadas en las otras categorías, y se consideró como otros, que fue la sexta causa de no cumplimiento más incidente en la planificación semanal del proyecto. Hasta esta categoría según la Teoría de Pareto se tienen las causas de no cumplimiento principales. Se tuvo diferentes tipos de causas de no cumplimiento en esta categoría, pero las más comunes fueron: derrumbes por taludes inestables que afectaban los trabajos en la vía e incluso en una oportunidad ocasionaron la pérdida de parte de la plataforma (ver Figura N° 6.11), lo cual causó perjuicio a la mayoría de los trabajos programados en esa semana ya que quedó restringido el pase de un tramo al otro; se encontró tramos de roca donde no se tenía previsto, lo cual ocasionó que se dificulten los trabajos y se requiera más recursos, esto mayormente ocurrió en la excavación para subdrenes, donde recién en la misma ejecución de los trabajos se puede tener la certeza del tipo de suelo que se tiene; se encontró arcilla en el proceso de explotación de una cantera, lo cual retrasó los trabajos, ya que su presencia podía ser perjudicial; se presentaron algunas variaciones de los volúmenes del material de cantera requeridos en campo, sobre todo en el mejoramiento donde se tiene una profundidad variable, lo cual ocasionó que cambie la programación de las canteras en el transcurso de la semana; cambio en la proporción para la producción de algún agregado en la chancadora con respecto al material de ingreso necesario fueron las más comunes. También se tuvo otras causas de no cumplimiento que se presentaron muy pocas veces, pero se mencionarán para conocimiento, estas fueron: falta de apoyo de laboratorio o la supervisión, eliminación del turno noche por ya no ser necesario, pruebas de calidad, rotura de tuberías, se encontró más resanes de lo que se tenía identificado, retraso en la venta de agregados sobrantes, demora en el acuerdo de entrega de terreno a los propietarios, los cuales en algunos casos eran difíciles de ubicar y no se podía concluir con el trámite por la falta de su firma.



Figura N°6.11 Pérdida parcial de plataforma por derrumbe en farallones

Fuente: Elaboración propia.

- **Mano de Obra Insuficiente o Falta:** La mano de obra insuficiente o falta no está dentro de las principales causas de no cumplimiento del proyecto, sin embargo fue muy repetitiva en las últimas semanas durante los trabajos de señalización, ya que el subcontratista a pesar de comprometerse con tener en obra el personal necesario para los trabajos programados, finalmente no lo cumplía. El error por parte del consorcio fue no haber actuado inmediatamente ante la escasez de personal del subcontratista y poner a su propio personal en los trabajos de señalización, sobre todo considerando que el plazo ya era ajustado y se avecinaban días de lluvias, pero finalmente aunque un poco tardía se tomó la decisión de ir colocando personal del consorcio que iba culminando los trabajos de otras especialidades a los trabajos de señalización, incluso se tuvo que volver a contratar personal que ya había sido liquidado del proyecto para poder superar esta causa de no cumplimiento. Finalmente con esta medida no se pudo suplir en un 100% el trabajo que hubieran hecho personal especializado en señalización, y tuvo que haber un proceso de aprendizaje, pero fue la medida más apropiada en ese momento. Otros casos de inconvenientes con la mano de obra que se tuvieron fueron por ejemplo: falta de niveladores más experimentados, lo cual es crítico, ya que la ejecución de varias asignaciones depende del trabajo previo de nivelación, y si este no se ejecuta de manera correcta, se tendrá retrasos e incluso productos de no calidad que tendrán que ser corregidos o rehechos; falta de mano de obra en algunas especialidades como obras de arte o pavimentos para cumplir con las metas diarias, inasistencias, falta de soldador, el cual no se daba abasto para todos los trabajos solicitados, este

caso se vio que era reiterativo por lo cual se tomó la medida correctiva de subcontratar gran parte de los trabajos de soldadura con personal de la zona, con lo cual no se volvió a presentar esta causa de no cumplimiento.

- **Falta de Material (Procura):** La falta de material se dio principalmente en las últimas semanas del proyecto, ya que el subcontratista no cumplía con el envío a tiempo de los materiales a obra, por ejemplo: señales, platinos para los pedestales, pintura, microesferas, etc., ante lo cual se decidió hacer un seguimiento continuo por parte del consorcio, sin embargo, esto no fue suficiente y se tomó la decisión de alquilar servicios de transporte desde Lima para asegurar la llegada de los materiales en poder del subcontratista a la obra e incluso el consorcio compró materiales como pintura para asegurar el avance, aunque eso era una obligación contractual del subcontratista. Estas medidas permitieron mitigar los efectos causados por el incumplimiento del subcontratista. Otros casos de falta de material que se tuvieron fueron: retraso en la llegada de pernos de alcantarillas, geotextil y material para juntas, que son materiales que no se podían conseguir en la zona y se dependía del envío de los proveedores desde Lima, los cuales presentaron retrasos, otros materiales como abono, encofrado y acero, ante los retrasos en la llegada como medida correctiva se compraban a proveedores cercanos en cantidades necesarias para asegurar que no se retrasen los trabajos hasta la llegada de los pedidos. También un caso especial que se tuvo fue la falta de PEN, el cual es uno de los materiales principales para la producción de asfalto, y es producido únicamente por Petroperú, para el proyecto el abastecimiento de PEN era desde la planta de Talara, y los pedidos se hacían con un mes de anticipación para asegurar la llegada del material, sin embargo, en varias oportunidades se tuvieron desperfectos en la planta por lo que tenía que parar, para esto la medida correctiva que se tomó fue llevar el PEN desde Lima, lo cual tomaba más tiempo en el transporte y era más costoso, pero era la única alternativa para mitigar la falta de producción en Talara, y así continuar con el avance y evitar más sobrecostos como pago de alquiler de equipos parados, mano de obra especializada, supervisión, etc., ya que para el asfalto se cuenta con una serie de equipos y personal especializado para ese trabajo.

- **Cambio en el Proyecto o Plano No Definido:** Se tuvo principalmente los siguientes casos de este tipo causa de no cumplimiento: cambio de corte de talud con excavadora a voladura porque en el transcurso de los trabajos se encontró roca cuando se tenía previsto material suelto, modificación de planos de alcantarillas, retraso en la aprobación de planos por la supervisión, falta de definición de planos de subdrenes en zonas críticas, retraso en la aprobación de nuevo diseño de pavimento solicitado por la supervisión, cambio de sección y replanteo de cunetas, cambio de peraltes de la base, anulación de alcantarillas, falta de definición de la ruta en los hitos kilométricos, etc. Todos estos casos en su mayoría involucran principalmente a los ingenieros de producción, oficina técnica y la supervisión, por lo cual para corregirlos se tomaron las siguientes medidas correctivas: los ingenieros de producción debían informar con anticipación sobre cualquier cambio en el proyecto o plano no definido que se tenga, en las reuniones de planificación o diarias e inmediatamente se llegaría a una solución invitando a participar a los ingenieros de oficina técnica, la oficina técnica debía informar con anticipación a producción sobre cualquier cambio que se de en el proyecto antes de la ejecución, todo lo referente a tratos con la supervisión en temas de diseño, cambios en el proyecto y retrasos en la aprobación de planos debían ser informados obligatoriamente al ingeniero residente, quien se encargaría de acelerar los trámites y llegar a acuerdos con la supervisión.
- **Problema Social o Paros:** En esta categoría se tuvieron varios casos de problemas con la población, por ejemplo: los pobladores impedían la ejecución de varias obras de arte como subdrenes, alcantarillas, veredas, zanjas de coronación, etc., para los cuales en algunos casos se tuvo que cambiar el diseño o anular con la aprobación de la supervisión; también se tuvo constantes problemas con los propietarios de las canteras y terrenos donde se ubicaban las chancadoras, ya que los propietarios solicitaban trabajos adicionales a los que se tenían acordados al inicio del contrato, y se negaban a firmar los documentos de entrega de no cumplir con sus requisitos e incluso paralizaban el trabajo de los equipos o impedían el ingreso del personal; además en las últimas semanas del proyecto se tuvieron continuos problemas con los propietarios de los botaderos, tanto con respecto a la conformación final como con la siembra de áreas verdes, ya que solicitaban modificaciones a los diseños con los cuales debían ser entregados estos

botaderos en función a su beneficio personal, siendo estas modificaciones muy costosas para el proyecto, y por esta situación no se podía culminar con la entrega total de los botaderos. Para todos estos problemas con la comunidad se tenía el área de Relaciones Comunitarias del consorcio, la cual era la encargada de tratar con los pobladores para superar cualquier inconveniente, sin embargo, por parte de la supervisión también se tenía un área con el mismo nombre, la cual era la encargada de liberar las zonas afectadas por el proyecto, pero no se tuvo mucho apoyo por parte de ellos, por lo tanto para mitigar los incumplimientos en los trabajos programados por parte del consorcio se tomaron medidas correctivas como por ejemplo: se solicitó apoyo de las fuerzas policiales para intervenir a aquellos pobladores que por motivo de reclamos quieran atentar en contra de las propiedades e incluso del personal del consorcio, se asignó una movilidad exclusiva y personal obrero cuando era necesario para el área de Relaciones Comunitarias para solucionar los inconvenientes lo más rápido posible, se programaron constantes reuniones con los propietarios de los terrenos con presencia incluso del ingeniero residente con el objetivo de llegar a acuerdos equitativos, etc. En la Figura N°6.12 se puede ver una reunión que se tuvo el ingeniero de relaciones comunitarias con pobladores de la zona ante sus requerimientos puestos de trabajo, ya que sus terrenos estaban dentro del área de afectaciones.



