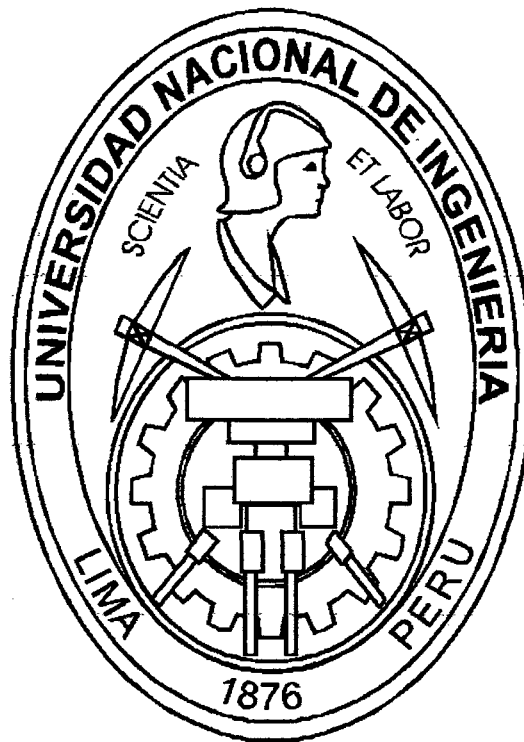


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**“APLICACIÓN DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN ÚLTIMO
PLANIFICADOR EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN”**

TESIS

Para optar el grado de Ingeniero Civil

Bach. Christian Altamirano Macedo

**Lima – Perú
2010**

Digitalizado por:

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

Lo dedico a mis padres Dina y Jorge por su apoyo y comprensión, a Anita por darme a mi hermoso hijo Leonardo y a mis hermanas por darme su alegría.

ÍNDICE

RESUMEN	01
LISTA DE CUADROS	02
LISTA DE FIGURAS	04
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	06
INTRODUCCIÓN	07
CAPÍTULO I: MARCO ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ	08
1.1 Introducción	09
1.2 Producto Bruto Interno	10
1.3 Sector Construcción	13
1.4 Entorno Económico del País Para Desarrollar Proyectos	16
CAPÍTULO II: SISTEMA TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS	18
2.1 Evolución de la Planificación Según el Sistema Productivo	19
2.1.1 De la Producción Artesanal a la Producción en Masa	19
2.1.2 De la Producción en Masa a la Producción Ajustada	25
2.2 Planificación Bajo el Enfoque de la Teoría de Restricciones	30
2.3 Evolución de los Sistemas de Planificación	39
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN ÚLTIMO PLANIFICADOR	40
3.1 Introducción	41
3.2 Lean Production	42
3.3 Lean Construction	52
3.4 Sistema del Último Planificador	53
3.5 Formación de Asignaciones Dentro del Sistema del Último Planificador	
3.6 Unidad de Control de Producción	58
3.7 Comportamiento del Sistema del Último Planificador	62
3.7.1 Programa Maestro	62
3.7.2 Planificación Intermedia	63
3.7.2.1 Definición de las Actividades de la Planificación Intermedia	65
3.7.2.1 Análisis de Restricciones	67
3.7.2.2 Inventario de Trabajo Ejecutable	68
3.7.3 Planificación de Trabajo Semanal	70

3.7.3.1 Formación del Plan de Trabajo Semanal	71
3.8 Reunión de Planificación Semanal	75
3.8.1 Resumen Ejecutivo de una Buena Planificación Semanal	78
CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR	80
4.1 Introducción	81
4.2 Desarrollo del Plan Maestro	81
4.3 Desarrollo de la Planificación Intermedia	91
4.4 Inventario de Trabajo Ejecutable	97
4.5 Ejecución de la Planificación Semanal	102
4.6 Reunión de Planificación Semanal	103
4.7 Análisis de Datos	104
4.7.1 Porcentaje de Actividades Completadas	104
4.7.2 Costo por Proceso	105
4.8 Mejora Continua	108
4.8.1 Análisis de Proceso de Colocación de Afirmad	109
4.8.2 Análisis del Proceso de Excavación de Zanjas	113
4.8.3 Análisis del Proceso de Encofrado de Placas	125
CONCLUSIONES	140
RECOMENDACIONES	144
BIBLIOGRAFÍA	146
ANEXOS	147

LISTA DE CUADROS

Tabla	Descripción	Página
01-01	Producto Bruto Interno por Sectores Económicos	14
01-02	Principales Medidas del Plan de Estimulación Económica	15
03-01	Trabajos de productividad de maquinaria pesada realizado por JLV Consultores	43
04-01	Proceso de Encofrado Para el Pavimento	94
04-02	Identificación de Restricciones	95
04-03	Causas de restricción del procedimiento de encofrado	96
04-04	Recuperación de estacas para el encofrado	97
04-05	Proyección de colocación de afirmado y número de camiones	114
04-06	Proyección del tiempo de ejecución	114
04-07	Producción real	114
04-08	Toma de datos de diferencia de zanja del Contratista Consorcio Real	124
04-09	Toma de datos de diferencia de zanja del Contratista Constructora R&F	125

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
01-01	Ejemplo para calcular el PBI	10
01-02	Evolución del Producto Bruto Interno	11
01-03	Evolución del Producto del Sector Construcción	11
01-04	Evolución del Gasto Público	12
01-05	Tasa de crecimiento del PBI (%)	12
01-06	Tasa de crecimiento del sector construcción (%)	13
01-07	Fases de un proyecto de carretera	17
02-01	Sistemas de medición sin estandarizar	20
02-02	Sistemas de medición estandarizada	22
02-03	Producción artesanal Vs Producción en Masa	23
02-04	Comprobación de la calidad al final del proceso	24
02-05	Esquema de un sistema Justo a Tiempo	29
02-06	Esquema de un sistema Justo a Tiempo	30
02-07	Analogía de los vasos comunicantes	32
02-08	Identificar la restricción del sistema	33
02-09	Explotar las restricciones del sistema	34
02-10	Subordinar todos los procesos a la restricción	35
02-11	Elevar las limitaciones del sistema	36
02-12	Identificar la restricción del sistema	37
02-13	Cadenas de producción de una carretera	38
02-14	Evolución de los sistemas de planificación	39
03-01	Tipo de actividades que agregan y no agregan valor	42
03-02	Esquema Conceptual del Lean Production	43
03-03	Identificación de actividades que no agregan valor	45
03-04	Incrementar el valor del producto	46
03-05	Reducir la variabilidad	47
03-06	Reducción del tiempo de ciclo	48
03-07	Simplificación de procesos	49
03-08	Introducir el mejoramiento continuo	50
03-09	Mejorar tanto la conversión como el flujo	51
03-10	Benchmarking	52
03-11	Proceso Tradicional de Planificación	56
03-12	Proceso Planificación Último Planificador	57
03-13	Comparación entre la planificación y ejecución	60
03-14	Definición, secuencia y tiempo del proceso	61
03-15	WBS del Programa Maestro	62
03-16	Planificación Intermedia	64
03-17	Definimos las actividades al describir los procesos	66
03-18	Análisis de restricciones	67
03-19	Inventario de trabajo ejecutable	69
03-20	Sistema de planificación tradicional	71
03-21	Formulación del plan de trabajo semanal	73
03-22	Medición del sistema Último Planificador	74
03-23	Sistema de planificación "Último Planificador"	74
03-24	Estructura de las reuniones semanales	77
04-01	Amortiguadores colocados al final de cada partida	82
04-02	Amortiguadores colocados al final de la Ruta Crítica	82
04-03	Evolución de la eficiencia en los procesos	84

04-04	Avance Porcentual del Plan Maestro	85
04-05	Sub división de partidas en procesos	86
04-06	Cantidad agrupada en procesos	87
04-07	Costo de los procesos del Plan Maestro	88
04-08	Resumen de la Codificación Única por Procesos	89
04-09	Responsables de cada proceso	89
04-10	Organigrama por Procesos	90
04-11	Proceso Crítico	91
04-12	Planificación del Vaciado de Concreto	93
04-13	Inventario de Trabajo Ejecutable de Una semana	98
04-14	Recursos por procesos	99
04-15	Programación Semanal	101
04-16	Re-Programación Semanal	101
04-17	Producción Semanal	102
04-18	Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)	104
04-19	Causas de no cumplimiento en una semana	105
04-20	Ocurrencia de la Variabilidad y la Incertidumbre	106
04-21	Porcentaje de causas de no cumplimiento	107
04-22	Análisis de las causas de no cumplimiento	108
04-23	Gastos por procesos y recursos	109
04-24	Estado Actual del Proyecto	111
04-25	Maquinarias	113
04-26	Recursos	113
04-27	Procedimientos constructivos de la contratista R&F	115
04-28	Procedimientos constructivos del contratista CR	115
04-29	Programación para la excavación de los módulos	116
04-30	Trazo de zanjas según plano de estructuras	117
04-31	Perfilado con barreta y corte con pico	118
04-32	Procedimiento de excavación	118
04-33	Procedimiento de eliminación	119
04-34	Procedimiento de recubrimiento con plástico	119
04-35	Plantilla para la verificación de las dimensiones	120
04-36	Plano de planta de las excavaciones	120
04-37	Producción del Consorcio Real	121
04-38	Producción de la Constructora R&F	121
04-39	Rectificaciones debido a errores en el trazo	122
04-40	Se observa una sobre-excavación de 5.5cm	123
04-41	Se observa una sobre-excavación de 6.5cm	123
04-42	Causas de la sobre-excavación	125
04-43	Elementos del encofrado Unispan	128
04-44	Programación de colocación de encofrado	129
04-45	Limpieza y modulación del encofrado	129
04-46	El topógrafo traza el alineamiento	130
04-47	Colocación de Paneles	130
04-48	Habilitación de paneles	131
04-49	Habilitación de paneles	132
04-50	Habilitación de paneles	132
04-51	Habilitación de paneles	133
04-52	Complemento de los paneles	133
04-53	Verificación de verticalidad en paneles	134
04-54	Desencofrado de paneles	134

04-55	Verificación después del desencofrado	135
04-56	Plano de planta para la verificación	135
04-57	Producción de encofrados del Consorcio Real	136
04-58	Producción de encofrados de la Constructora R&F	136
04-59	Modulación en 3D	136
04-60	Tiempo empleado para modular	137
04-61	Horas Hombre empleadas para modular	137
04-62	Tiempo para colocación de paneles	138
04-63	Encofrado artesanal	138
04-64	La eficiencia disminuye por la dificultad del trabajo	139
04-65	Puntales de madera utilizados para estabilizar	139

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

PBI	Producto bruto interno
IVF	Índice de volumen físico
P&L	Panhard y Levassor
JIT	Justo a tiempo
TQM	Control total de la calidad
TOC	Teoría de restricciones
PC	Proceso crítico
ITE	Inventario de trabajo ejecutable
P	Productividad
PAC	Porcentaje de actividades completadas
WBS	División del trabajo
CUP	Codificación única por procesos

RESUMEN

El sistema del Último Planificador es una herramienta para medir y controlar interdependencias entre procesos, reduciendo la variabilidad entre estos, asegurando el mayor cumplimiento de las actividades de la planificación dentro de la filosofía del Lean "Construction" (Construcción sin pérdidas)

La implementación del sistema generará beneficios económicos en los ingresos de las empresas constructoras que lo utilicen como una metodología de planificación estándar, por esa razón en el Capítulo I analizamos el marco económico de la construcción en el Perú con el objetivo de interpretar los indicadores económicos y saber si la nueva filosofía puede alterar estos indicadores de manera positiva en el mediano plazo.

Después de interpretar el panorama económico actual analizaremos en el Capítulo II cómo fueron evolucionando los sistemas productivos con respecto al tiempo, haciendo un recorrido desde la producción artesanal, pasando por la producción en masa y terminando en la producción ajustada; también haremos una introducción de la teoría de restricciones porque es la base de la metodología de mejora continua en los proyectos.

En el Capítulo III estudiaremos el nuevo modelo denominado Lean construction, que es base del sistema de planificación y control denominado Último Planificador que genera cambios fundamentales en la manera de planificar y controlar los proyectos de construcción.

Finalmente en el Capítulo IV implementaremos el sistema de Último Planificador con el objetivo de medir la eficiencia de la planificación con respecto a lo ejecutado e implementación de un plan de mejora continua que nos ayudará a retroalimentar el sistema en forma constante.

INTRODUCCIÓN

El sector construcción es de gran importancia para el desarrollo económico debido que da respuesta a las necesidades de la población, siendo fuente de puestos de trabajo y genera crecimiento indirectamente en otros sectores de la economía.

A pesar de su importancia no se puede comprender el bajo grado de desarrollo de esta industria en la mayoría de países latinoamericanos, debido a su gran deficiencia y poca efectividad, lo que se traduce en poca competitividad para las empresas constructoras nacionales con respecto a las internacionales.

La industria de la construcción presenta características únicas que limitan su estandarización, como una curva de aprendizaje limitada, condiciones climatológicas, trabajo bajo presión, poca capacitación y sobre todo planificación inexistente.

Mejorar la planificación es el objetivo de esta investigación porque estamos convencidos que el principal problema de la construcción es saber administrar los recursos para que estén disponibles cuando los necesitemos. La indisponibilidad de recursos genera atrasos y desvirtúa lo planificado, por esa razón aplicamos la herramienta de planificación "Último Planificador" para contribuir con el aumento de la productividad del sector construcción.

CAPITULO I
MARCO ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ

1 MARCO ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL PERÚ

1.1 INTRODUCCIÓN

La finalidad de este capítulo es tener una noción del entorno económico que rodea al mercado de la construcción en el Perú, para lo cual se analizarán algunos indicadores económicos fundamentales que nos ayudarán a desarrollar una perspectiva más clara de la situación económica actual del país y pronosticar las tendencias económicas en el corto y mediano plazo en el sector construcción.

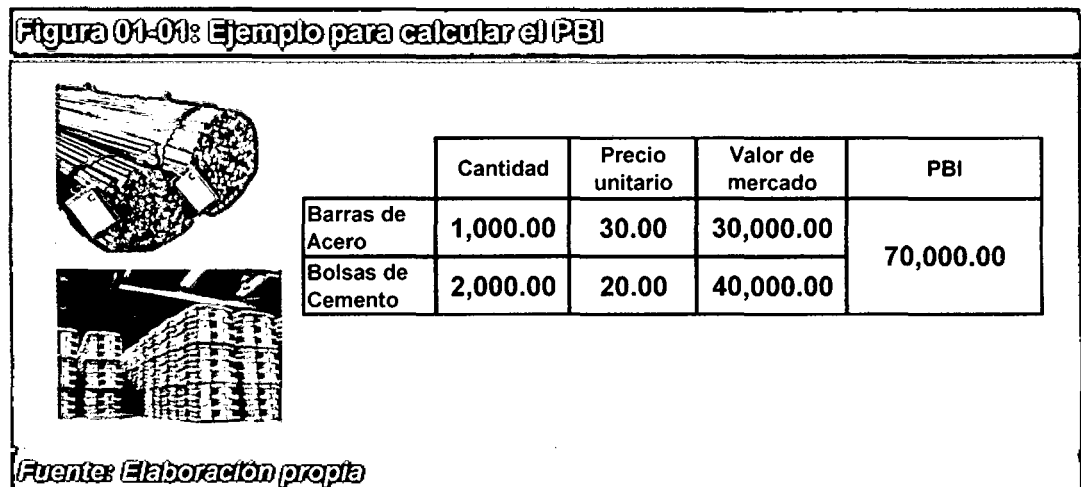
Actualmente el país está saliendo de una crisis internacional llamada “Crisis Financiera” producida por la sobrevaloración de los bienes inmuebles en los EEUU, provocando en los inversionistas desconfianza en arriesgarse a emprender nuevos proyectos de construcción debido a la caída de la demanda del mercado en bienes inmobiliarios.

Por esa razón tenemos que analizar el entorno económico del Perú basándonos en indicadores económicos proporcionados por el Banco Central de Reserva, tales como el PBI (Producto Bruto Interno) e investigar su impacto sobre el sector construcción, dándonos una idea del crecimiento o decrecimiento de la economía del país.

1.2 PRODUCTO BRUTO INTERNO

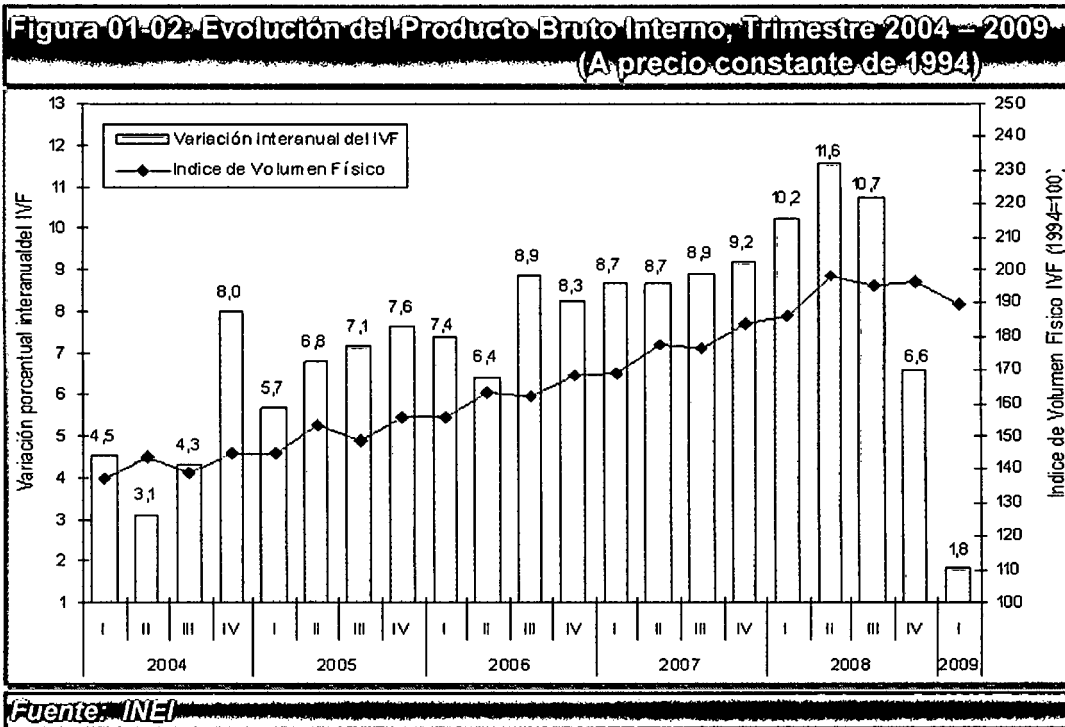
El PBI (Producto Bruto Interno) es el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un período determinado. Producto se refiere a valor agregado; interno se definea la producción dentro de las fronteras de una economía; y bruto significa que se contabiliza el total del inventario producido.

Por ejemplo para medir la producción total debemos sumar la producción de bolsas de cemento y barras de acero calculando los artículos con sus valores de mercado, tal como se aprecia en la Figura 01-01.

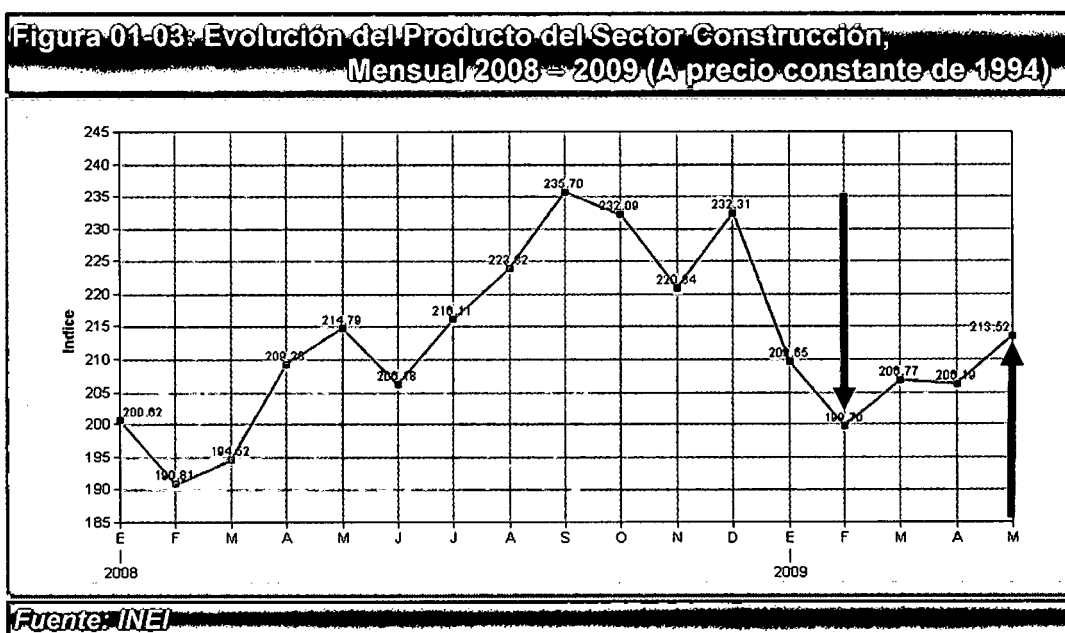


Para analizar la evolución del PBI se calcula el IVF (Índice de Volumen Físico), siendo un indicador estadístico que mide el progreso mensual de los bienes físicos elaborados por un país.

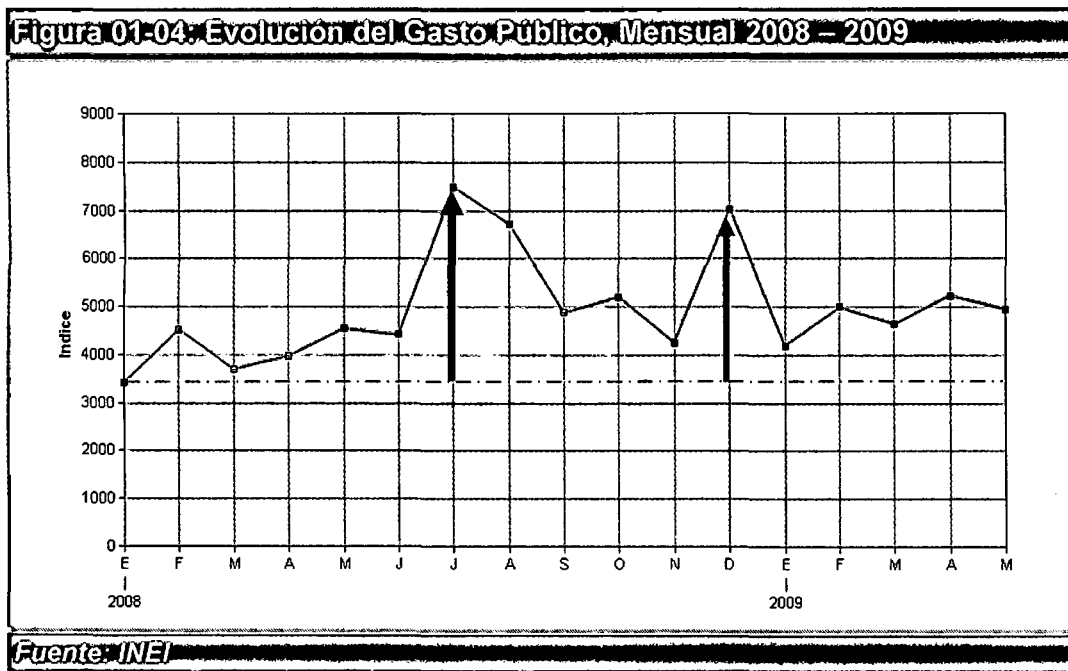
El IVF tiene como objetivo reflejar la tendencia o variación de la producción igualando al 100% el PBI del año base (1994) y compararlo con el PBI de los años venideros tal como se indica en la Figura 01-02, observando que en el II trimestre del año 2008 el IVF llegó al 200% duplicando el PBI en solo 14 años y en el primer trimestre del 2009 se registró un crecimiento del 1.8% debido a la crisis financiera internacional.



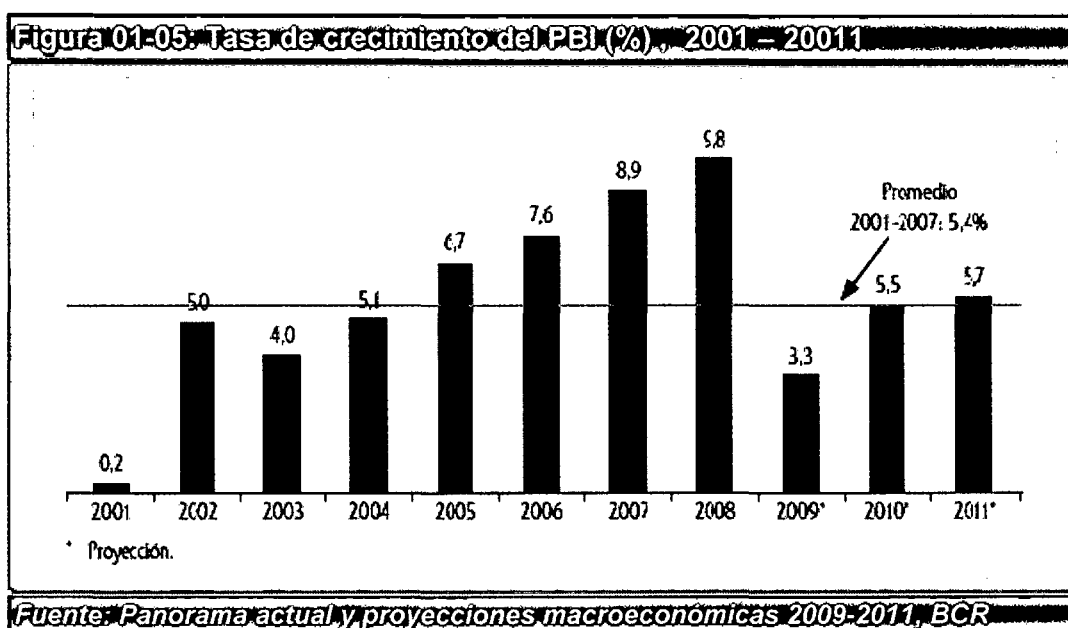
La crisis financiera afectó al Sector Construcción desde septiembre del 2008 hasta febrero del 2009, ocasionando desconfianza entre los inversionistas para promover proyectos de construcción en todo el país; por esta razón el Estado ejecutó un plan de emergencia teniendo como objetivo la inversión en infraestructura y de esa manera dinamizar el consumo interno de materiales, reflejándose un ligero crecimiento desde febrero del 2009 tal como se observa en la Figura 01-03.



El Estado impulsó el gasto público en obras de infraestructura en más de 100% con respecto al primer trimestre del 2008 (Figura 01-04) generando en el sector construcción la recuperación de la producción que tenía al 2008 (figura 01-03).



Para 2010 se proyecta una tasa de crecimiento del PBI de 5,5 por ciento y para 2011 sería de 5,7 por ciento. Esto se debe al retorno de la inversión por parte del sector privado.



1.3 SECTOR CONSTRUCCIÓN

El sector construcción mantuvo un crecimiento sostenible en el periodo 2003 - 2008 debido a la inversión del sector público y privado, motivado por una estabilidad política que se acentuó al final del 2002.

La crisis financiera detuvo el crecimiento sostenible que se mantendrá constante hasta el 2011 debido al cambio de gobierno para ese año (Figura 01-06).



En el 2009 todos los sectores económicos redujeron su crecimiento con respecto al 2008. La recesión económica mundial se tradujo en una reducción de la demanda por productos de exportación no tradicionales, fabricados principalmente en el sector manufactura, así como una mejor actividad en la mediana minería, en un contexto de menores cotizaciones respecto al 2008.

El sector construcción dejará de aportar el mayor porcentaje de recursos al PBI para los años 2010 y 2011 debido a la desaceleración de las inversiones (Tabla 01-01).