Figura N°6.12 Reunión del ingeniero de relaciones comunitarias con pobladores afectados

Fuente: Elaboración propia.

- Instrucción o Cambio en Campo por Supervisión de Obra: Fue el tipo de causa de no cumplimiento menos incidente en el proyecto. Se tuvo pocos y aislados casos de cambios en campo, por ejemplo: se modificó la proporción de los materiales componentes de la subrasante, se plantearon nuevos muros

por lo cual se paralizó la ejecución de la subrasante; se anularon pases peatonales por considerarse que ya no eran necesarios, etc. No se tomaron medidas correctivas, ya que era muy poco probable que volvieran a ocurrir.

6.3 IMPACTOS EN EL AVANCE

Para controlar el avance del proyecto se utilizaron varias herramientas, siendo la principal la Curva S, la cual permitía comparar semana a semana el avance real con respecto al programado, y donde estaban consideradas todas las actividades que se debían ejecutar, pero también se utilizaron otras herramientas como el Reporte de Venta Semanal, el cual permitía comparar en valor monetario el avance real con respecto al programado pero sólo de las partidas más incidentes en costo, también durante algunas semanas se utilizó el Reporte de Control de Metrados Diarios, el cual se dejó del lado con la implementación del Sistema del Último Planificador, y finalmente se utilizó el cálculo del avance real con respecto al programado en el archivo de la planificación semanal, donde como se mencionó anteriormente, además de calcular el PAC también se calculaban los avances diarios de cada asignación, este cálculo de avance no era tan exacto como la Curva S por los siguientes motivos: sólo se podía comparar el avance con respecto a las asignaciones de la semana, es decir no se incluía la ejecución de aquellas actividades que no fueron programadas, además con respecto a las asignaciones programadas, para el cálculo del porcentaje de avance se consideraba como máximo el metrado programado, es decir que así se haya ejecutado un mayor metrado sólo se podía considerar hasta el programado porque no se podía tener más del 100%, ya que éste cálculo también era utilizado para el PAC. Esta última herramienta fue de mucha utilidad ya que permitió además de medir la confiabilidad de la planificación, también verificar que se cumpla con los metrados de avance programados, los cuales no se pueden perder de vista en ningún momento. Al final los resultados de cálculo del avance en el archivo de la planificación y la Curva S no tenían mucha diferencia, ya que generalmente todos los trabajos principales están incluidos en la planificación semanal, y los metrados ejecutados casi nunca son mucho mayores que los programados. En la Figura N°6.13 se tiene un ejemplo del cálculo del avance en el formato de planificación semanal de la especialidad Explanaciones y Pavimentos Tramo I, donde todas las asignaciones tienen la misma unidad de medición (metros lineales), por lo cual además de calcular el

porcentaje de avance por asignación se puede determinar también para toda esta especialidad como se puede ver en la Figura N°6.14, donde también se tiene el porcentaje de avance diario programado y el real ejecutado, este tipo de cuadro es de mucha utilidad porque permite ver cómo fue el comportamiento del avance durante la semana e incluso con esta información se puede obtener una gráfica muy práctica como también se puede ver.

Asignación	Und	Prog.	Frente	lun 26	mar 27	mié 28	jue 29	vie 30	sáb 31	dom 1	% Avance	PAC	lun 26	mar 27	mié 28	jue 29	vie 30	sáb 31	dom 1	Ejec.	
				PROGRAMADO									EJECUTADO								
EXPLANACIONES Y PAVIMENTOS TRAMO 1 (Lino Espinoza-Iván Zumaeta)																					
Conformación de Subrasante																					
Km 58+490 @ 58+860 (Refine y Entrega)	m	370	T1	370							80%	NO				160	100	35		295	
Km 60+200 @ 60+520 (Refine y Entrega)	m	320	T1	320							53%	NO	170							170	
Km 59+300 @ 59+500	m	200	T1		200						80%	NO			144	16				160	
Base Granular																					
Km 58+460 @ 59+500	m	880	T1			220	220	220	220		0%	NO									0
Imprimación																					
Km 55+270 @ 52+000	m	1230	T1		330	300	300	300			100%	SI	365	435	430						1230

Figura N°6.13 Cálculo de porcentaje de avance por asignación
Fuente: Elaboración propia.

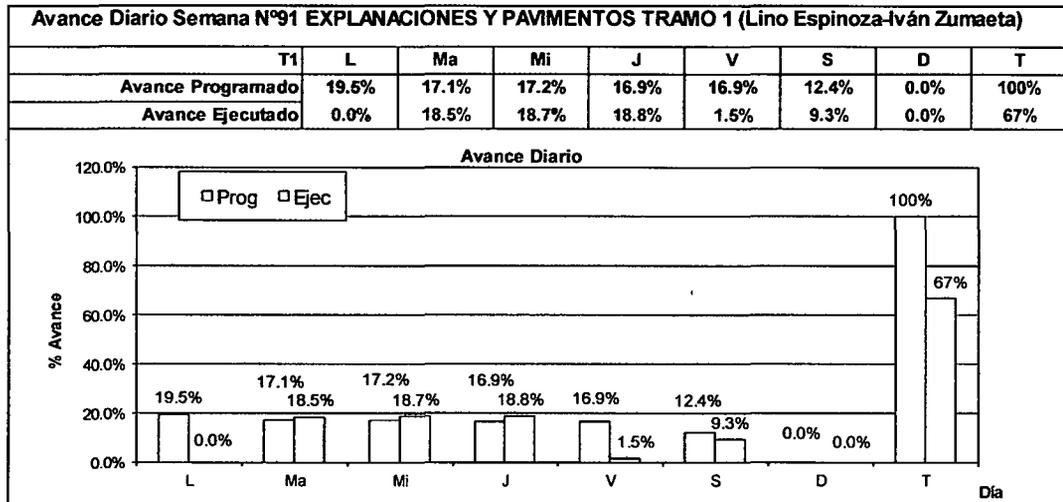


Figura N°6.14 Porcentaje de avance programado y ejecutado por especialidad
Fuente: Elaboración propia.

El resumen del Reporte de Venta ya se mostró en la Figura N°5.95 y con respecto a la Curva S, la última actualización que se hizo fue con cierre al 31 de octubre del 2013, donde se tenía un avance acumulado del 96.4%, y el saldo de trabajos por valorizar se consideró todo en noviembre. En la realidad se sabía que tal vez para la primera semana de diciembre todavía se tendrían algunos trabajos de señalización pendientes debido a los incumplimientos del

subcontratista, entrega definitiva de algunos terrenos utilizados para plantas industriales y campamento, resanes y limpieza de obra para la entrega al cliente; sin embargo al ser estos trabajos casi insignificantes en incidencia, se decidió en conjunto con la supervisión hacer la última valorización de obra en noviembre, lo que se consideró tal cual en la Curva S final. En la Figura N°6.15 se muestra un esquema resumen de una parte de la Curva S final, donde se tiene el avance acumulado al 31 de octubre del 2013, los porcentajes programados de acuerdo al Cronograma Actualizado de Obra Contractual (con fecha de entrega el 24 de diciembre del 2013) y los programados internamente con fecha de término el 30 de noviembre del 2013.

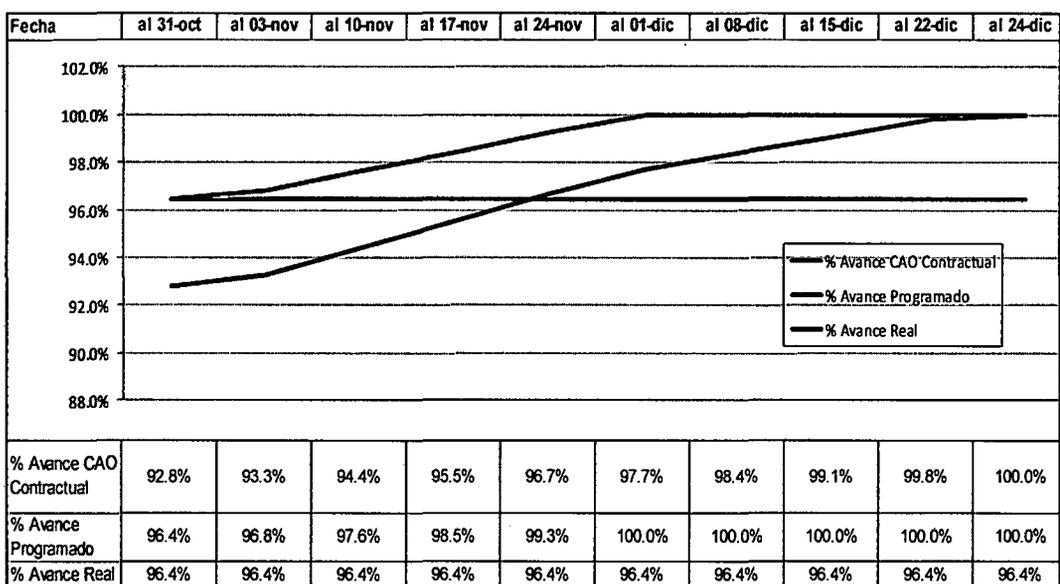


Figura N°6.15 Esquema de la Curva S final al 31 de octubre del 2013

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la Figura N°6.15 al 31 de octubre del 2013 el porcentaje de avance contractual es de 92.8% y el porcentaje de avance real es de 96.4%. Antes de la implementación se tenía un atraso de 3.9% del avance real con respecto al contractual, y al 31 de octubre se tiene un adelanto de 3.6%, lo cual quiere decir que hasta esa fecha la implementación del Sistema del Último Planificador había tenido un impacto positivo en el avance.