**Tabla 01-01: Producto Bruto Interno por Sectores Económicos
(Variaciones porcentuales)**

	2008	2009	2010	2011	2012
Agropecuario	6,7	2,4	3,7	4,0	4,0
Pesca	6,2	2,9	3,1	3,1	3,2
Minería e hidrocarburos	7,6	5,0	6,0	10,0	7,0
Manufactura	8,5	2,2	4,0	4,4	5,6
Procesadora de recursos primarios	7,6	3,7	3,7	3,8	3,9
Industria no primaria	8,7	1,8	4,1	4,5	6,0
Construcción	16,5	11,4	9,4	6,0	5,0
Comercio	12,8	2,2	3,8	4,7	5,3
Servicios 1/	8,9	4,1	5,0	5,1	5,1
VALOR AGREGADO BRUTO	9,6	3,9	4,9	5,7	5,8
Impuestos a los productos y derechos de importación	11,7	0,1	5,5	6,6	8,2
PRODUCTO BRUTO INTERNO	9,8	3,5	5,0	5,8	6,0
VAB primario	7,2	3,5	4,5	6,0	5,1
VAB no primario	10,2	3,9	5,0	5,6	6,0

1/ Incluye el PBI del sector electricidad y agua.

Fuente: INEI. Proyecciones MEF.

Fuente: Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2009-2011, BCR

El gobierno se encuentra ejecutando un plan de estimulación económica, el mismo que tiene por objetivo la creación de empleo, invirtiendo s/. 12,561 millones de los cuales s/7,821 millones corresponderán a obras de infraestructura, s/. 3,459 millones a programas de impulso directo a la actividad económica, s/. 1,242 millones a protección social y s/. 40 millones a otros programas (Tabla 01-02).

Tabla 01-02: Principales Medidas del Plan de Estimulación Económica

(Millones de nuevos soles)		
Concepto	Norma	MIL. Nuevos Soles
1. Impulso a la Actividad Económica		3 459
- Fondo de Estabilización del Precio de los Combustibles	DU 06 y 09-2009	1 000
- Compras a las Mypes uniformes y mobiliario escolar	DU 015-2009	150
- Programa de Reconversión Laboral	DU 021-2009	100
- Fondo de Garantía Empresarial (FOGEM)	DU 024-2009	300
- Construyendo Perú - Projovent	DS 016-2009-EF	76
- Aumento Temporal del Drawback	DS 018-2009-EF	360
- Créditos y garantías del Fondo Agroperú	DU 027-2009	210
- Fortalecimiento de Mypes	DU 019-2009	5
- Detracciones del Foncomun	Ley 29332	450
- Depreciación acelerada en construcción	Ley 29342	808
2. Obras de Infraestructura		7 821
- Proyectos de inversión	DU 010-2009	1 967 1/
- Fondo de inversión en Infraestructura - COFIDE	DU 018-2009	320
- IIRSA Sur	DU 025-2009	773
- Fideicomisos Regionales	DU 028-2009	2 600
- Proyecto Costa Verde	DS 019-2009-EF	16
- Continuidad de Inversiones	DS 013 y 017-2009-EF	1 765 2/
- Continuidad de Inversiones - Tarma	DU 039-2009	60
- Mantenimiento de Carreteras	DS 034-2009-EF	300
- Carretera Santiago de Chuco Shorey	Ley 29321	20
3. Protección Social		1 242
- Mantenimiento de Instituciones Educativas	DU 003 y 011-2009	290 3/
- FORSUR	DU 005-2009	146
- Mantenimiento y Equipamiento de Establecimientos de Salud	DU 016 y 022-2009	165 4/
- Mantenimiento de Infraestructura de Riego	DU 016 y 054-2009	153
- Infraestructura Básica Gobiernos Locales	DU 016 y 050-2009	318
- Inversión Social - Fondo Igualdad	Ley 29322	105
- Programa de Complementación Alimentaria	DS 022-2009-EF	64
4. Otros		40
Total Plan de Estímulo		12 561
<p>1/ Neto de proyectos considerados en continuidad de inversiones (S/. 108 millones). 2/ Incluye proyectos considerados prioritarios (S/. 108 millones). 3/ En los proyectos prioritarios del DU 010-2009 están incluidos S/. 270 millones considerados en el DU 011-2009. 4/ Equipamiento S/. 51 millones y mantenimiento S/. 114 millones.</p>		

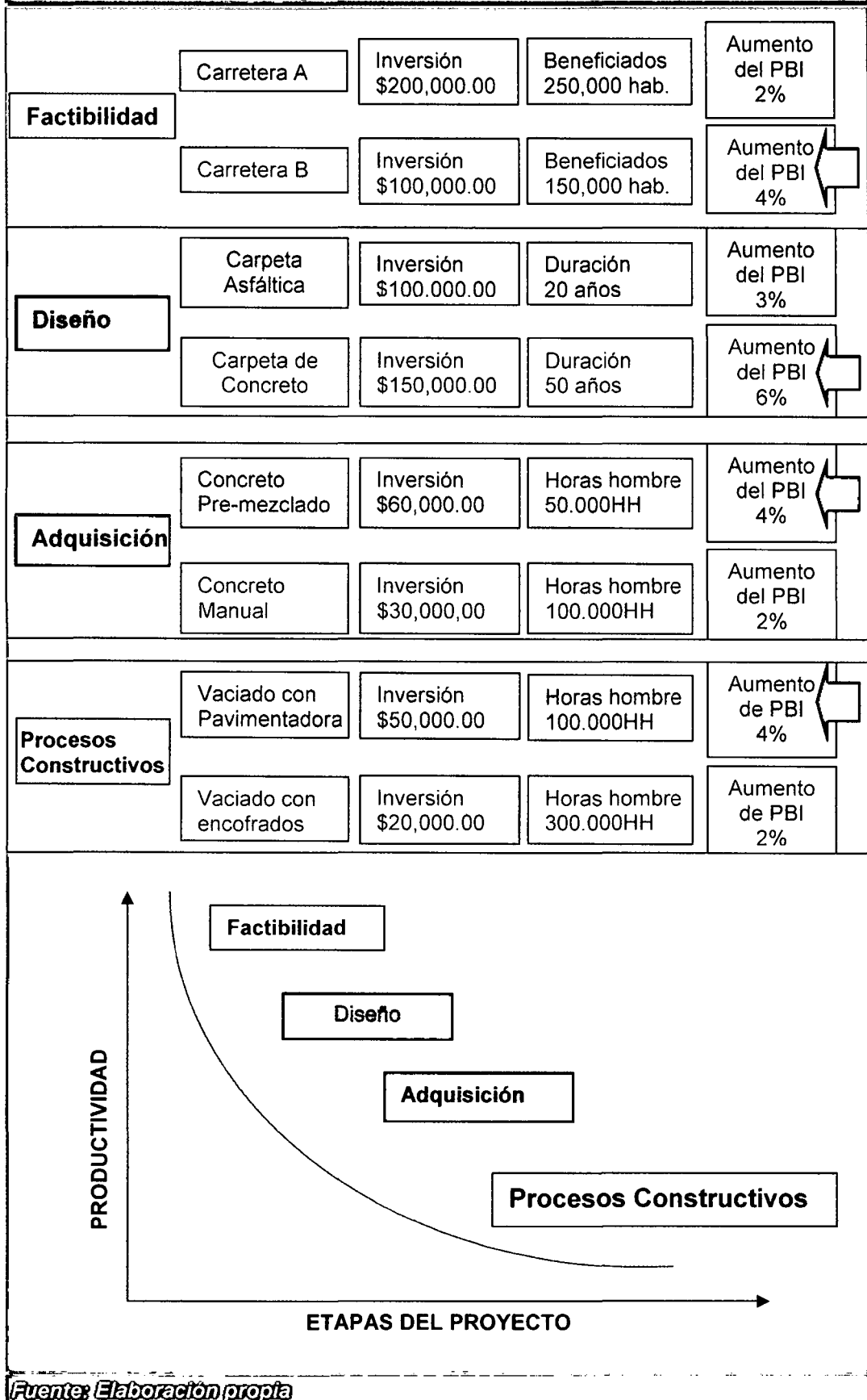
Fuente: Panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2009-2011, BCR

1.4 Entorno Económico del País para Desarrollar Proyectos

El objetivo de toda empresa es ganar dinero en la actualidad y en el futuro, siendo un factor de gran importancia el costo de los recursos en el transcurso del tiempo, el cual dependerá de fluctuaciones del mercado producidas por la oferta y la demanda de los consumidores, tal como se muestra en el capítulo I.

Por esa razón es importante analizar el comportamiento del mercado para aplicar el concepto de Constructabilidad que es el uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la factibilidad, en el diseño, en las adquisiciones y en el manejo de las operaciones de construcción; siendo estas últimas todas las etapas que conforman un proyecto, tal como se muestra la figura 01-07.

Figura 01-07 Fases de un proyecto de carretera (Según Constructabilidad)



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO II
SISTEMA TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

2 SISTEMA TRADICIONAL DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

2.1 EVOLUCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN SEGÚN EL SISTEMA PRODUCTIVO

Para tener una idea de cómo ha evolucionado la planificación en la industria de la construcción en los últimos tiempos tenemos que tomar como referencia al sector automotor por dos motivos:

- Fue el sector que sirvió de modelo a la industria de la construcción en el transcurso del siglo XX.
- Sus procesos de producción tienen similitud con la industria de la construcción.

Después de la Primera Guerra Mundial, Frederic W. Taylor (autor del libro *The principles of scientific management*), Henry Ford (Presidente de la Ford Motor Company) y Alfred Sloan (Presidente de la General Motors) sacaron al mundo de la producción artesanal y lo introdujeron en el área de la producción en masa.

No fue hasta los años 70 que el mundo reconoció un sistema genuino de producción de Japón generado por Eiji Toyoda y Taiichi Ohno de la Toyota Company, creando una nueva forma de producción que denominaron producción ajustada o lean manufacturing.

2.1.1 DE LA PRODUCCIÓN ARTESANAL A LA PRODUCCIÓN EN MASA (Taylorismo y Fordismo)

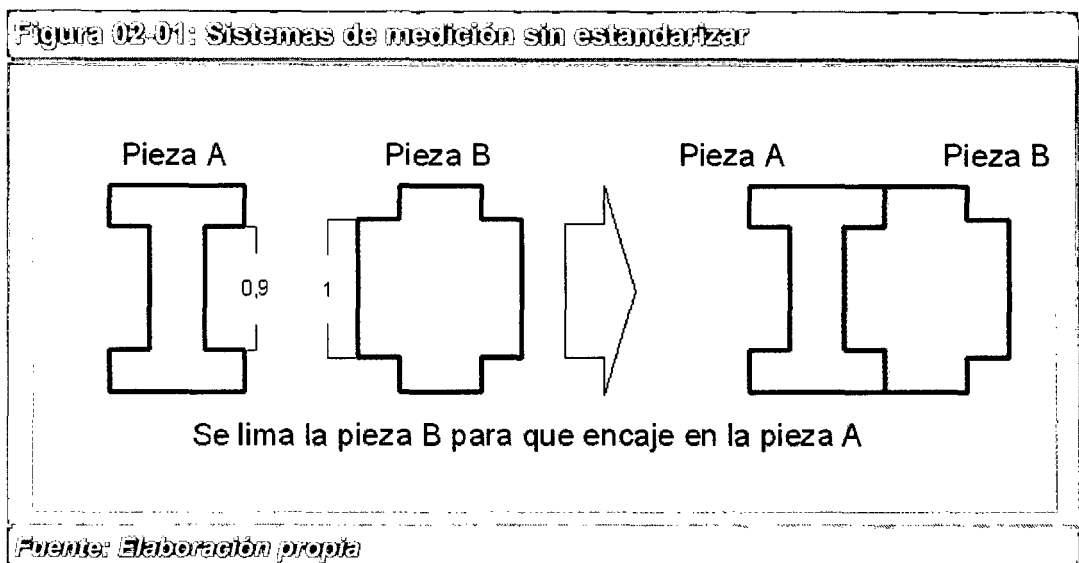
A principios de 1890, la empresa fabricante de herramientas P&L (Panhard y Levassor) se reunió con Gottlieb Daimler (Fundador de la compañía que fabrica actualmente el Mercedes Benz) para diseñar el nuevo sistema de Panhard, el que consistía en un automóvil de gasolina con el motor adelante, los pasajeros atrás y tracción en las ruedas traseras.

Los trabajadores de P&L eran artesanos calificados que construían coches a mano, con mucho cuidado y en pequeña cantidad. Estos trabajadores conocían

perfectamente los principios del diseño mecánico y las propiedades de los materiales que utilizaban.

Los coches producidos no eran nunca idénticos debido que los sistemas de medición no eran estándares y las máquinas utilizadas eran simples, teniendo como consecuencia que las piezas llegadas a la nave de ensamblaje eran limadas hasta hacerlas encajar.

En el ejemplo de la Figura 02-01 se muestra dos piezas que fueron diseñadas para encajar una con otra pero una estas tiene que ser limada en los bordes para que pueda enlazarse a la otra pieza.



P&L no tenía pretendido fabricar coches idénticos en un inicio y en lugar de eso se dedicó a adaptar cada coche al gusto de cada cliente no siendo de preocupación esencial el coche ni la facilidad de conducción sino la velocidad, exclusividad y adaptación al gusto del cliente.

Haciendo la comparación con la industria de la construcción cada producto es único y de volumen reducido que utiliza herramientas para realizar operaciones en metal, madera y concreto con una fuerza laboral capacitada en el diseño, las operaciones y el ensamblaje, siendo la secuencia de la carrera profesional iniciarse como aprendiz, pasar a oficial y ser operario cuando tenga todas las capacidades artesanales.

Los inconvenientes de la producción artesanal se inician cuando el volumen de producción aumenta y se tiene que realizar un prototipo para cada producto, invitando a los artesanos a innovar e investigar de forma sistemática debido que se les exige velocidad en la producción.

El siguiente paso en la organización industrial la dio la producción en masa, también denominada taylorismo o fordismo en recuerdo a las personas que la desarrollaron, F.W. Taylor y H. Ford, los que implementaron las nuevas técnicas de producción que permitían la reducción de los costos junto con el aumento continuo de la productividad.

En esa época el exceso de demanda no satisfecha por una oferta con capacidad restringida y una gran disponibilidad de mano de obra poco especializada como consecuencia de la masiva migración del entorno rural al urbano desarrollaron la producción en masa a una mayor rapidez.

Taylor describió que en la industria el rendimiento era bajísimo y se incurría en pérdidas en los procesos de fabricación más significativos teniendo como filosofía que si la persona trabajaba con labor excesiva y fatigosa era prueba de que se había llegado a un buen nivel de eficiencia que se lograba cuando el operario tenía buenas condiciones de trabajo y era dirigido correctamente por un superior en la dirección deseada.

Taylor insistía en la importancia de atenerse en tres principios básicos del trabajo, enunciando los siguientes:

- Desarrollar una verdadera ciencia de la administración del trabajo.
- Separación de tareas mentales de dirección, planificación y ejecución.
- Estrecha y amistosa cooperación entre la dirección y el personal.

Desarrollando el estudio científico basado en conocimientos analíticos del trabajo o de los procedimientos tradicionales dándonos como consecuencia la superación de la planificación que se guiaba por recetas empíricas sin una base sólida, llegando a elaborar reglas, fórmulas y leyes que sustituyan la variable intuición e improvisación. Para ello se exigían tablas y estadísticas que

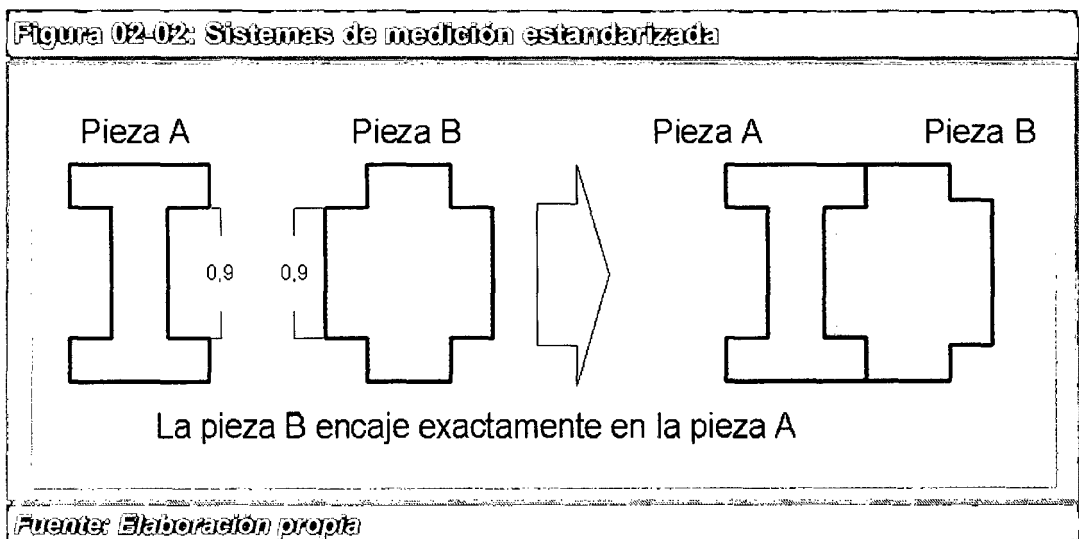
documenten y ordenen datos empíricos sobre los procesos de trabajo que deben ser estudiados por la dirección y no por el operario que abandonará la actividad antigua del artesano.

En 1903 Ford Motor Company fabricaba unos pocos coches en su taller de Detroit, trabajando con grupos de dos o tres personas ocupadas en el ensamblaje de componentes fabricados por otros talleres independientes.

Henry Ford realizó su sueño de producir un automóvil a precio razonable, fiable y eficiente con la introducción del famoso Modelo T teniendo las características de ser fácil de conducir, mantener y maniobrar en las carreteras de la época, iniciando una nueva era en el transporte de personas.

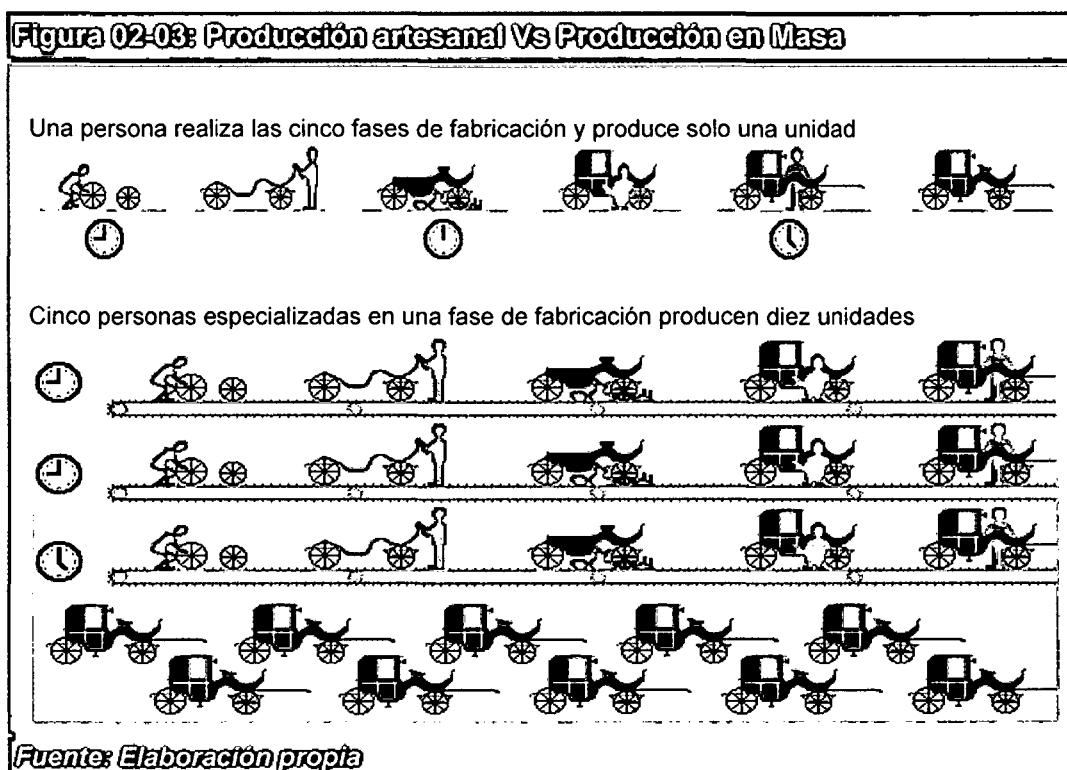
La clave de producción no fue la cadena de montaje móvil, sino la total y coherente intercambiabilidad de las partes combinadas con la sencillez de su ensamblaje, implementando la utilización del mismo sistema de medición para todas las partes a lo largo del proceso de fabricación, logrando enormes ventajas sobre sus competidores al eliminar a los ensambladores calificados que siempre habían constituido el grueso de toda su fuerza laboral.

Las piezas mostradas en el Figura 02-02 tienen las medidas exactas y no necesitan limarse o entallarse, facilitándose la unión entre estas.



El primer paso que dio Ford fue entregar las partes en cada lugar de trabajo indicando que cada ensamblador realice una sola tarea en cada coche para que una vez terminado el trabajo se desplace al siguiente coche y así sucesivamente, aumentando progresivamente la especialización del trabajo.

El montador del taller artesanal habría realizado todas las operaciones de montaje y ensamblaje del vehículo mientras que el ensamblador de la cadena de producción tendría una sola tarea, despreocupándose de solicitar piezas, herramientas, preparación de equipos, inspeccionar la calidad y tampoco sabría lo que realizaban el resto de trabajadores en los demás puestos de trabajo.

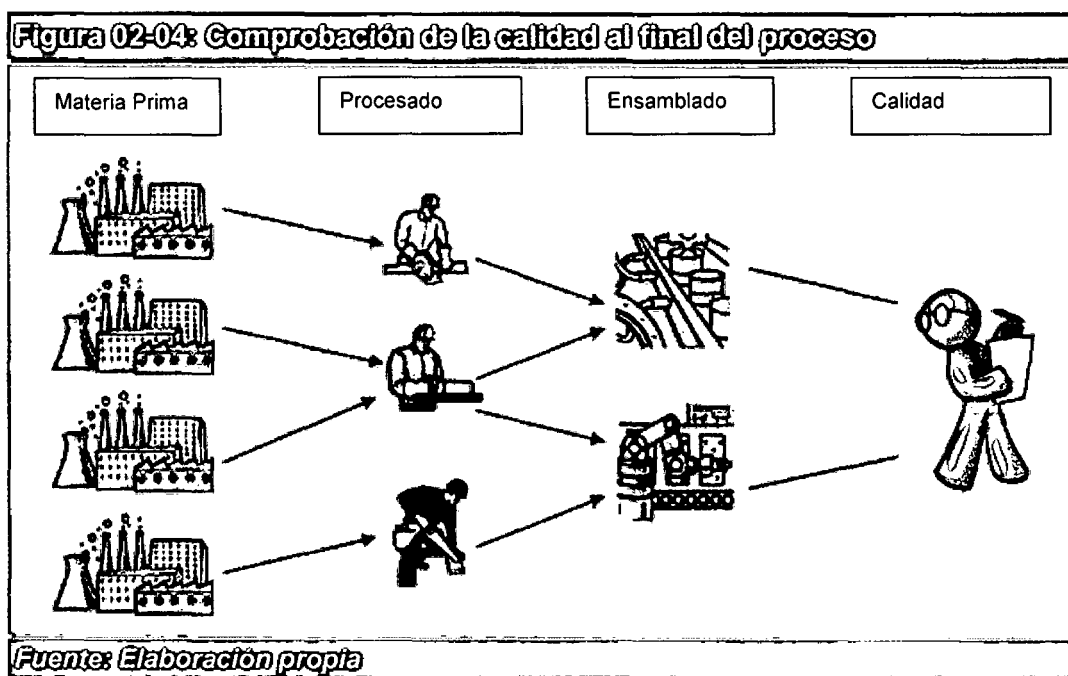


Alguien tenía que pensar en el modo de unir las partes y en lo que debían hacer los operarios con extraordinaria precisión. De igual manera tenían que ocuparse del suministro de las distintas partes de la cadena de producción diseñando rampas, cintas transportables, sistemas de aprovisionamiento y controlar el inventario.

Otros especialistas comprobaban la calidad al final del proceso productivo dando evidencia de la falla del sistema, debido a que los errores no se descubrían sino

hasta el final de la cadena de montaje porque los trabajadores no daban información alguna sobre las condiciones en que operaban y mucho menos sugerían alguna mejora al proceso por temor de ser reemplazados como piezas de ensamblaje, resistiéndose al cambio.

En la Figura 02-04 se muestra las etapas del proceso de fabricación, desde la obtención de la materia prima, pasando por el procesamiento y terminando del ensamblaje, para que al final un inspector verifique la calidad del producto.



Alfred Sloan ingresó a la General Motors como vicepresidente en 1919, estandarizando muchos elementos y componentes mecánicos como bombas y generadores, al mismo tiempo que alteró anualmente el aspecto externo de los coches e introdujo una serie de accesorios que se podían instalar en los diseños existentes para mantener el interés del consumidor.

Las innovaciones de Sloan constituyeron una revolución en marketing y gestión de la industria automovilística pero no hizo nada por cambiar la cadena de montaje con operarios poco calificados, fáciles de intercambiar y ocupados de un número mínimo de tareas que institucionalizó Ford.

Si tomamos las prácticas de Ford añadiéndole técnicas de marketing y gestión de Sloan tendremos una producción en masa muy madura que funcionó durante décadas tanto en la industria automovilística como en todas las industrias en general.

Este sistema hubiera continuado indefinidamente si no hubiera surgido una nueva filosofía de producción llamada producción ajustada o el lean manufacturing que no era la réplica del enfoque americano de la producción en masa.

La producción Ajustada fue desarrollada en sus orígenes por Eiji Toyoda ex-presidente de Toyota Motor Company, conociéndose también como Sistema de Producción Toyota.

2.1.2 DE LA PRODUCCIÓN EN MASA A LA PRODUCCIÓN AJUSTADA (Toyotismo)

En los años 1930 el fundador de Toyota Motor Company Kiichiro Toyoda articuló su filosofía preguntándose qué ocurriría si se planteara el objetivo de producir con cero defectos inspirando a sus empleados quienes tomaron este reto como un desarrollo personal. En los años cincuentas su hijo Eiji Toyoda estudió cuidadosamente el sistema de producción de Ford y después de visitar sus instalaciones en Rouge escribió a Taiichi Ohno ingeniero de Toyota diciéndole que pensaba que se podía mejorar el sistema de producción.

Concluyeron que la producción en masa no podía funcionar en Japón por los siguientes motivos:

- La economía Japonesa estaba en una situación crítica al carecer de capital por causa de la Guerra.
- El mercado local era pequeño y la demanda muy amplia en cuanto a la variada gama de vehículos solicitados.
- La mano de obra local no estaba dispuesta a que se la tratara como coste variable o pieza intercambiable.

- Los gobiernos estaban dispuestos a defender su mercado nacional frente a exportaciones japonesas.

Ohno y Toyoda concluyeron que el sistema de producción en masa generaba mucho desperdicio, concepto fundamental de sus técnicas de producción que significa “cualquier cantidad de equipo, materiales, componentes, espacios y tiempo de operación más allá del mínimo que sea absolutamente esencial para añadir valor al producto tienen que ser eliminados” de modo que cualquier esfuerzo que no añadía valor al producto era descartado y el sistema de producción resultante debería ajustar los recursos a las necesidades de producción para no generar desperdicios o esfuerzos innecesarios.

Para comprender cómo se desarrollaron los sistemas productivos en el transcurso del tiempo observamos que en la producción artesanal el automóvil tuvo como materia prima al acero que se forjaba y moldeaba a mano sobre una matriz hasta darle la forma definitiva.

En el caso de la producción en masa cada parte pasaba a través de una prensa de acuñación automatizada que producía piezas semejantes, pasando después por una prensa forjadora, siendo este procedimiento el principal problema del sistema porque las prensas eran máquinas muy caras que debían ser amortizadas mediante el uso intensivo que se iniciaba con el dimensionamiento de la prensa para producir una gran cantidad de piezas a lo largo de intervalos de tiempo prolongado (24 horas al día ininterrumpidas), además las matrices de las prensas eran muy pesadas dificultando su cambio, dándonos como resultado grandes cantidades de una sola clase de piezas con un mínimo número de cambios de la matriz. Para evitar estos problemas Ford y General Motors encargaban el cambio de matrices a especialistas, pero dichos cambios se realizaban metódicamente en un proceso que duraba un día completo que paralizaba la producción de la planta.