Durante todo noviembre se continuó elaborando la planificación intermedia, planificación semanal, cálculo del PAC y el registro de las causas de no cumplimiento, y como ya se mencionó anteriormente para diciembre que se tenía un pequeño saldo de trabajos por ejecutar, se utilizó un check list con todos los pendientes para la entrega de la obra. Finalmente el proyecto fue entregado al

100% al cliente el 10 de diciembre del 2013, fecha en la cual según el cronograma contractual se debía tener un avance acumulado de 98.6%. Para representar el desempeño final del avance del proyecto se tiene el Índice de Gestión del Avance del Proyecto, el cual se calcula como sigue:

$$\text{Índice de Gestión del Avance del Proyecto} = \frac{\text{Avance Real}}{\text{Avance Contractual}} = \frac{100\%}{98.6\%} = 1.014$$

De acuerdo a este resultado la implementación del Sistema del Último Planificador tuvo un impacto positivo en la gestión de avance del proyecto, ya que se culminó con un Índice de Gestión del Avance de 1.014 (mayor a 1), lo cual representó un adelanto de 1.4%.

6.4 IMPACTOS EN EL TIEMPO

De acuerdo a lo antes descrito en los impactos en el avance, antes de la implementación del Sistema del Último Planificador se tenía un retraso de lo realmente ejecutado con respecto a lo programado contractualmente, lo cual también significaba un retraso en el plazo. Luego de la implementación, el proyecto fue entregado antes de cumplirse el plazo contractual: el plazo real fue de 736 días calendario contra 750 días calendario de plazo contractual. Para representar el desempeño final del tiempo del proyecto se tiene el Índice de Gestión del Tiempo del Proyecto, el cual se calcula como sigue:

$$\text{Índice de Gestión del Tiempo del Proyecto} = \frac{\text{Plazo Real}}{\text{Plazo Contractual}} = \frac{736 \text{ d. c.}}{750 \text{ d. c.}} = 0.981$$

De acuerdo a este resultado la implementación del Sistema del Último Planificador tuvo un impacto positivo en la gestión del tiempo del proyecto, ya que se culminó con un Índice de Gestión del Tiempo de 0.981 (menor a 1), lo cual representó un adelanto de 14 días calendario.

6.5 IMPACTOS EN LA PRODUCTIVIDAD

Para el control de la productividad en el proyecto se utilizó el Informe Semanal de Producción (ISP), con el cual se midió semanalmente los ratios de las principales actividades del proyecto, y se comparaba con lo que se tenía previsto. En general comparando los resultados antes y después de la implementación del Sistema del Último Planificador no se observó una mejora notable en los ratios de producción, debido principalmente a que el proyecto fue

presupuestado con costos unitarios menores a lo que se podía conseguir en campo, además no se hizo un seguimiento al trabajo productivo de las cuadrillas en campo por lo que casi no se aplicaron mejoras en los procesos y también se tuvieron varias condiciones que impidieron ejecutar los trabajos en condiciones óptimas como las que se describieron en las causas de no cumplimiento. En otros estudios acerca de los impactos se ha podido ver que la mejora en el sistema de planificación ocasiona una mejora en la productividad, pero para esto ambos tienen que ir de la mano, es decir al hacer mediciones a la planificación paralelamente se tiene que paralelamente se tiene que hacer de la productividad. En este proyecto las áreas de planeamiento y productividad no estuvieron muy relacionadas, por lo cual cada una obtenía sus resultados aisladamente, lo cual no fue de beneficio para la obra.

6.6 IMPACTOS EN EL COSTO

Para controlar el costo en el proyecto se utilizó principalmente el Resultado Operativo (RO), el cual es un archivo donde mensualmente se reportaban todos los ingresos y egresos del proyecto y se calculaba el margen de ganancia o utilidad. Los ingresos eran todas las ventas al cliente final y a terceros, mientras que en los egresos se tenían todos los costos directos (materiales, mano de obra, equipos, vehículos y subcontratos) e indirectos (materiales, mano de obra, supervisión, equipos, vehículos, subcontratos y gastos generales); finalmente con esta información se obtenía el porcentaje de margen de ganancia de la obra. En la Figura N°6.16 se tiene el Resultado Operativo al 31 de mayo del 2013 (último antes de la implementación del Sistema del Último Planificador). Ahí se puede ver resaltado el margen proyectado para el proyecto, es decir el margen con el que se tiene planificado terminar el proyecto al 31 de mayo del 2013, el cual es -1.3%. Este resultado negativo significa que de acuerdo a los resultados acumulados obtenidos hasta esa fecha, el proyecto terminaría con esa pérdida e incluso una mayor considerando que se siguiera con la misma tendencia de caída del margen que se tenía desde hacía ya varios meses. Esta pérdida económica que se proyectaba significó una de las principales razones para la implementación del Sistema del Último Planificador con el objetivo de tener una recuperación en lo que restaba del proyecto.

VENTA	UND	PRESENTE MES		ACUM. ACT.	MESES	TOTAL OBRA		PREV.	ACUM.
		PREV	REAL		jun-oct-13	ACTUAL	ANTERIOR	ORIGINAL	ANTERIOR
VENTA CONTRACTUAL	S/.	4,539,465	4,906,546	77,885,973	60,458,423	138,344,396	138,216,710	157,235,450	72,979,427
VENTA ADICIONALES	S/.	4,176,115	2,849,402	23,344,859	14,956,337	38,301,195	38,301,195		20,495,456
VENTA ADICIONALES (MAY. GG)	S/.			1,120,807		1,120,807	1,120,807		1,120,807
VENTA A TERCEROS	S/.		362,289	697,259		697,259	334,970		334,970
TOTAL CONTRACTUAL	S/.	8,716,580	8,118,237	103,048,897	75,414,760	178,463,657	177,973,681	157,235,450	94,930,660
REAJUSTE	S/.	388,360	399,686	4,971,464	3,173,905	8,145,370	8,140,327	6,289,427	4,571,779
TOTAL VENTA REAL	S/.	9,103,940	8,517,923	108,020,361	78,588,665	186,609,027	186,114,008	163,524,877	99,502,438
VENTA EXCESO / DEFECTO		286,543	456,759	11,467,026	-11,467,026	0	0		11,010,266
TOTAL VENTA APLICADA	S/.	9,390,483	9,021,185	119,487,387	67,121,640	186,609,027	186,114,008	163,524,877	110,512,705
COSTO									
COSTO DIRECTO									
MATERIALES	S/.	2,093,063	1,837,303	24,589,335	22,582,224	47,171,559	47,137,370	46,943,803	22,752,032
MANO DE OBRA	S/.	1,754,818	1,854,246	23,199,367	12,470,873	35,670,240	35,585,002	28,731,224	21,345,120
EQUIPOS	S/.	3,316,103	3,246,284	35,987,560	16,417,574	52,405,134	52,473,934	43,714,821	32,741,276
VEHICULOS	S/.	0	36,000	1,447,200	1,400,000	2,847,200	2,811,200	2,750,000	1,411,200
SUBCONTRATOS	S/.	798,931	469,476	6,819,997	6,547,536	13,367,533	13,694,589	4,331,225	6,350,522
TOTAL COSTO DIRECTO	S/.	7,962,916	7,443,309	82,043,469	69,418,208	151,461,666	151,702,095	126,471,072	84,600,160
COSTO INDIRECTO									
MATERIALES	S/.	78,715	137,517	3,044,963	400,214	3,445,177	3,348,108	2,093,157	2,907,446
MANO DE OBRA	S/.	18,729	58,700	782,410	85,170	867,580	825,913	78,670	723,711
SUPERVISION	S/.	927,403	862,176	13,073,183	4,544,106	17,617,289	17,125,629	13,897,229	12,211,007
EQUIPOS	S/.	72,438	143,605	1,642,429	273,931	1,916,360	1,845,193	1,196,017	1,498,824
VEHICULOS	S/.	85,784	96,200	1,544,037	419,606	1,963,644	1,933,787	1,671,083	1,447,837
SUBCONTRATOS	S/.	27,400	27,400	1,506,431	136,000	1,642,431	1,642,431	1,261,650	1,479,031
GASTOS GENERALES	S/.	331,015	365,558	7,350,881	2,687,253	10,038,134	9,948,591	6,720,425	6,885,323
TOTAL COSTO INDIRECTO	S/.	1,541,484	1,691,155	28,944,334	8,548,280	37,490,615	36,669,653	26,918,230	27,263,179
TOTAL COSTO	S/.	9,504,399	9,134,464	120,987,793	67,964,488	188,952,281	188,371,748	153,389,303	111,863,329
MARGEN REAL		-400,458	-616,541	-12,967,432	10,624,177	-2,343,254	-2,257,740	10,135,574	-12,350,891
% MARGEN REAL		-4.4%	-7.2%	-12.0%	13.5%	-1.3%	-1.2%	6.2%	-12.4%
MARGEN APLICADO		-113,915	-113,279	-1,500,406	-842,848	-2,343,254	-2,257,740	10,135,574	-1,340,624
% MARGEN OBRA		-1.2%	-1.3%	-1.3%	-1.3%	-1.3%	-1.2%	6.2%	-1.2%

Figura N°6.16 Resumen del Resultado Operativo al 31 de mayo del 2013
Fuente: Elaboración propia.

Luego de la implementación del Sistema del Último Planificador se tiene el Resultado Operativo de cierre al 31 de marzo del 2014, para el cual se tenía valorizado todos los trabajos ejecutados solicitados por el cliente, y también se tenía todos los costos en los que se incurrió durante todo el proyecto. Antes de la implementación del Sistema del Último Planificador se había pasado por un período de lluvias donde los metrados ejecutados no fueron muchos, y por lo tanto las valorizaciones fueron bajas, pero desde junio hasta noviembre que se hizo la implementación se tuvo una gran cantidad de metrados de avance, sin embargo, por diferentes razones en varias ocasiones la supervisión no autorizó la valorización de todos los trabajos ejecutados, o la posterga para meses siguientes, en general se tiene que no todos los trabajos ejecutados son

valorizados en el mes que le corresponde, por otro lado también en cuestión de costos a veces se tienen casos como retraso en el pago a proveedores, a subcontratistas u otros pagos administrativos que son postergados por alguna razón; por lo tanto es todavía en el Resultado Operativo de cierre o final donde se pudo ver realmente los impactos económicos que tuvo la implementación del Sistema del Último Planificador. En la Figura N°6.17 se tiene el Resultado Operativo de cierre al 31 de marzo del 2014, donde se puede ver que el margen final con el que terminó el proyecto fue de 2.1%, lo cual demuestra que la implementación del Sistema del Último Planificador tuvo un impacto positivo en el costo, ya que se inició con un margen de -1.3%.

El impacto positivo que se tuvo en el costo y se demuestra en el margen fue por la implementación de mejoras en diferentes aspectos, como por ejemplo:

- La mejora en la planificación permitió que se cumpla en gran medida con las valorizaciones programadas y de esa forma haya la liquidez necesaria para asumir los costos del proyecto.
- Con las reuniones de planificación semanales y las reuniones diarias de PAC se tuvo un mejor control de los recursos y por ende de los costos directos e indirectos, controlando incluso el personal de supervisión.
- También con las reuniones se consiguió tener una relación más cercana con los subcontratistas, lo cual permitió tener acuerdos de trabajo y económicos claros con ellos, por lo cual no se tenía inconvenientes en sus valorizaciones y a la vez se sentían más involucrados en el proyecto.
- Finalmente con la implementación del Sistema del Último Planificador se llegó a controlar mejor los gastos generales ya que se logró una mayor participación del área de Administración, para dar las alertas y tomar medidas a tiempo y así evitar los sobrecostos.

CONCEPTO	ACUM. AÑOS ANTERIORES	ACUM. ANTERIOR (M S/.)	PRESENTE MES		ACUM. ACTUAL	2014		TOTAL OBRA		
			PREV.	REAL		abr-14	ago-16	ACTUAL (M S/.)	ANTERIOR (M S/.)	ORIGINAL (M S/.)
VENTA										
VENTA CONTRACTUAL	131,120	131,120			131,120		250	131,370	131,278	157,235
VENTA ADICIONALES	47,313	47,313			47,313			47,313	47,313	
VENTA ADICIONALES (MAY. GG)	1,445	1,445			1,445			1,445	1,445	
VENTA A TERCEROS	877	877		173	1,050			1,050	877	
REAJUSTE	11,887	11,887			11,887		170	12,057	12,037	6,289
VENTA DE MATERIALES DE OBRA	1,052	1,222		110	1,332			1,332	1,222	
TOTAL VENTA M S/.	193,694	193,864		282	194,146		420	194,566	194,172	163,525
EXCESO / DEFECTO	(9,807)	(2,576)	1,894	733	(1,879)	1,355	(373)			
TOTAL VENTA APLICADA M S/.	183,887	191,287	1,894	1,016	192,267	1,355	47	194,566	194,172	163,525
COSTO										
DIRECTO										
MANO DE OBRA	36,307	36,299	100	(180)	36,119	100		36,219	36,399	28,731
MATERIALES	44,187	44,046	481	190	44,236	291		44,526	44,526	46,944
EQUIPOS	48,980	48,980	800	359	49,340	460		49,800	49,780	43,715
SUBCONTRATOS	13,589	13,649	74	13,723	13,723			13,723	13,649	4,331
VEHICULOS	2,352	2,457	30	240	2,697	35		2,732	2,487	2,750
TOTAL COSTO DIRECTO M S/.	145,415	145,431	1,411	683	146,114	886		147,000	146,842	126,471
INDIRECTO										
MANO DE OBRA	1,205	1,213	20		1,213			1,213	1,233	79
MATERIALES	4,699	4,699			4,699			4,699	4,699	2,093
EQUIPOS	1,982	1,982			1,982			1,982	1,982	1,196
SUBCONTRATOS	1,792	1,792	7		1,792	7		1,799	1,799	1,262
SUPERVISIÓN	18,829	19,225	67	196	19,421	67		19,488	19,292	13,897
GASTOS GENERALES	10,891	11,088	350	116	11,202	368	46	12,494	12,408	6,720
VEHICULOS	1,886	1,886			1,886			1,886	1,886	1,671
TOTAL COSTO INDIRECTO M S/.	41,284	41,884	444	311	42,195	442	46	43,560	43,297	26,918
TOTAL COSTO M S/.	186,699	187,315	1,854	995	188,309	1,327	46	190,560	190,139	163,389
MARGEN										
MARGEN REAL M S/.	6,995	6,549	(1,854)	(712)	5,837	(1,327)	374	4,006	4,033	10,136
% MARGEN REAL	3.6%	3.4%	0.0%	-252.3%	3.0%	0.0%	89.0%	2.1%	2.1%	6.2%
MARGEN APLICADO M S/.	(2,812)	3,973	39	21	3,958	28	1	4,006	4,033	10,136
% MARGEN APLICADO	-1.5%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	6.2%

Figura N°6.17 Resumen del Resultado Operativo al 31 de marzo del 2014

Fuente: Elaboración propia.

Para representar el desempeño final del costo del proyecto se tienen los Índices de Gestión del Costo del Proyecto, los cuales involucran el costo total, el costo directo, los gastos generales y la utilidad tanto reales como contractuales (incluye adicionales), y se calculan como sigue:

$$\text{Índice de Gestión del Costo} = \frac{\text{Costo Total Real}}{\text{Costo Total Contractual}} = \frac{\text{S/. } 188' 179,219}{\text{S/. } 177' 554,682} = 1.060$$

$$\text{Índ. de Gestión del Costo} = \frac{\text{Costo Directo Real}}{\text{Costo Directo Contractual}} = \frac{\text{S/. } 144' 618,810}{\text{S/. } 136' 713,173} = 1.058$$

$$\text{Índ. de Gestión del Costo} = \frac{\text{Costo Indirecto Real}}{\text{Costo Indirecto Contractual}} = \frac{\text{S/. } 43' 560,409}{\text{S/. } 40' 841,509} = 1.067$$

$$\text{Índice de Gestión de la Utilidad} = \frac{\text{Utilidad Real}}{\text{Utilidad Contractual}} = \frac{\text{S/. } 4' 005,589}{\text{S/. } 14' 630, 126} = 0.274$$

De acuerdo a los resultados de los índices de costo, el costo real que se tuvo en el proyecto fue mayor al costo contractual, sin embargo como se mencionó

anteriormente con la implementación del Sistema del Último Planificador finalmente se consiguió tener una utilidad de S/. 4'005,589 (sin IGV).

6.7 OTROS IMPACTOS

Además de los impactos de la implementación del Sistema del Último Planificador antes mencionados, se tienen otros que fueron observados durante todo el proceso de implementación y se describen de manera cualitativa:

- Mejora en el desempeño de los jefes de grupo o capataces, ya que con la implementación poquito a poco fueron mejorando la elaboración de sus reportes de producción, información que aprendieron a utilizar para ellos mismos llevar el control de sus trabajos, además no sólo planificaban sus actividades para el día siguiente sino que también sabían qué es lo que se iba a hacer durante la semana y las tres siguientes. También aprendieron a reportar oportunamente las restricciones que tenían a las diferentes áreas involucradas, ya que tomaron consciencia que la comunicación es muy importante para superar los inconvenientes que se pudieran presentar. Finalmente con esto se sintieron mucho más comprometidos con el proyecto.
- Además de la participación y compromiso que se consiguió de la gerencia, control de proyectos y producción, quienes lideraron la implementación del Sistema del Último Planificador, también se llegó a tener un buen resultado de las demás áreas como oficina técnica, control de calidad, administración y SSOMA, quienes participaron muy activamente y fueron un gran soporte para la producción.
- Tuvo un gran impacto positivo el liderazgo que se ejerció por parte de la gerencia de la obra (Gerente y Residente), quienes en todo momento guiaron la implementación no de una manera autoritaria sino convincente, lo cual permitió tener un clima de compromiso y confianza tanto en las reuniones como en campo.
- Con la mejora en la planificación también se consiguió una mejora en la calidad de los trabajos, ya que se preveía con anticipación los requerimientos necesarios para que los trabajos sean ejecutados cumpliendo con los estándares de calidad exigidos.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Para conseguir la implementación del Sistema del Último Planificador en el proyecto fue esencial llegar a tener el compromiso y predisposición para participar, de todos los involucrados desde los jefes de grupo hasta el gerente, quienes progresivamente fueron interiorizando todos los beneficios que se podían obtener. Asimismo fue muy importante el liderazgo ejercido sobre todo por el Ingeniero Residente, y también por el Gerente de Proyecto, quienes siempre actuaron de manera convincente y no autoritaria con el personal a su cargo.
- Es muy importante que los formatos que se utilizan para elaborar los programas de trabajo en el proyecto sean de fácil elaboración y entendimiento para todo el que lo va a utilizar.
- De acuerdo a las condiciones del proyecto se deben definir los períodos de actualización del cronograma general o maestro de la obra, ya que por ejemplo para algunos puede resultar beneficioso hacerlo de manera semanal pero para otros no. Es muy importante esta actualización, sobre todo porque nunca se debe perder de vista los principales hitos que se deben cumplir.
- En el proyecto no fue necesario hacer una programación por fases, ya que no era complejo o con una gran cantidad de actividades, además los principales hitos eran revisados en el Diagrama Tiempo Camino y la planificación intermedia.
- Fue de mucha utilidad la implementación de la planificación intermedia, ya que se programó a detalle todas las especialidades de la obra, dejando de lado sólo algunas actividades que no estaban previstas y eran de muy poca incidencia, pero de igual manera tenían que ser ejecutadas. También se logró que se identifique con anticipación las restricciones y los responsables se sientan más comprometidos con su liberación.
- Conseguir elaborar un programa semanal con tareas que se puedan hacer y sean parte de las que se deben hacer no fue tarea fácil, ya que la mayoría de profesionales de la construcción tienen muy arraigada la idea de sólo lo que deben hacer, por lo tanto primero se tuvo que cambiar esa manera de pensar

y luego semana a semana ir mejorando con la práctica la elaboración de estos programas semanales.