Para Ohno este sistema no servía porque la producción en masa requería una gran cantidad de prensas que hacían una sola operación de forma constante y producían enormes cantidades de piezas idénticas.

La metodología de Ohno le obligaba a hacer todas las piezas con unas pocas prensas y en pequeñas series, desarrollando técnicas sencillas para cambiar las matrices que tuvieran un procedimiento de fabricación más rápido y que pudieran realizarlo los mismos operadores, consiguiendo disminuir el cambio de matrices de un día a tres minutos.

Ohno descubrió que le resultaba más económico hacer series cortas que fabricar en grandes lotes, produciéndose este fenómeno por dos razones:

- El fabricar en pequeños lotes elimina el coste de transporte, almacenaje y pérdida
- Fabricar pequeñas cantidades de piezas permitía que los errores se detectaran inmediatamente, disminuyéndose las piezas defectuosas.

Las consecuencias de estos descubrimientos fueron enormes porque los trabajadores se preocupaban más por la calidad anticipándose a los problemas antes que aparecieran en la planta.

El sistema Ford asumía que los operarios de la cadena de montaje sólo debían realizar una o dos tareas sencillas y repetitivas en donde el capataz no realizaba tareas de montaje, asegurándose que los trabajadores cumplieran las órdenes.

La propuesta de Ohno consistía en agrupar a los trabajadores por equipos con un líder en lugar de un capataz asignándole un conjunto de operaciones para que en conjunto hallen la mejor forma de trabajar. El líder del equipo también realizaba tareas de montaje al mismo tiempo que coordinaba con el grupo y reemplazaba cualquier trabajador ausente. Y finalmente cuando las operaciones se ejecutaban sin novedades el grupo se reunía para sugerir la mejora del proceso.

Ohno pensaba que no resultaba lógico detectar los errores al final del proceso cuando todos los elementos ya estaban montados, resultando muy costosa una pieza defectuosa mal montada, teniendo como idea que los trabajadores subsanasen el defecto en el momento que sea detectado.

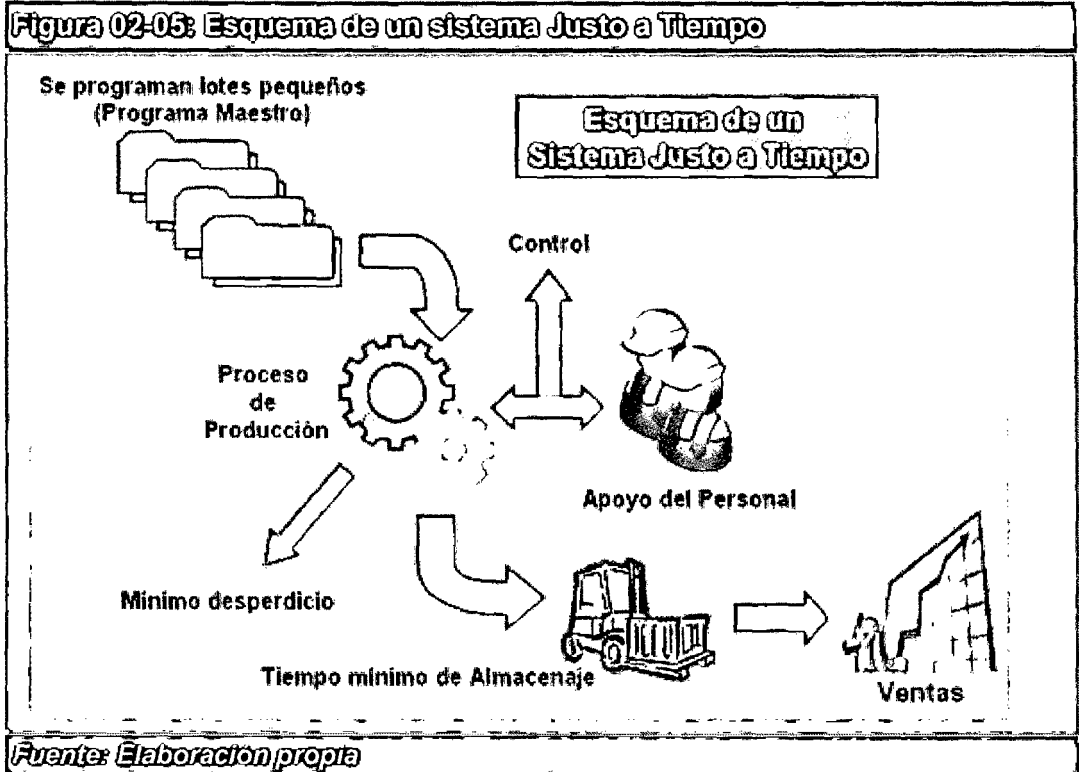
Otorgó a los operarios la responsabilidad de paralizar toda la cadena cuando se detecte un error y como acto seguido todo el equipo se pondría a trabajar para solucionar el problema.

Ohno llegó a institucionalizar una técnica de corrección de errores denominados “los cinco por qué” para que los trabajadores encontraran las causas fundamentales de los errores, tal como se menciona a continuación:

- La máquina vibradora no enciende. (El problema)
 - 1.) ¿Por qué no enciende? Porque la batería no responde.
 - 2.) ¿Por qué la batería no responde? Porque el alternador no funciona.
 - 3.) ¿Por qué el alternador no funciona? Porque se rompió la cinta.
 - 4.) ¿Por qué se rompió la cinta? Porque la cinta venció su tiempo útil de vida y no fue reemplazada.
 - 5.) ¿Por qué no fue reemplazada? Porque no se está manteniendo la máquina vibradora de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Finalmente Ohno desarrolló un nuevo modo de coordinar el flujo diario de las piezas dentro del sistema de suministro llamado sistema “Justo a Tiempo” convirtiendo el flujo de producción de un flujo empujado a un flujo tirado que consiste en no empezar a producir hasta que el pedido no se ha solicitado.

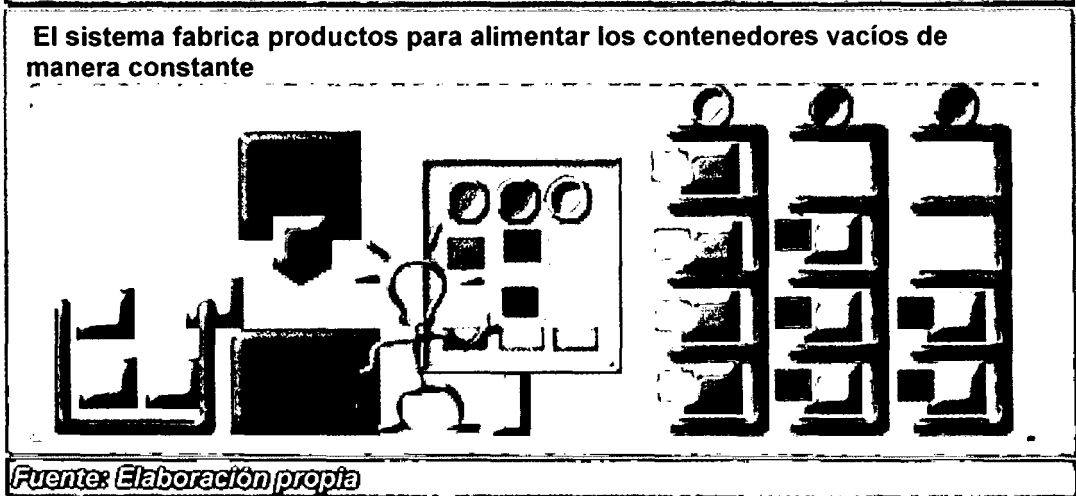
En la Figura 02-05 se esquematiza el sistema Justo a Tiempo, desarrollando una programación en pequeños lotes de trabajo para producir el mínimo desperdicio y almacenaje, estando el sistema Justo a Tiempo arrastrado por las ventas dependientes del mercado.



El sistema fue inspirado en los supermercados de Estados Unidos donde las estanterías tienen una cantidad fija de productos muy variados y no se reponen hasta que no se han sustraído en una cierta cantidad (cajas de lotes fijos).

En Toyota este mecanismo se transmite hacia las etapas anteriores de producción de modo que los contenedores vacíos o kambas se devuelven al origen, donde un kamba vacío es una señal automática de que se debe fabricar más piezas. Esta etapa consume componentes que van vaciando los kambas de la etapa anterior y así sucesivamente, tal como se muestra en la Figura 02-06.

Figura 02-06: Esquema de un sistema Justo a Tiempo



2.2 PLANIFICACIÓN BAJO EL ENFOQUE DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES

La teoría de restricciones es desarrollada recientemente (entre 1985 y 1990) basándose en la filosofía de mejora continua aplicada al sistema productivo para resolver problemas de diseño relacionados con la capacidad productiva, programación de actividades y la reducción de inventarios.

Su autor el Dr. Eliyahu M. Goldratt lo califica como un modo sistemático de mejorar alternativamente la producción ajustada que es excesivamente compleja y difícil de replicar debido que su problema principal es la necesidad de un cambio de mentalidad en todos los niveles de la empresa, proceso que no resulta fácil de dirigir e implantar.

Para aquellas empresas que consideran la producción ajustada como una utopía imposible de aplicar en su sector como en la construcción, la teoría de restricciones ha servido como una alternativa viable para aumentar la eficiencia en forma sencilla.

La idea básica de la teoría de las restricciones es que las organizaciones existen para alcanzar una meta fundamental que es ganar dinero ahora y en el futuro. Cualquier factor que limite la habilidad de la compañía de alcanzar su meta es

definido como restricción, siendo la restricción la que impide ganar dinero infinitamente.

El método definido por la teoría de restricciones consiste en identificar y gestionar las limitaciones mediante el proceso de mejora continua.

Goldratt utiliza la analogía de la cadena para ilustrar las restricciones del sistema productivo definiendo que no existen elementos independientes, sino que todos están íntimamente relacionados como si cada etapa del proceso constructivo fuera un eslabón de una cadena que está ligado a etapas posteriores.

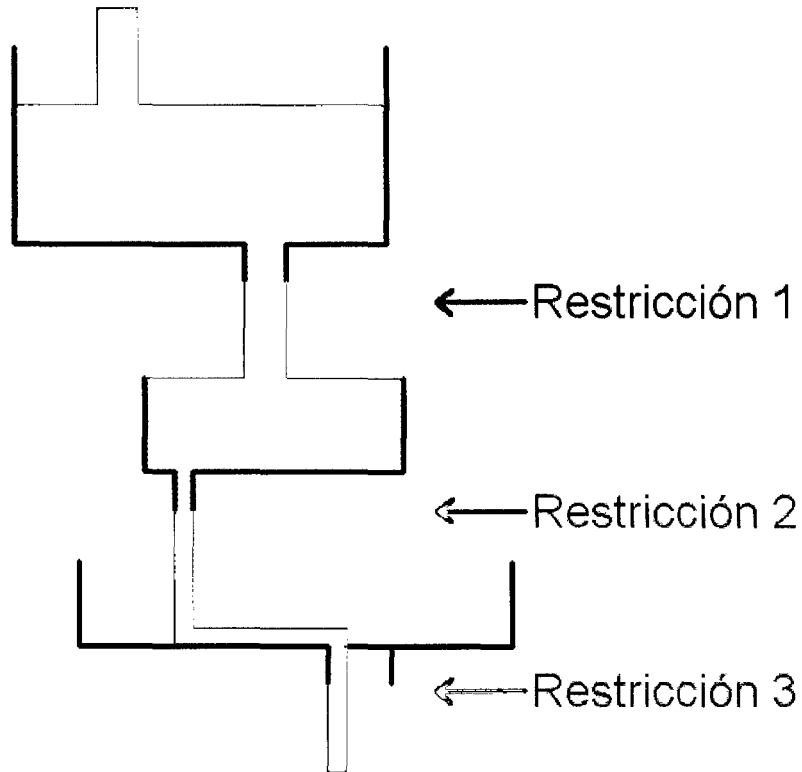
En el sistema de producción en masa se intentaba optimizar el proceso productivo aumentando la eficiencia de las actividades en forma focalizada, siendo contraproducente porque sobrecarga algunas actividades del sistema aumentando el inventario en las actividades que no se encuentran sobrecargadas.

Goldratt propone analizar la capacidad productiva de los eslabones de la cadena debido a que la restricción total de la cadena no es la suma de las restricciones de todos los eslabones sino la restricción del eslabón más débil porque si se rompe paraliza el proceso productivo.

Como consecuencia, el análisis comienza cuando centramos todos los esfuerzos en detectar la ubicación del eslabón más débil y minimizar la limitación para aumentar la capacidad de toda la cadena.

Figura 02-07: Analogía de los vasos comunicantes

La restricción es representada por la salida de los vasos y la acumulación en los vasos representa el inventario



Fuente: *Elaboración propia*

En la Figura 02-07 el flujo de color celeste representa los materiales procesados por el sistema y los recipientes simbolizan el inventario acumulado tras una restricción que en este caso serían los orificios de salida de cada recipiente. Cuando la salida del recipiente es más pequeña se acumula flujo detrás de ella con lo cual ubicamos las restricciones.

El procedimiento propuesto por la teoría de restricciones consta de cinco pasos sencillos que también son llamados procesos de mejora continua:

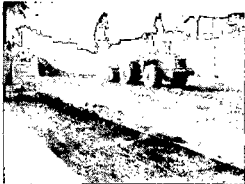
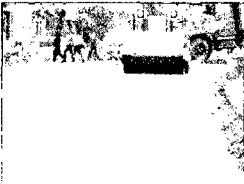


1. Identificar las restricciones del sistema

Para gestionar una restricción es necesario identificarla. Previamente se acumula inventario detrás de las restricciones facilitando su búsqueda, habiendo también el caso en que la restricción se encuentre fuera de la empresa como por ejemplo el mercado.