- Con un constante seguimiento y capacitación a los jefes de grupo encargados de llenar los reportes de campo, se consiguió que reporten información clara y precisa del trabajo que ejecutaban, lo cual fue la base para elaborar otros reportes que permitieron actuar de manera oportuna en la planificación y control. Además con esto se consiguió que se mejore la comunicación y haya un mayor acercamiento de los jefes de grupo con la línea de mando, a quienes comunicaban los inconvenientes que tenían para la ejecución de sus trabajos.
- El Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC) que se obtuvo durante la implementación fue de 66%. Si bien no se llegó a la meta mínima de 80%, pero durante el transcurso de las semanas se pudo observar una mejora continua. La medición del PAC fue muy positivo en el proyecto, ya que además de medir la confiabilidad de la planificación, permitió que los responsables de ésta tuvieran un mayor interés en el cumplimiento de sus trabajos y se genere una buena competencia interna.
- No hay una relación directa entre el PAC y el avance, ya que por ejemplo se tiene el caso de asignaciones que tienen un alto porcentaje de avance pero al no haber llegado al 100%, para el cálculo del PAC se considera como no completada. Por esta razón es muy importante siempre llevar de manera paralela el cálculo del PAC y el estado del avance del proyecto.
- Para el registro de las causas de no cumplimiento se debe identificar las causas raíces. Para este proyecto, ubicado en una zona de clima semi-lluvioso, la causa raíz principal de no cumplimiento fue las lluvias, que fue una causa externa, ya que no se tenía certeza de su ocurrencia. Las demás causas que fueron incidentes fue que se priorizó otras actividades, inoperatividad o falta de equipos, mala planificación y pre-requisito o área no liberada, las cuales fueron internas. Además con este registro que se llevó, semana a semana se logró un aprendizaje, retroalimentación, implementación de medidas correctivas y tener datos históricos que pueden ser utilizados para un futuro proyecto que tenga condiciones similares.
- Se cumplió con los horarios, duración y frecuencias establecidas para las reuniones diarias de PAC y las semanales de planificación, además en ellas

se trataron sólo temas específicos, lo cual significó un uso productivo del tiempo. Además estas reuniones significaron el principal medio de comunicación para todos los involucrados en el proyecto.

- Es muy importante la participación de los subcontratistas en la implementación del Sistema del Último Planificador, sobre todo cuando el trabajo que ejecutan es de gran incidencia en el proyecto. Por ejemplo en este caso se tuvo al contratista de señalización, quien logró introducirse en el nuevo sistema de planificación, pero lo ideal hubiera sido que esto se dé desde incluso antes del inicio de la ejecución de sus trabajos, para conocer sus requerimientos, tenga en claro el trabajo que ejecutará y sobre todo se comprometa con el proyecto.
- Fue beneficioso para el proyecto que durante la implementación del Sistema del Último Planificador se identificó la importancia y elaboró un benchmarking de proveedores, en este caso de equipos, lo cual permitió tener identificado a los más eficaces y eficientes, y en consecuencia se tuvo un mejor rendimiento en campo y disminuyeron las causas de no cumplimiento por inoperatividad o falta de equipos.
- Fue bueno tener una persona encargada de implementar el Sistema del Último Planificador en el proyecto, en este caso fue quien redacta la presente tesis y tenía el cargo de asistente de planeamiento. Esto porque dada la gran presión de trabajo existente en terreno, los ingenieros de campo, aunque tengan la disposición para implementar el sistema, no tienen el tiempo necesario para poder realizar todo el trabajo de oficina que esto requiere.
- Con la implementación se consiguió una notable mejora en avance, plazo y costo en la obra, lo cual finalmente se comprobó con el incremento de la utilidad del proyecto. Antes de la implementación se tenía un atraso de 3.9% de avance físico y una utilidad proyectada de -1.3%, y luego de la implementación se logró culminar el proyecto con 1.4% de adelanto y una utilidad de 2.1%.
- Con la entrega de la obra antes de la fecha de término contractual definitivamente la empresa tuvo una buena imagen ante el cliente, en este caso el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

7.2 RECOMENDACIONES

- Toda implementación del Sistema del Último Planificador debe ser dirigida y respaldada por los líderes del proyecto, como el Gerente de Proyecto, Ingeniero Residente, Jefe de Producción o quien corresponda.
- Los programas y reportes de control deben ser lo más simple posible, y sobre todo mostrar de manera notoria los datos y resultados más importantes, para facilitar en especial las reuniones.
- Con el transcurso del proyecto se debe verificar que los períodos de actualización del cronograma maestro y la planificación intermedia, así como la ventana del programa intermedio sean los más adecuados, ya que las necesidades son variables en el tiempo.
- Un punto débil que presenta el sistema es el proceso de “revisión” (también llamado screening). Este paso se realiza con el objetivo de estabilizar el flujo de trabajo en la etapa de creación de la planificación intermedia. Lo que se debe hacer es filtrar las actividades para permitir que ingresen a la planificación intermedia sólo aquellas actividades que, a juicio del planificador, tienen una alta probabilidad de comenzar a ejecutarse en su fecha programada. Sin embargo, al dejar una actividad fuera de la planificación intermedia puede postergarse por quedar descuidada. Además, si se pone sólo las actividades que se cree serán ejecutadas obviamente se podrá estabilizar el flujo de trabajo; pero ¿qué pasa con los cumplimientos de las fechas programadas? Si se cae en el error de descuidar la actividad que no entra en la planificación intermedia finalmente esto generará un atraso en todo el proyecto, ya que no hay que olvidar que el proyecto es un sistema que consta de actividades que funcionan como una cadena en el que cada actividad es un eslabón. Por lo tanto se debe incluir actividades que no necesariamente tienen una alta probabilidad de ser ejecutadas, y el filtro más estricto debe sí ser realizado para la planificación semanal. Esto se aplicó en la presente implementación y permitió que no se pierda de vista el levantamiento de las restricciones de actividades críticas para el proyecto.
- Si una asignación se viene cumpliendo continuamente al 100% sin ningún inconveniente durante varias semanas, entonces se debe revisar los

rendimientos reales, y verificar si éstos son mayores a los programados, para entonces actualizarlos y programar un mayor avance.

- Al igual que se da en temas de seguridad, calidad, etc., dar charlas inductivas sobre el Sistema del Último Planificador al personal nuevo: ingenieros, jefes de grupo e incluso a los subcontratistas, ya que al sentirse tomados en cuenta en el proyecto mejorarán su predisposición para colaborar. Además periódicamente se podría programar charlas o talleres para todos los involucrados, y así afianzar los conocimientos del sistema y buscar mejorarlo.
- De inicio a fin del proyecto crear un historial de rendimientos, restricciones, PAC, causas de no cumplimiento, medidas correctivas, lecciones aprendidas, etc., para la empresa, de tal manera que cuando se tenga otro proyecto de similares características se cuente con información previa.
- Destacar las mejoras obtenidas en las reuniones de planificación, para motivar aún más al personal, ya que las felicitaciones públicas siempre hacen efecto sobre el orgullo propio.
- Medir y comunicar adecuadamente el PAC y las CNC a todos los involucrados en el proyecto, esto es, desde los gerentes hasta los obreros, por ejemplo a través de murales que publica la empresa.
- Desde el inicio del proyecto tener un benchmarking de materiales y equipos, considerando por ejemplo: precios, tarifas, tiempo de entrega, stock disponible, servicio de venta o alquiler, etc. En estos proyectos situados a una gran distancia de los centros de aprovisionamiento, es muy beneficioso tener este tipo de información y sobre todo utilizarla en la planificación intermedia con la debida anticipación.
- La persona encargada de la implementación del Sistema del Último Planificador debe ser de preferencia perteneciente a las áreas de Producción o Control de Proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre C. R. *Implementación del Sistema del Último Planificador para la Optimización de la Programación en la Construcción de Viviendas Masivas en el Proyecto Nueva Fuerabambas – Apurímac*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad San Martín de Porres. Lima, 2013.
2. Ballard H. *The Last Planner System of Production Control*. Tesis para optar el título de Doctor en Filosofía. Universidad de Birmingham. Estados Unidos, 2000.
3. Botero L. *Last Planner, un Avance en la Planificación y Control de Proyectos de Construcción, Estudio de la Ciudad de Medellín*. Universidad del Norte. Colombia, 2005.
4. Díaz D. A. *Aplicación del Sistema de Planificación Last Planner a la Construcción de un Edificio Habitacional de Mediana Altura*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile, 2007.
5. Echegaray J. M., Jara R., Ramos C. *Pautas para la Implementación del Sistema del Último Planificador en una Empresa Constructora Pequeña*. Diplomado de Gerencia de la Construcción X. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, 2009.
6. Fernández C. *Aplicación de la Teoría del Último Planificador a una Obra de Mejoramiento del Sistema Sanitario*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, 2007.
7. Ghio V. *Productividad en Obras de Construcción: Diagnóstico, Crítica y Propuesta*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 2001.
8. Koskela L. *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Technical Report No. 72. Universidad de Stanford. Estados Unidos, 1992.
9. Loayza M. B., Velarde R. *Planificación por Procesos en Edificaciones en Lima*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, 2009.