En la Figura 02-08 representamos los procesos constructivos de manera secuencial para la rehabilitación de una avenida, con el objetivo de identificar la restricción del sistema que en este caso es el proceso de colocación de la base por tener menor eficiencia que los demás procesos.

Figura 02-08: Identificar la restricción del sistema

En la rehabilitación de una avenida están relacionados secuencialmente los siguientes procesos:

Corte de Terreno 160m/día	Sub-Rasante 120m/día	Base 80m/día	Pavimentación 300m/día
			
Genera mayor inventario.	Inventario moderado.	Restricción del sistema por tener la menor eficiencia.	Solo se puede pavimentar 80m/día debido que no hay más base.

Fuente: Elaboración propia

2. Explotar las restricciones del sistema

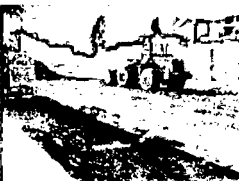
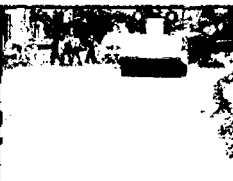

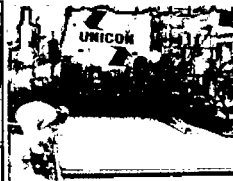
Centrarse en cómo aumentar la producción de las restricciones existentes y explotar los recursos limitados para evitar malgastar las unidades de producción con piezas defectuosas. Puede añadirse un exceso de mano de obra a la restricción para reducir el intervalo de tiempo por el cambio de serie y el mantenimiento rutinario puede realizarse fuera del horario normal de trabajo.

En la Figura 02-09 aumentamos la eficiencia de la restricción evitando tiempos de espera en la maquinaria por aprovisionamiento de insumos.

Figura 02-09: Explotar las restricciones del sistema

Acumulamos con anticipación el afirmado para la Base, evitando que la maquinaria tenga tiempos de espera por la falta de este insumo. De esa manera aumentamos la eficiencia de la Base a 100m/día.



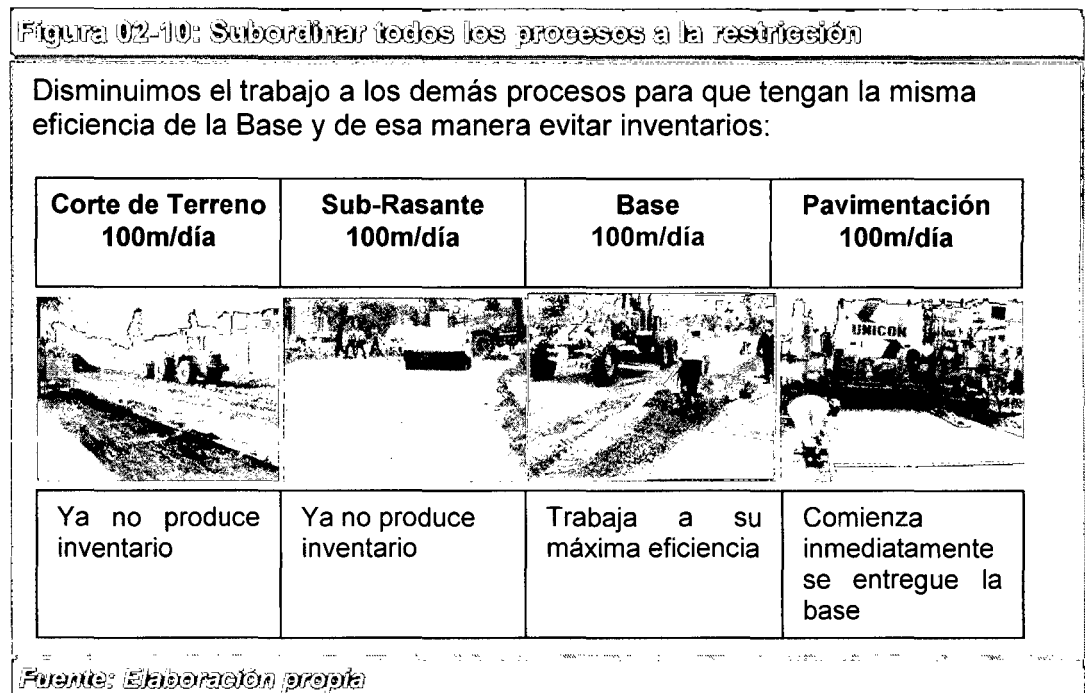
Corte de Terreno 160m/día	Sub-Rasante 120m/día	Base 100m/día	Pavimentación 300m/día
			
Genera mayor inventario	Inventario moderado	Sigue siendo la restricción del sistema pero con mayor eficiencia.	Solo se puede pavimentar 100m/día debido a que no hay más base

Fuente: Elaboración propia

3. Subordinar todo lo demás a la decisión anterior

La subordinación define el rol de las operaciones que no están limitadas, centrándose en la maximización en la producción y no en la minimización del costo.

La restricción deberá marcar el ritmo de todo el sistema y funcionar ininterrumpidamente mientras que el resto de los procesos pueden ejecutarse con menos eficiencia de la que pueden producir. De no ser así los procesos que no son restricción generarán inventarios y costos innecesarios.

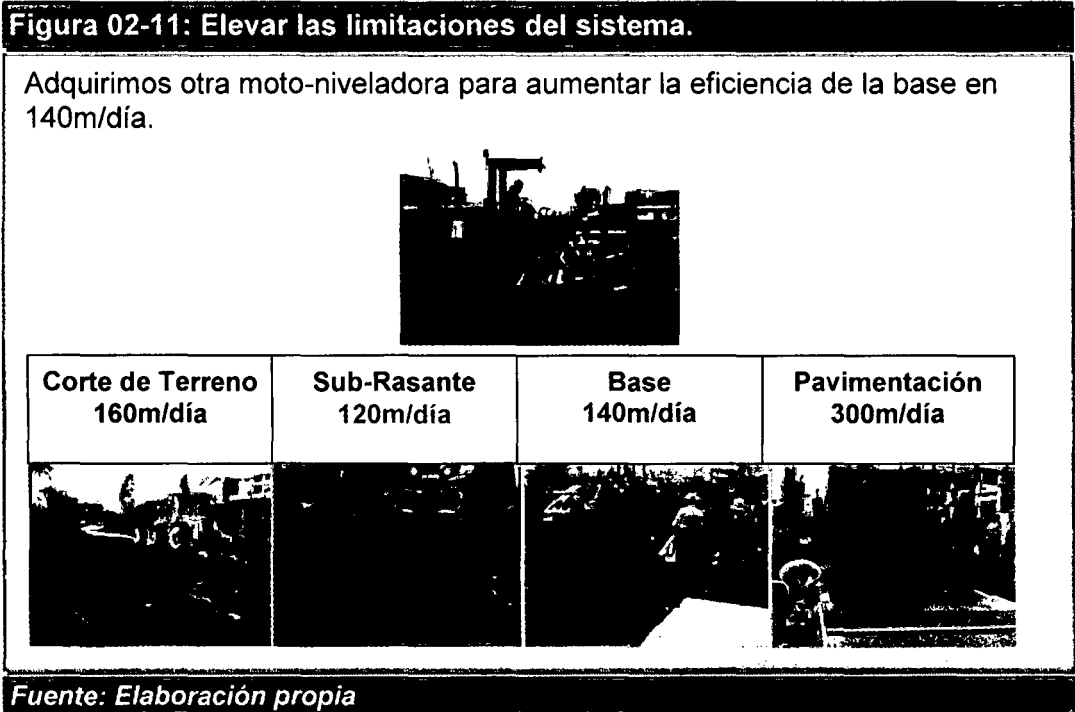


4. Elevar las limitaciones del sistema

Si después de haber explotado la restricción todavía no produce suficiente como para alcanzar la demanda del mercado se deberá aumentar su capacidad utilizando diferentes métodos, por ejemplo aumentando la maquinaria, horas extras o un turno adicional de trabajo e incluso el cambio del diseño del producto por otro que consuma menos recursos de la restricción.

Si incrementamos la eficiencia del proceso restrictivo entonces automáticamente otro proceso del sistema pasará a ser la nueva restricción.

En la Figura 02-11 se demuestra que al adquirir maquinaria aumenta la eficiencia del proceso restrictivo y como consecuencia otro proceso será la nueva restricción.







5. Volver al paso 1

No permitir que la inercia sea la nueva limitación del sistema debido que este proceso detiene el progreso o incluso se producirán retrocesos debidos al desencanto.

Como lo hicimos anteriormente identificamos la nueva restricción del sistema y el proceso se repite nuevamente tal como se grafica en la Figura 02-12.

Figura 02-12: Identificar la restricción del sistema

Se realiza nuevamente el proceso de mejora donde la nueva restricción es la Sub-Rasante:

Corte de Terreno 160m/día	Sub-Rasante 120m/día	Base 140m/día	Pavimentación 300m/día
			

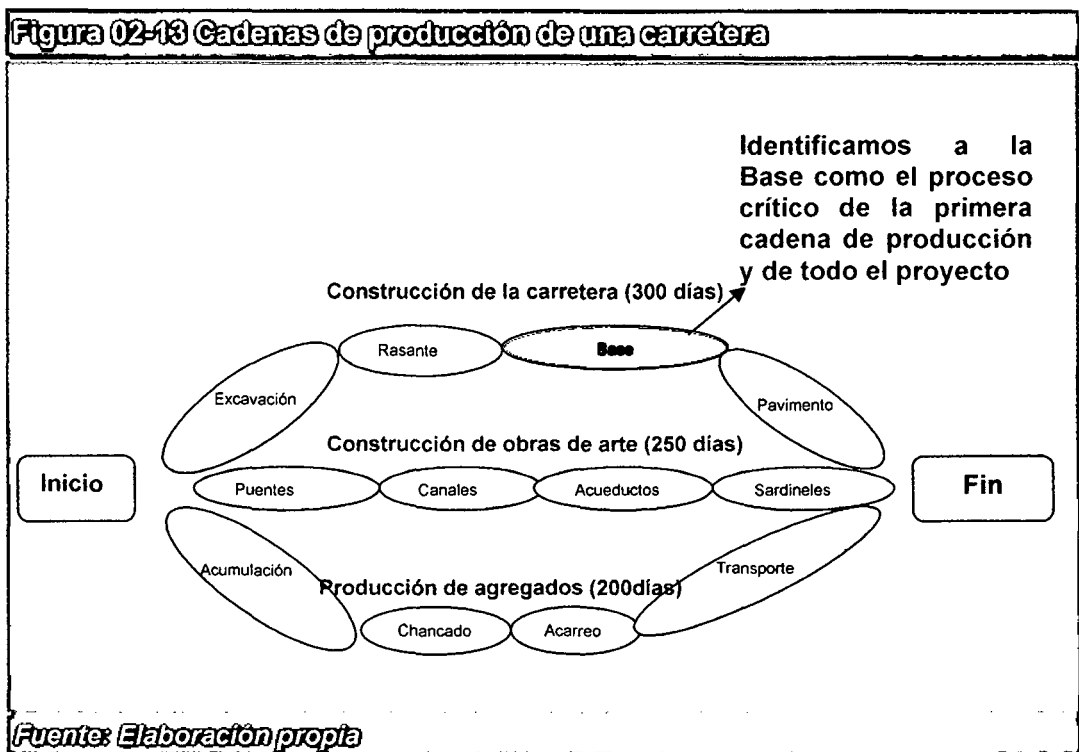
Fuente: Elaboración propia

Aplicación de la teoría de restricciones en las cadenas de producción de los proyectos

Un proyecto puede estar conformado por una o más cadenas de producción independientes, conteniendo procesos restrictivos que afectan el plazo de la obra debido a que no son identificados en la planificación.

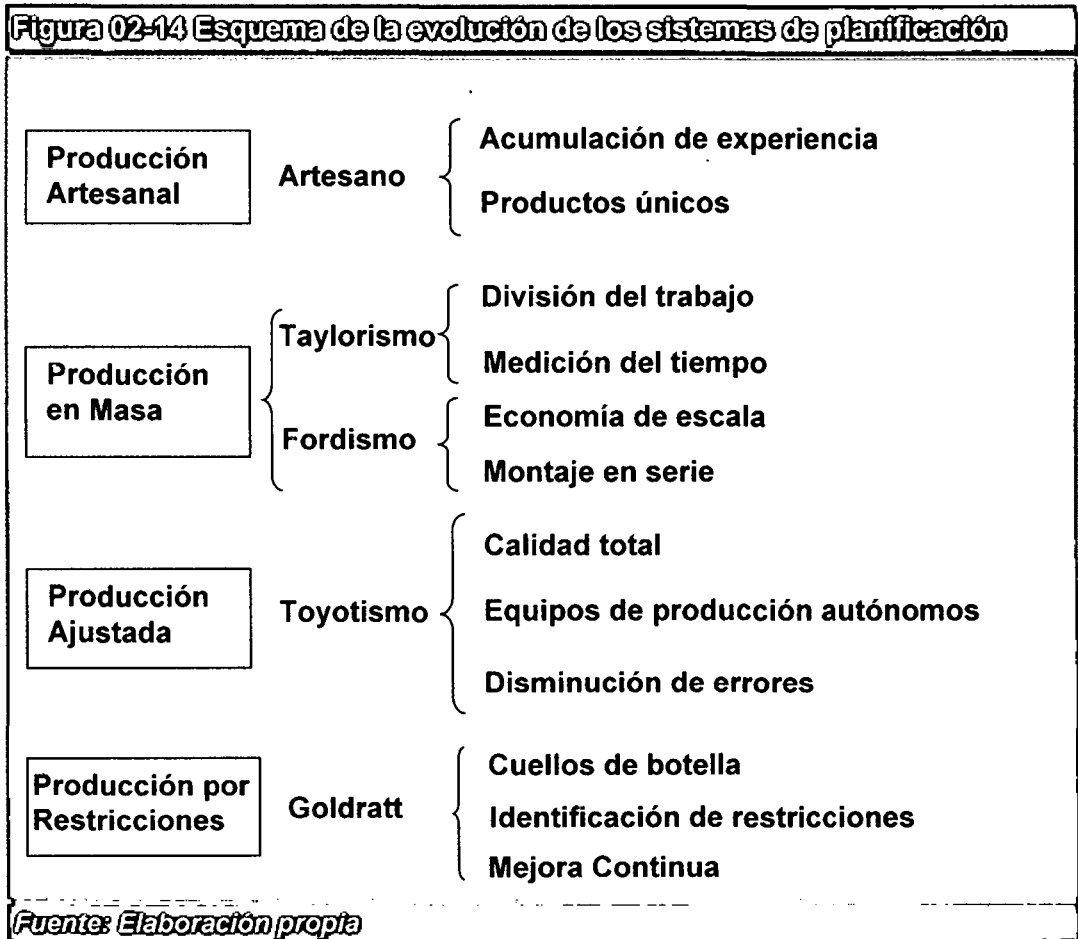
La restricción del sistema está ubicada en una de las cadenas de producción, la cual podemos identificar debido a que es la cadena con mayor plazo y fija la duración total del proyecto.