10. Miranda D. *Implementación del Sistema Last Planner en una Habilitación Urbana*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 2012.
11. Orihuela P. *Sistema Integrado para la Gestión Lean de Proyectos de Construcción*. IV Encuentro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción. Santiago de Chile, 2011.
12. Rojas R. *Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos Lean Construction*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2002.

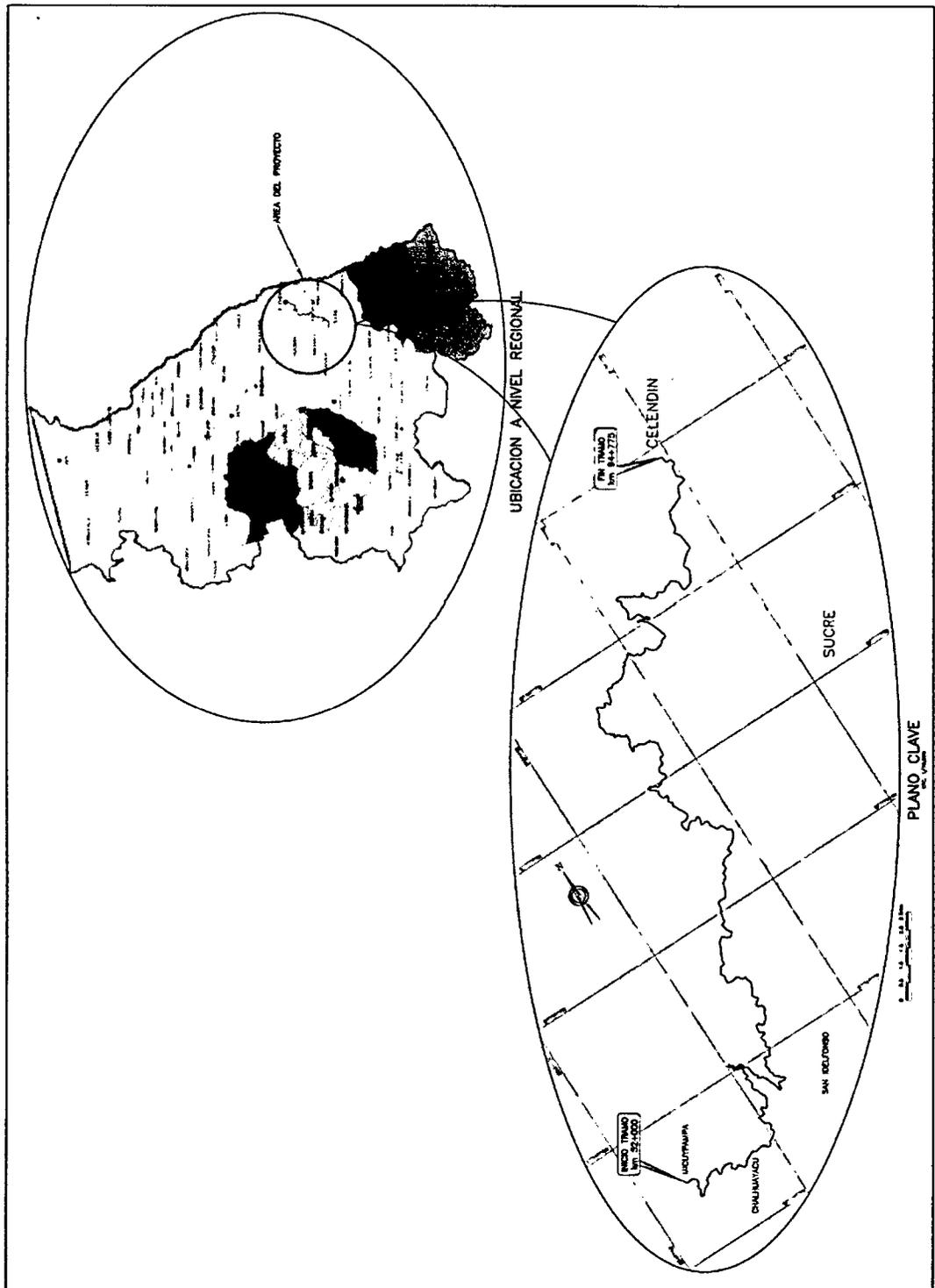
ANEXOS

ANEXO I: Ubicación del Proyecto “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca – Celendín – Balsas, Tramo: Km 52+000 – Celendín”

1. Ubicación a Nivel Nacional



2. Ubicación a Nivel Regional



**ANEXO II: Resumen de Metrados del Proyecto “Rehabilitación y
Mejoramiento de la Carretera Cajamarca – Celendín – Balsas, Tramo: Km
52+000 – Celendín”**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	P.U.	METRADO FINAL
100	OBRAS PRELIMINARES			
101.A	Movilización y desmovilización de equipos	glb	2,690,386.62	1.00
102.A	Trazo y replanteo	km	9,021.58	42.78
103.A	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial	mes	73,936.81	24.36
107.A	Acceso a canteras, dme, plantas y fuentes de agua	km	48,920.78	10.42
108.A	Reubicacion de postes electricos de baja tension	und	1,573.73	60.00
108.B	Reubicacion de postes electricos de media tension	und	2,409.87	12.00
108.C	Corte de energía	kw/h	2.00	47,000.00
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
201.B	Desbroce y limpieza en zonas no boscosas	ha	4,915.66	31.55
202.B	Demolicion de estructuras	m3	90.43	898.24
205.B1	Excavacion en explanaciones en roca suelta	m3	16.64	150,633.49
205.B2	Excavacion en explanaciones en roca fija	m3	25.13	163,418.82
205.C	Excavacion en explanaciones en material comun	m3	6.11	1,347,970.29
205.E	Perfilado y compactado en zonas de corte	m2	2.11	54,484.55
206.A	Remoción de derrumbes	m3	9.27	113,765.68
210.A	Conformacion de terraplenes	m3	26.65	67,134.18
220.B	Mejoramiento de suelo a nivel de subrasante	m3	26.79	239,637.30
220.C	Mejoramiento fundacion msr	m3	26.79	7,172.40
230.A	Material de cantera para relleno	m3	6.57	
230.B	Material de cantera para relleno	m3	36.37	401,576.05
242.A	Banquetas para relleno	m3	22.45	8,063.21
300	SUB BASES Y BASES			
305.A	Base granular	m3	82.78	104,188.62
400	PAVIMENTO ASFALTICO			
401.A	Imprimación asfáltica	m2	0.84	381,723.92
410.A	Concreto asfáltico en caliente	m3	205.45	28,258.20
420.C	Cemento asfáltico 85/100	kg	1.83	1,523,051.45
420.D	Cemento asfáltico 120/150	kg	1.83	2,765,881.83
422.A	Asfalto diluido tipo mc-30	l	2.11	456,664.06
424.A	Aditivo mejorador de adherencia	kg	16.17	22,840.13
600	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE			
601.A	Excavación no clasificada para estructuras	m3	18.36	140,236.25
602	Eliminacion de alcantarillas trnc existentes	m	73.35	19.20
603.A	Encauzamiento para alcantarillas	m3	20.92	3,369.04
605.A	Rellenos para estructuras	m3	37.23	41,611.68
605.B	Relleno para suelo reforzado	m3	34.65	31,868.64
605.C	Relleno no estructural	m3	32.14	496.10
610.D	Concreto clase d (fc = 210 kg/cm2)	m3	371.54	2,421.73
610.E	Concreto clase e (fc = 175 kg/cm2)	m3	361.16	1,637.97
610.H	Concreto clase h (fc = 100 kg/cm2)	m3	301.32	292.32
610.I	Concreto clase i (fc = 175 kg/cm2 + 30% pg)	m3	294.15	9,518.76
610.J	Concreto clase j (fc = 100 kg/cm2 + 30% pg)	m3	249.19	237.34
612.A	Encofrado y desencofrado	m2	59.71	38,583.50
615	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	kg	4.50	123,398.62
622.B	Tuberia metalica corrugada circular de 0.90 m de diametro	m	375.47	1,905.61
622.C	Tuberia metalica corrugada circular de 1.20 m de diametro	m	684.10	347.07
622.C1	Tuberia metalica corrugada circular de 1.80 m de diametro	m	827.06	15.44
622.D	Tuberia metalica corrugada abovedada (2.21 x 1.60) m x 2.5 mm	m	1,634.68	17.05
622.E	Tuberia metalica corrugada abovedada (1.85 x 1.40) m x 2.5 mm	m	1,727.38	18.26
623.A	Tuberia hdpe corrugada 4"	m	17.30	6,448.16
623.B	Tuberia hdpe corrugada 6"	m	36.65	15,445.84
623.C	Tuberia hdpe corrugada 18"	m	185.13	
623.D	Tuberia hdpe corrugada 24"	m	301.08	212.78