En la figura 02-13 ilustramos un proyecto de carretera que tiene tres cadenas de producción (Construcción de la carretera, construcción de obras de arte y producción de agregados), identificando la restricción en la cadena más larga.



2.3 Evolución de los Sistemas de Planificación

En el transcurso del tiempo los sistemas de planificación fueron mejorando debido al cambio en la filosofía de producción analizada en este capítulo, el cual nos provee de lecciones aprendidas que nos enseñarán a realizar una mejor planificación. En la figura 02-14 realizamos un resumen de la evolución de los sistemas de planificación.



CAPITULO III
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR

3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR

3.1 INTRODUCCIÓN

Lean construction es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción cuyo objetivo fundamental es eliminar las actividades que no agregan valor (pérdidas). Basándose en esta filosofía Ballard y Howell diseñaron un nuevo sistema de planificación y control denominado Last planner con cambios fundamentales en la manera de planificar y controlar los proyectos de construcción.

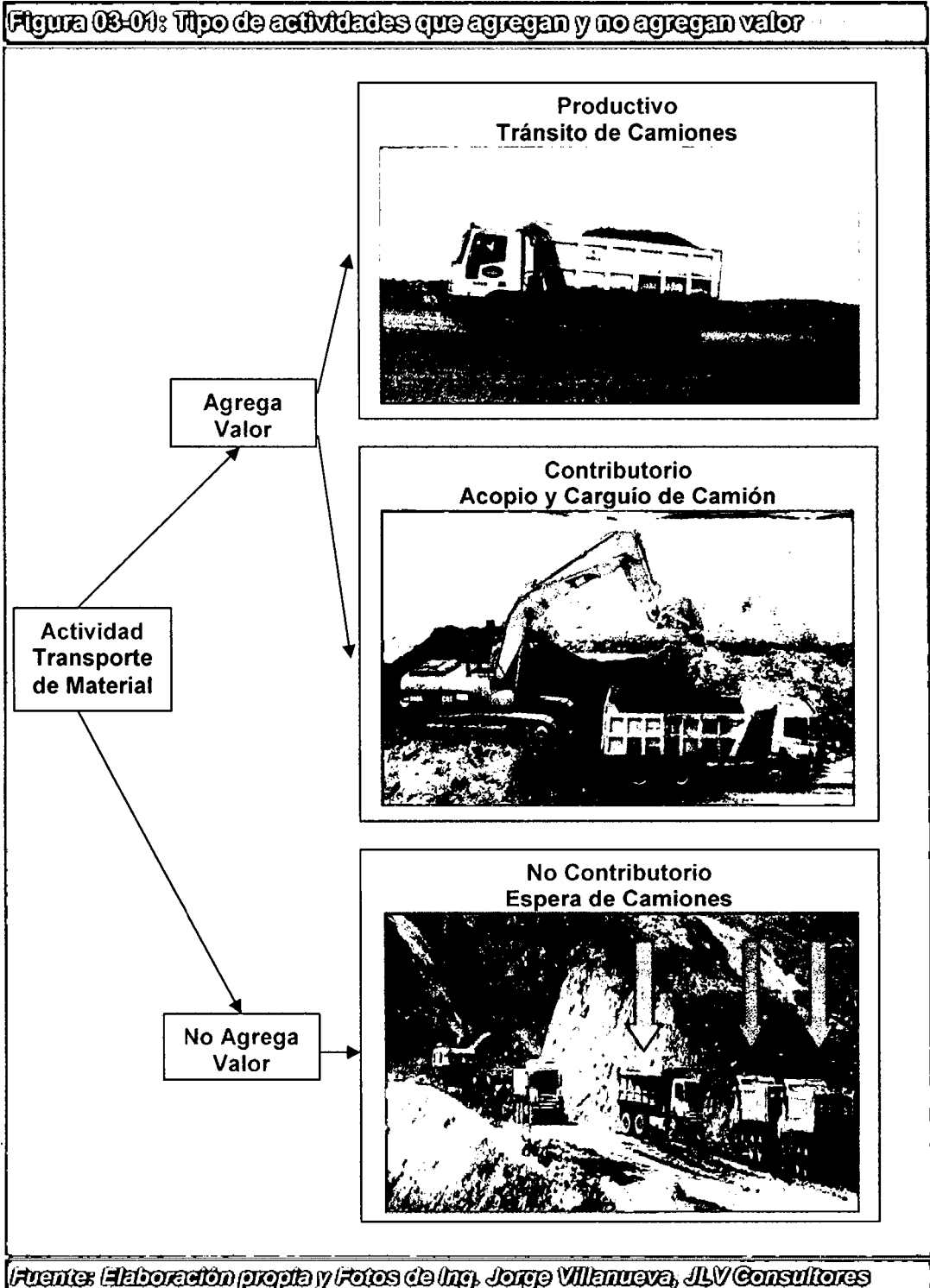
Por muchos años, la industria manufacturera ha sido tomada como modelo para la realización de innovaciones en la construcción, explorando permanentemente nuevas técnicas, herramientas y principios que permitan su modernización. Esta búsqueda permanente ha generado una nueva visión de la producción en construcción, diferente del enfoque tradicional basado en los modelos de conversión con antecedentes en las teorías de Taylor y Ford. El nuevo modelo denominado Lean construction (construcción sin pérdidas), propuesto por Lauri Koskela, analiza los principios y las aplicaciones del JIT (justo a tiempo), TQM (control total de la calidad) y TOC (Teoría de restricciones) en la industria de la construcción, intentando identificar las bases que él define como “la nueva filosofía de producción”, conocida como lean production.

3.2 LEAN PRODUCTION

El Lean Production (Producción ajustada) o Sistema Toyota se desarrolló principalmente para empresas manufactureras y busca producir a bajos costos pequeñas cantidades de productos variados bajo la teoría del desperdicio cero y mejora continua.

En general podemos separar las actividades en dos tipos: las que agregan valor al producto y las que no agregan valor al producto, ambas consumen recursos, tiempo y espacio. También podemos saber que los trabajos que

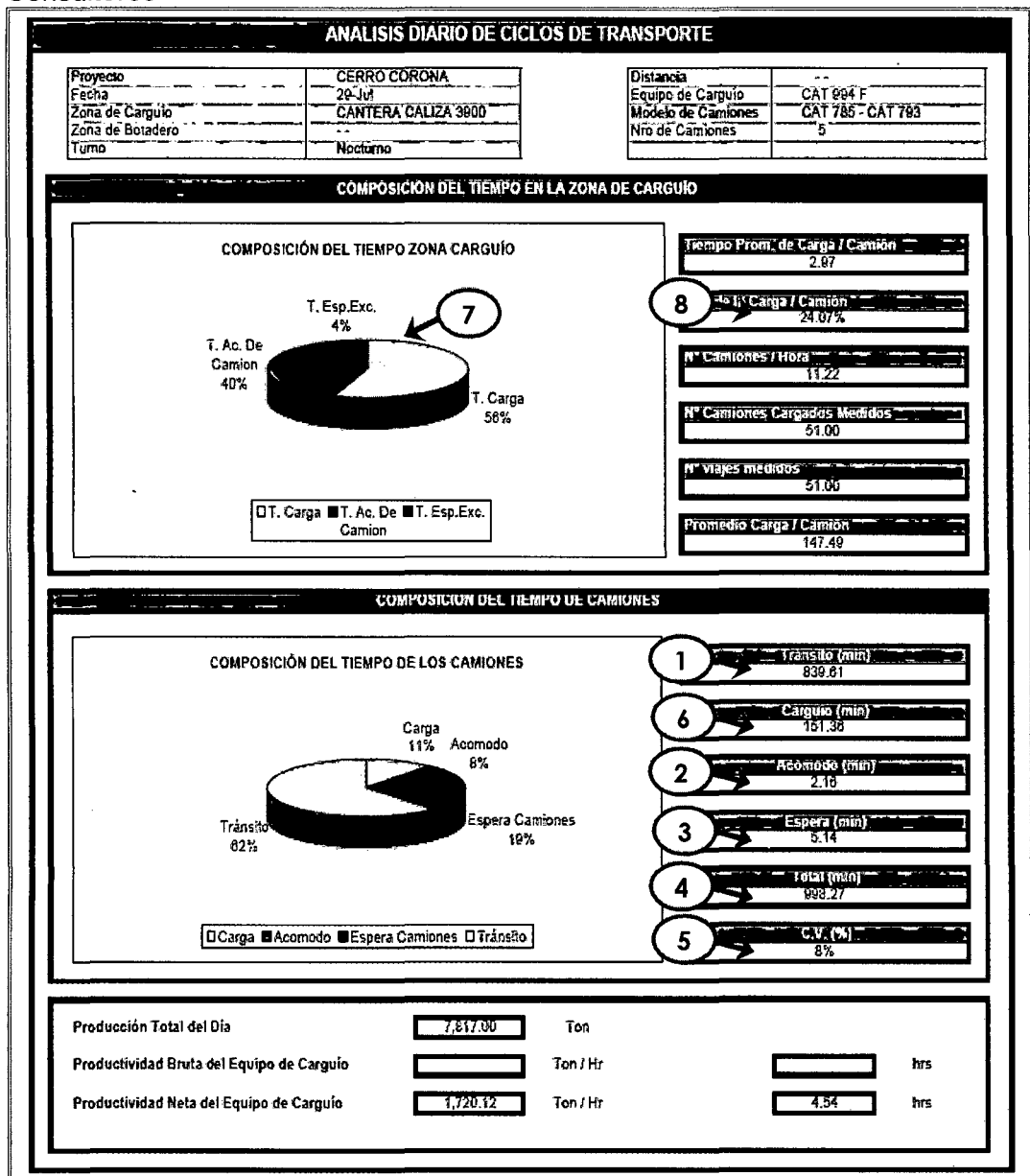
agregan valor al producto convierten material o información hacia lo que es requerido por el cliente y las que no agregan valor no lo hacen.



Toda actividad se descompone en tiempo productivo, contributorio y no contributorio, siendo medidos para poder analizar el desarrollo de los trabajos y tomar decisiones de mejora.

En la Tabla 03-01 analizamos la medición de un proceso de carguío y transporte de material, implementando un formato donde identificamos la ubicación de los recursos utilizados como camiones y excavadoras, para realizar mediciones de intervalos de tiempo del transporte de los camiones y del trabajo de las excavadoras.

Tabla 03-01 Trabajos de productividad de maquinaria pesada realizado por JLV Consultores

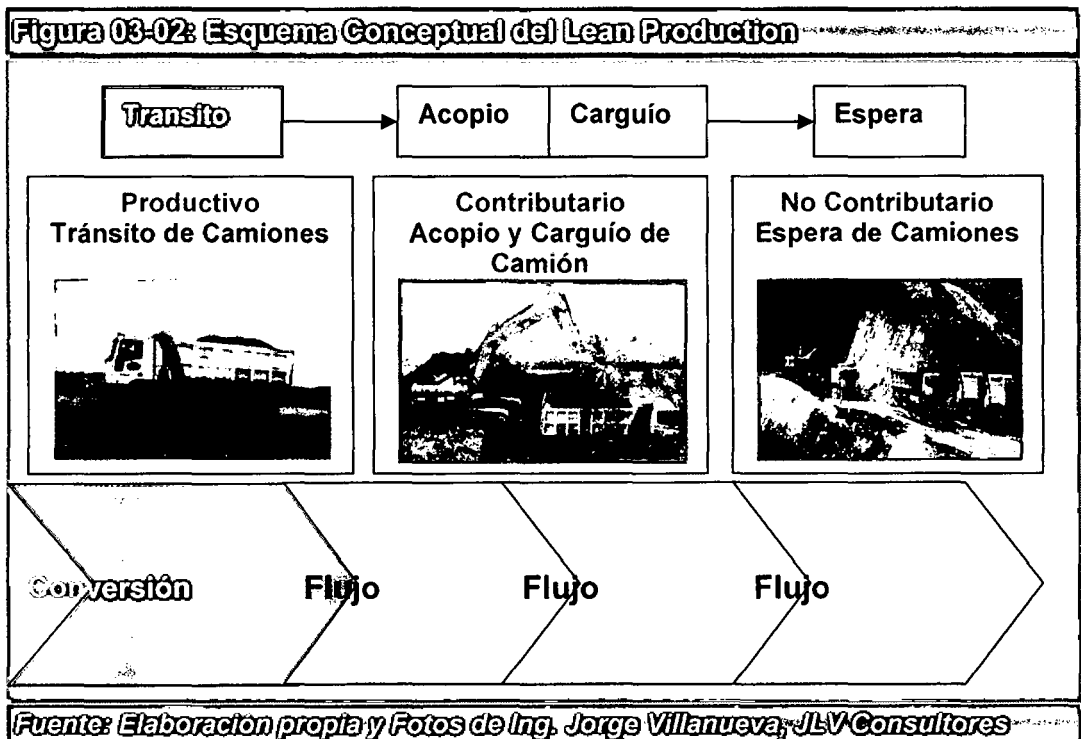


- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1 Tiempo de viaje de camión. | 5 Variabilidad del viaje. |
| 2 Tiempo de acomodado del camión. | 6 Tiempo promedio de carguío por camión. |
| 3 Tiempo de espera de camión. | 7 Tiempo de espera de la excavadora. |
| 4 Promedio de viaje de camión | 8 Variabilidad del carguío. |

La esencia del sistema es eliminar o reducir al máximo cualquier elemento que no utilice lo mínimo absolutamente necesario de recursos, tiempo, espacio y esfuerzos para agregar valor al producto. Pero ¿por qué hablamos de reducir al máximo las actividades que no agregan valor y no de eliminarlas completamente?. La explicación a esto la da la teoría de flujos.