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	P.U.	METRADO FINAL
624.A	Tubo de pvc-sap, d=1"	m	8.06	884.60
624.B	Tubo de pvc-sap, d=2"	m	12.79	2,646.76
624.D	Tubo de pvc-sap, d=4"	m	40.56	2.00
625.A	Material filtrante	m3	51.08	11,091.96
625.F	Tuberia de ventilacion fierro galvanizado d= 1.5"	m	37.66	1,379.00
630.A	Geocompuesto de drenaje para muros	m2	29.20	17,755.09
630.B	Geocompuesto de drenaje para subdrenaje	m	35.04	12,956.53
634.A	Colector drenaje tipo i	m	959.74	507.00
635.A	Cuneta triangular tipo i	m	102.06	2,568.38
635.B	Cuneta triangular tipo ii	m	91.71	36,020.79
635.C	Cuneta triangular tipo iii	m	106.97	9,937.47
635.D	Cuneta rectangular con tapa tipo iv	m	416.08	2,530.05
635.E	Cuneta - canal trapezoidal revestido tipo v	m	88.48	1,000.00
635.F	Cuneta batea tipo vi	m	163.90	29.00
635.G	Cuneta de coronacion	m	88.12	120.00
635.H	Zanja de coronacion	m	152.34	2,845.00
635.I	Zanja revestida	m	88.92	1,771.19
635.J	Canal rectangular revestido h= 0.30 m	m	100.74	147.00
635.K	Canal rectangular revestido h= 0.60 m	m	186.39	422.00
635.L	Canal trapezoidal revestido h= 0.30 m	m	76.70	1,252.00
636.A	Zanja sin revestir	m	11.65	114.00
636.B	Canal trapezoidal sin revestir h =0.30 m	m	11.65	235.00
637.A	Bordillo	m	97.89	1,803.35
638.A	Sardinel peraltado	m	81.38	480.40
638.B	Sardinel sumergido	m	54.86	100.00
639.A	Pase peatonal	u	270.77	130.00
639.B	Cruce vehicular tipo i	m	473.77	400.00
639.C	Cruce vehicular tipo ii	m	498.70	10.00
640.A	Emboquillado de piedra e= 0.20m	m2	70.77	9,334.17
645.A	Veredas e= 4"	m2	85.14	1,035.95
650.G	Geotextil no tejido clase 1	m2	6.11	
650.H	Geotextil no tejido clase 2	m2	5.09	80,015.14
651.A	Geomalla de poliester tipo i	m2	16.74	7,342.05
651.B	Geomalla de poliester tipo ii	m2	29.83	1,260.00
655.B	Junta para muros	m2	48.26	1,492.49
660.A	Gavion tipo caja	m3	179.06	9,201.36
660.B	Gavion tipo colchon	m2	90.41	110.00
660.C	Dique de prevencion en DME	m3	33.93	19,310.60
665.A	Elemento muro de suelo reforzado	m3	281.27	6,860.00
680.A	Pedraplenes	m3	47.68	
691.A	Compuerta metalica	u	59.47	5.00
695.A	Encimado de buzones	u	1,640.00	56.00
695.B	Marco y tapa de fierro fundido	u	509.53	56.00
698.A	Proteccion en alcantarillas metalicas abovedadas	m	56.34	78.31
700	TRANSPORTES			
700.A	Transporte de material granular para d<= 1km	m3k	5.46	585,432.16
700.B	Transporte de material granular para d> 1km	m3k	1.39	7,533,112.38
700.C	Transporte de mezcla asfaltica para d<= 1km	m3k	7.55	28,058.80
700.D	Transporte de mezcla asfaltica para d> 1km	m3k	1.45	292,513.20
700.E	Transporte de desechos y excedentes a dme para d<= 1km	m3k	4.89	1,412,904.76
700.F	Transporte de desechos y excedentes a dme para d> 1km	m3k	1.73	1,872,556.14
700.G	Transporte de roca para d<= 1km	m3k	4.76	
700.H	Transporte de roca para d> 1km	m3k	1.74	30,219.50
700.I	Transporte de material de derrumbes a dme	m3k	1.71	222,040.16

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	P.U.	METRADO FINAL
800	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL			
801.A	Señales preventivas 0.60m x 0.60m	u	242.33	44.00
801.B	Señales preventivas 0.75m x 0.75m	u	344.65	436.00
802.A	Señales reglamentarias 0.90m x 0.60m	u	306.95	17.00
802.B	Señales reglamentarias 1.20m x 0.80m	u	441.58	210.00
802.D	Señal reglamentaria octogonal 0.75m x 0.75m	u	384.56	4.00
803.C	Señales informativas	m2	487.90	102.00
804.A1	Postes de soporte de señales de concreto	u	220.79	650.00
804.A2	Postes de soporte de señales de fierro	u	123.86	64.00
804.B1	Estructuras de soporte de señales tipo e-1	u	1,615.55	45.00
804.B2	Estructuras de soporte de señales tipo e-2	u	1,303.21	5.00
804.B4	Estructuras de soporte de señales tipo e-4	u	23,490.80	2.00
805.A	Poste delineador	u	134.63	2,257.00
805.B	Tacha retroreflectiva	u	13.46	13,057.00
810.A	Marcas en el pavimento tipo i	m2	13.79	14,267.93
820.A	Guardavia metálica	m	228.98	13,117.83
830.A	Poste de kilometraje	u	150.78	43.00
840.A	Pintado de parapetos de muros y alcantarillas	m2	18.27	2,840.08
855.A	Giba o resalto	m	608.65	158.68
900	PROTECCION AMBIENTAL			
900.A	PROGRAMA DE ABANDONO			
901.B1	Retiro y almacenamiento de top - soil	m2	3.18	611,137.73
901.B2	Conformacion final a dme	m2	1.06	458,846.48
903.B	Siembra de cobertura de pastos mejorados de heno y trebol	ha	10,525.60	45.26
906.A	Disposicion y conformacion de material excedente	m3	2.66	2,168,608.18
907.B4	Readecuación ambiental de canteras de río	m2	1.61	87,643.77
907.B5	Readecuación ambiental de canteras de cerro	m2	1.63	32,062.51
907.B6	Readecuación ambiental de canteras de roca	m2	2.95	81,648.87
907.B7	Readecuación ambiental de plantas de chancado, de asfalto y conc	m2	2.06	10,151.00
907.B8	Readecuación ambiental del campamento	m2	3.00	18,312.87
907.B9	Readecuación ambiental del patio de maquinas	m2	2.25	10,116.00
908.A	Roca acomodada para proteccion	m	43.60	60.00
910	SUB PROGRAMA DE SEÑALIZACION AMBIENTAL			
911.A	Señal informativa ambiental	m2	487.90	107.28
912.A	Estructuras de soporte de señales tipo e-1	u	1,615.55	38.00
960	PROGRAMA DE COMPENSACION AFECTACIONES MENORES			
961.A	Cerco perimetrico con malla olimpica	m	214.84	312.11
962.A	Cerco perimetrico alambrado	m	12.83	2,912.27
965.A	Reposicion de tuberia pvc agua s.p clase 10 d =1/2"	m	16.41	846.00
965.B	Reposicion de tuberia pvc agua s.p clase 10 d =1"	m	17.65	30.00
965.C	Suministro tuberia pvc agua s.p clase 10 d=2"	m	10.71	1,500.00
965.D	Reposicion de tuberia pvc agua s.p clase 10 d =3"	m	42.99	570.00
965.E	Instalacion y suministro de tuberia pvc agua u/f clase 7.5 d=200mm	m	74.39	356.69
965.F	Reposicion de tub pvc desague u/f d=150mm	m	40.81	200.00
965.G	Reposicion de tub pvc desague u/f d=200mm	m	38.80	702.00
965.H	Reposicion de codo 22.5° pvc agua u/f clase 7.5 d=200mm	und	195.91	3.00
965.I	Reposicion de codo 45° pvc agua u/f clase 7.5 d=200mm	und	195.91	6.00
965.J	Abrazaderas de union	und	347.71	4.00
965.L	Tuberia colgante	gbl	27,401.95	1.00
970	PROGRAMA DE MONITOREO			
970.A	Monitoreo de calidad del agua	pto	470.00	22.00
970.B	Monitoreo de calidad del aire	pto	1,300.00	29.00
970.C	Monitoreo de ruido ambiental	pto	150.00	29.00
1000	PONTONES			

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	P.U.	METRADO FINAL
601.B	Excavacion para estructuras en material comun	m3	18.36	2,682.95
601.C	Excavacion no clasificada para estructuras bajo agua	m3	20.73	1,812.33
605.A	Rellenos para estructuras	m3	37.23	1,996.04
230.A	Material de cantera para relleno	m3	6.57	677.81
610.C	Concreto clase c (fc = 280 kg/cm2)	m3	397.87	609.30
610.H	Concreto clase h (fc = 100 kg/cm2)	m3	301.32	34.35
612.A	Encofrado y desencofrado	m2	59.71	1,100.74
612.B	Encofrado y desencofrado bajo agua	m2	83.07	468.98
615	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	kg	4.50	41,475.61
700.A	Transporte de material granular para d<= 1km	m3k	5.46	1,701.16
700.B	Transporte de material granular para d> 1km	m3k	1.39	17,884.80
700.E	Transporte de desechos y excedentes a dme para d<= 1km	m3k	4.89	1,502.78
700.F	Transporte de desechos y excedentes a dme para d> 1km	m3k	1.73	2,872.20
1001	VARIOS			
690.A	Baranda metalica	m	508.00	36.25
1001.A	Falso puente para pontones	m	1,277.13	17.45
1002.A	Acabado de veredas	m2	27.69	38.06
1002	OBRAS DE PROTECCION			
601.A	Excavacion no clasificada para estructuras	m3	18.36	78.24
603.B	Encauzamiento para pontones	m3	20.92	72.53
605.A	Rellenos para estructuras	m3	37.23	42.35
605.C	Relleno no estructural	m3	32.14	5.03
610.D	Concreto clase d (fc = 210 kg/cm2)	m3	371.54	28.92
610.H	Concreto clase h (fc = 100 kg/cm2)	m3	301.32	3.09
612.A	Encofrado y desencofrado	m2	59.71	101.58
615	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	kg	4.50	1,409.59
624.B	Tubo de pvc-sap, d=2"	m	12.79	2.70
650.H	Geotextil no tejido clase 2	m2	5.09	65.00
655.B	Junta para muros	m2	48.26	216.05
660.A	Gavion tipo caja	m3	179.06	45.00

**Anexo III: Estructura de Descomposición del Trabajo (EDT) Final del
Proyecto “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Cajamarca –
Celendín – Balsas, Tramo: Km 52+000 – Celendín”**

Anexo VIII: Panel Fotográfico



Fotografía 01 Corte en roca fija Km 54+150



Fotografía 02 Farallones Km 80+200



Fotografía 03 Mejoramiento Km 92+300



Fotografía 04 Compactación de subrasante Km 87+200



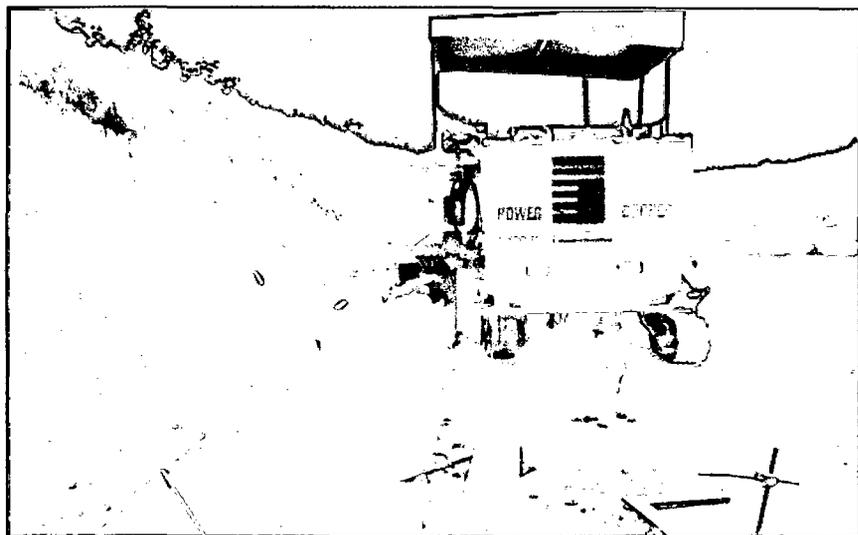
Fotografía 05 Conformación de base Km 85+100



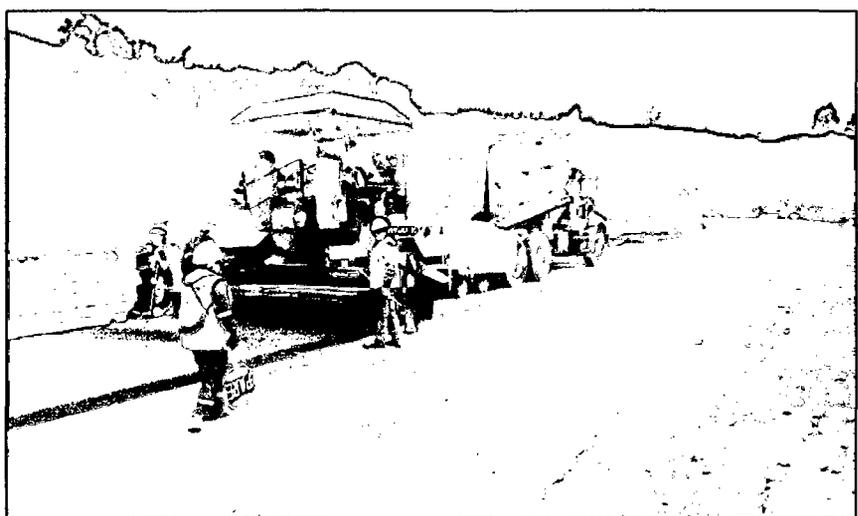
Fotografía 06 Alcantarilla marco Km 93+820



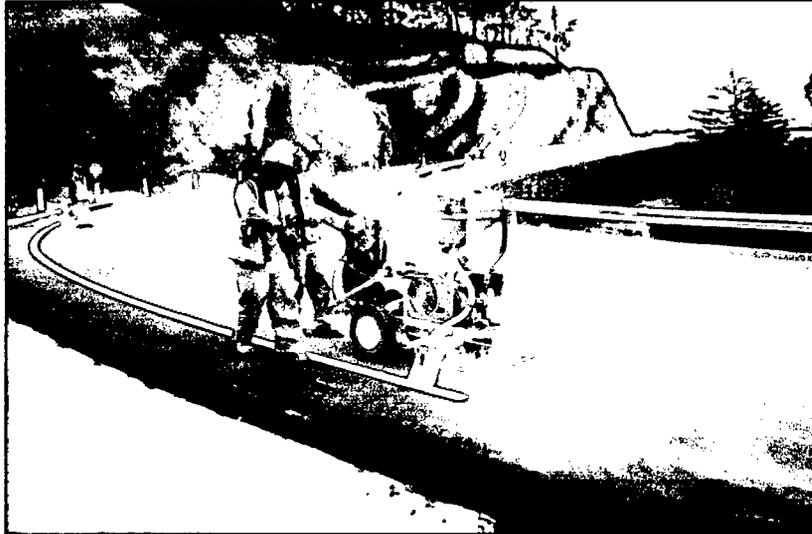
Fotografía 07 Muro de suelo reforzado Km 81+750



Fotografía 08 Ejecución de cunetas Km 67+500



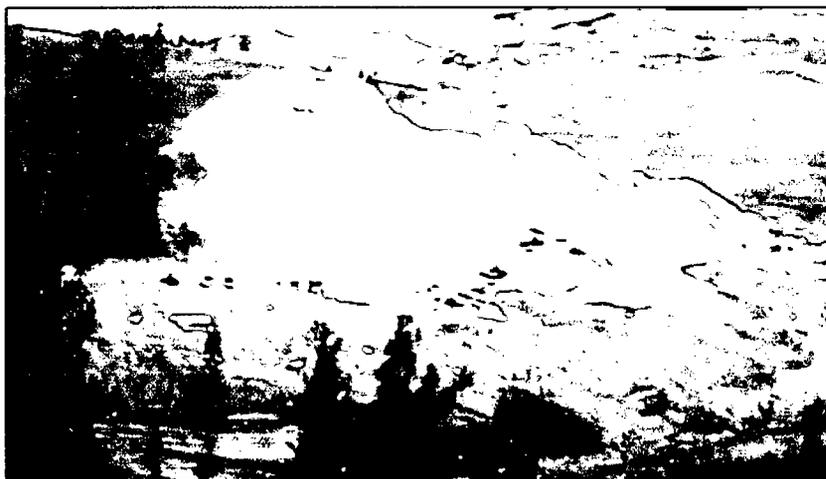
Fotografía 09 Colocación de asfalto Km 63+000



Fotografía 10 Marcas en el pavimento Km 61+200



Fotografía 11 Cantera Km 53+600



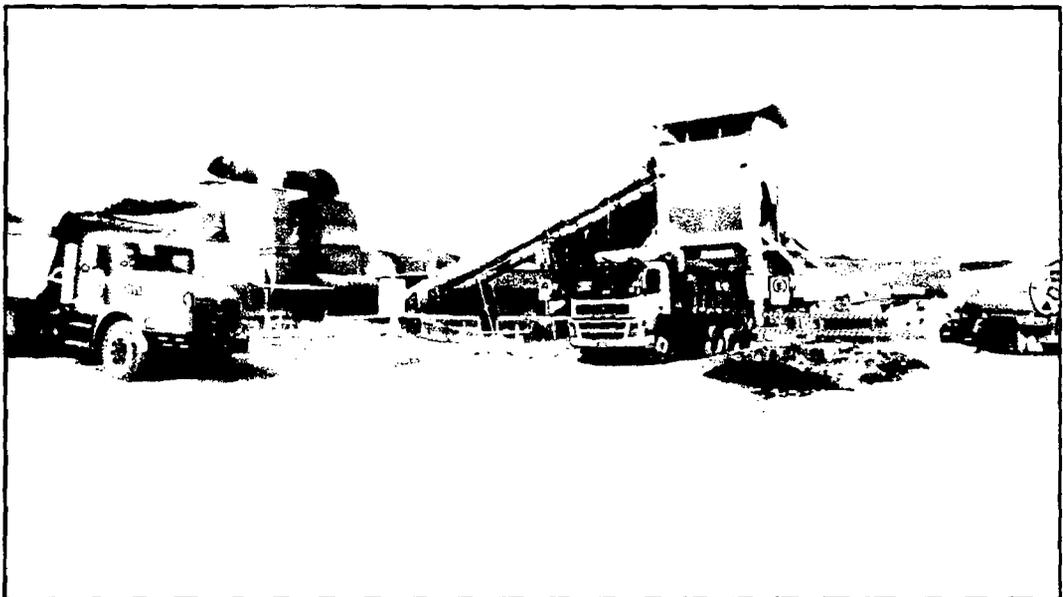
Fotografía 12 Cantera Peña Blanca Km 58+600



Fotografía 13 Cantera Don Nati Km 72+230



Fotografía 14 Cantera Las Flores Km 81+200



Fotografía 15 Planta de asfalto Km 72+230