La teoría de flujos considera la producción como un flujo de materiales y/o información desde las materias primas hasta el producto final. A su vez, la cadena de producción está compuesta de conversiones y flujos.

En la Figura 03-02 describimos la cadena de producción del proceso de transporte de materiales, constituido por el tránsito, espera, acopio y carguío de camiones, identificando al tránsito como una actividad de conversión y los restantes como actividades de flujo.

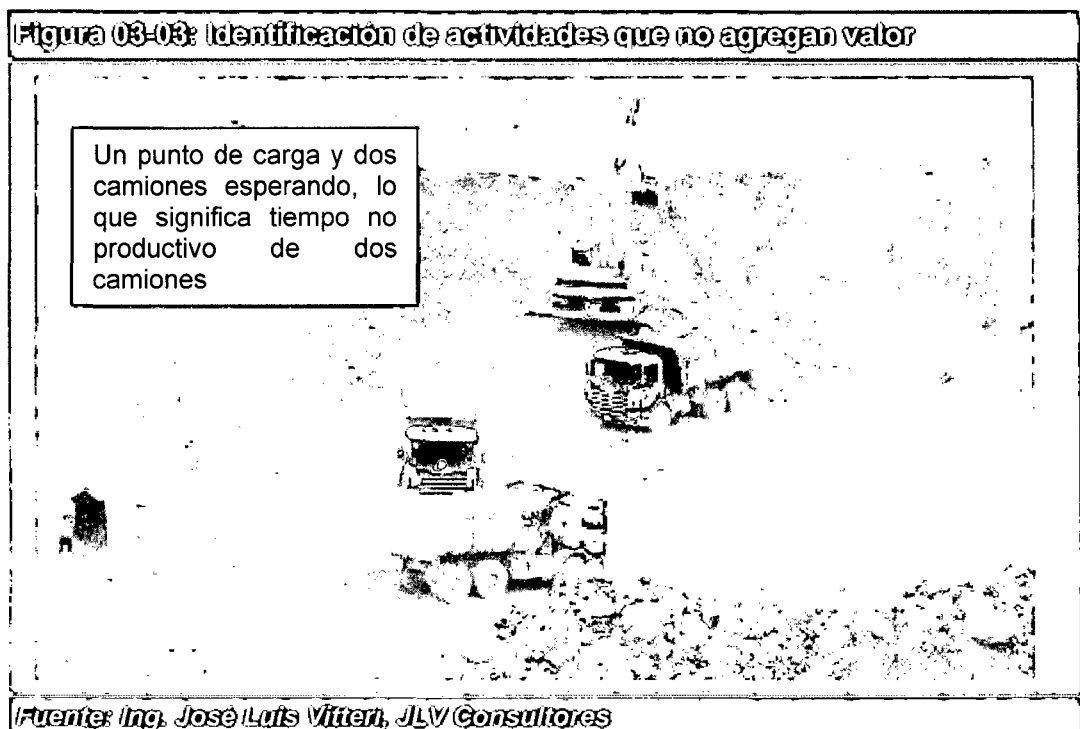


Las esperas son tiempos ociosos contenidos entre o durante las actividades de flujo y conversión que se generan por la falta de algún tipo de requisito necesario para continuar o empezar alguna actividad. Las esperas no agregan valor al producto pudiéndose formar por la falta de personal, materiales, herramientas, mediciones, información, etc. el cual tiene que reducirse al máximo.

Sabiendo esto, podemos citar los principios básicos del Lean Production.

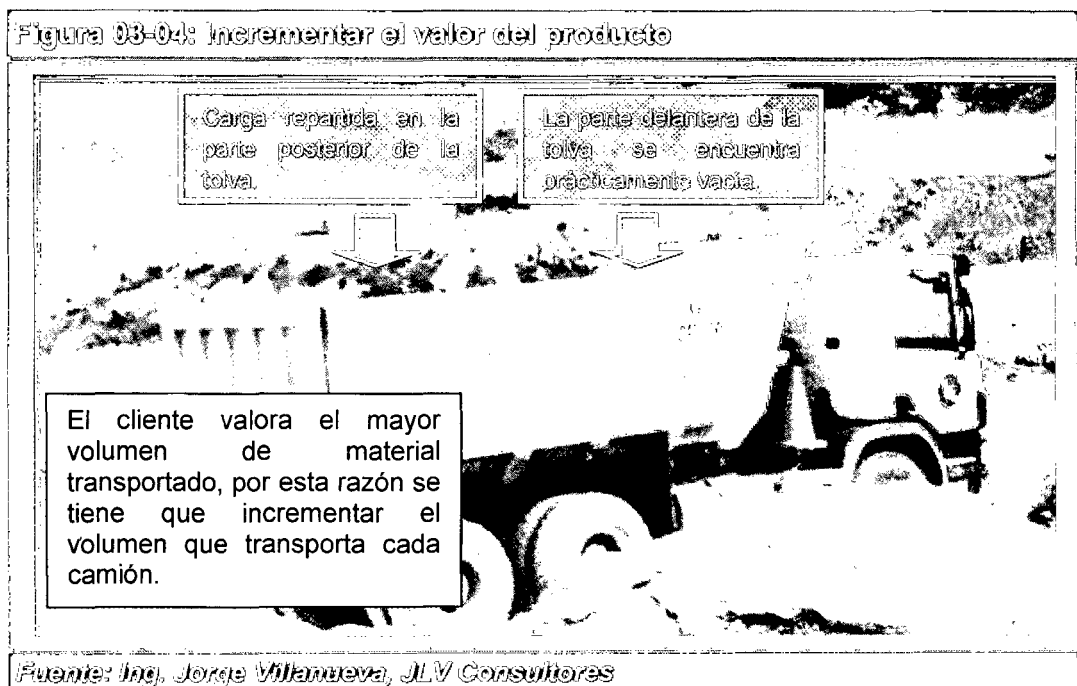
A. Identificar las actividades que no agregan valor. Reducir o eliminar las actividades que no agregan valor en una línea de producción es fundamental para lograr mejoras en el sistema, logrando establecer un flujo de trabajo continuo de gran potencial para desarrollar la producción.

En la Figura 03-03 observamos que los camiones esperan su turno para cargarlos con la excavadora, identificando a la espera de camiones como la actividad que no agrega valor al sistema.



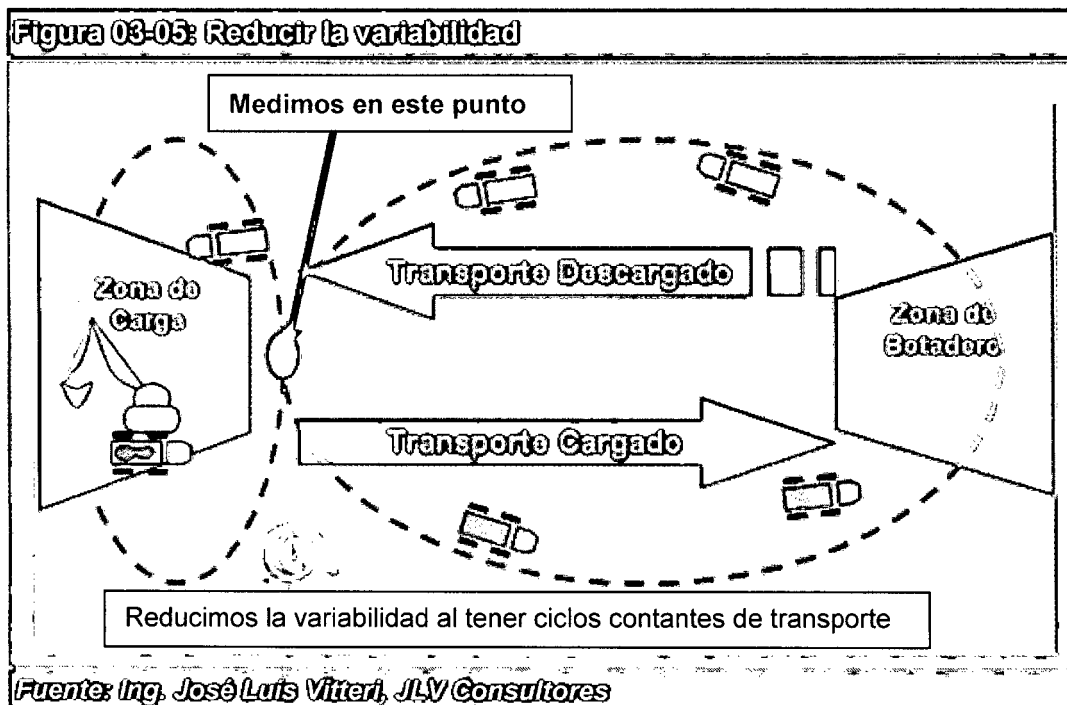
- B. Incrementar el valor del producto.** Consideramos que una actividad de conversión no necesariamente agrega valor debido a que el concepto de valor se refiere a la satisfacción de los requerimientos del cliente. Entonces se busca cumplir cabalmente las expectativas del cliente, conociendo los aspectos del producto que valora e incluirlos en el diseño.

En la figura 03-04 observamos que la carga no se reparte uniformemente dentro de la tolva del camión, en donde podemos incrementar el valor de la producción aumentando cantidad de transporte de material que es reconocido por el cliente como un incremento del valor de producción.



- C. Reducir la variabilidad.** Si un producto es mas variable no satisface completamente al cliente y al productor le genera actividades que no agregan valor, generando interrupciones en el flujo de trabajo con intervalos de tiempo prolongados.

En la Figura 03-05 se realiza la medición del tiempo de transporte de los camiones con el objetivo de calcular la variabilidad y tomar medidas para reducirla.



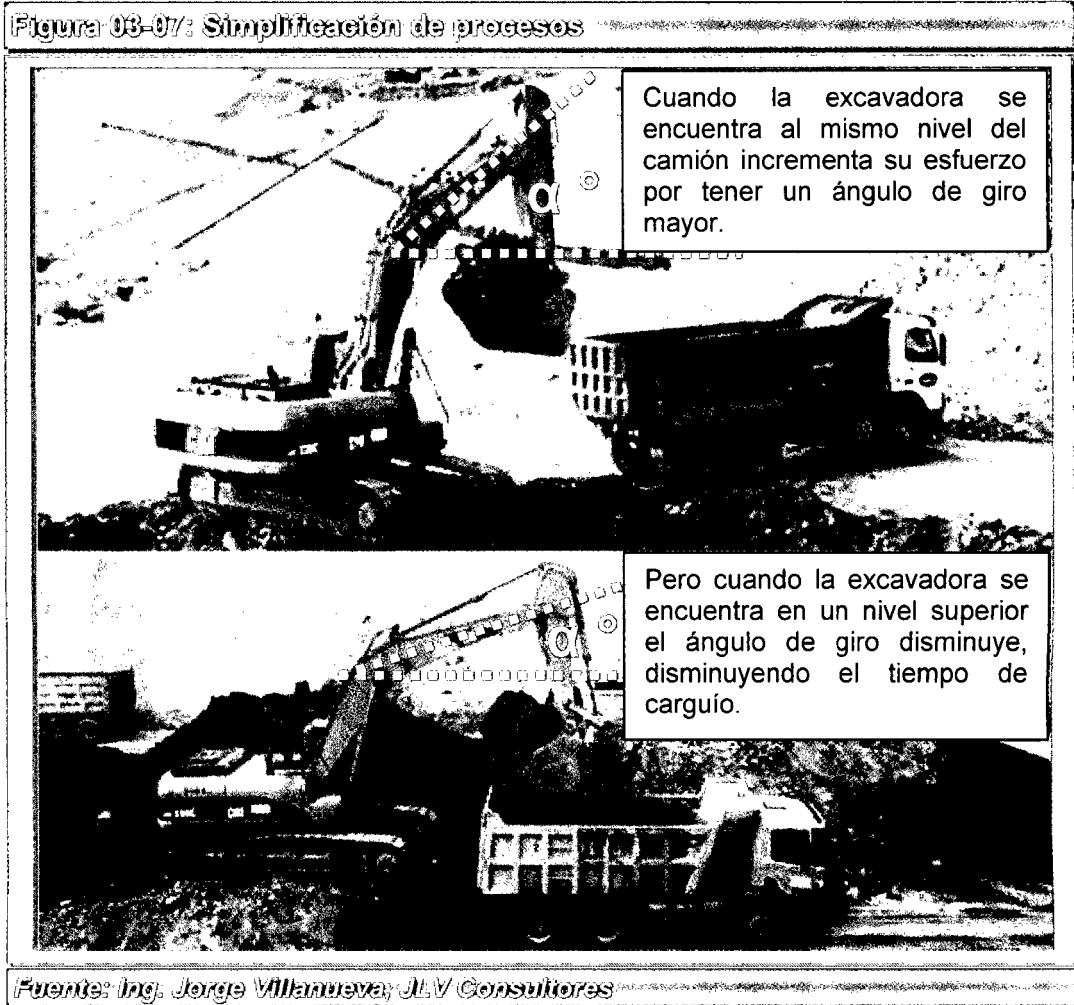
- D. Reducción del tiempo de ciclo.** El tiempo de ciclo es la suma de los tiempos de flujo y conversión que son necesarios para producir un lote de producción. Entonces si reducimos las actividades que no agregan valor presentes en una línea de producción estaremos directamente reduciendo el tiempo de ciclo de la producción.

En la Figura 03-06 identificamos los obstáculos que tienen los camiones en la carretera para reducir el ciclo de transporte con el mantenimiento de las vías de acceso con el objetivo de aumentar la velocidad de transporte de los camiones.



- E. Simplificación de procesos.** Podemos entender la simplificación de procesos, como una reducción de los componentes o números de pasos para realizar un producto. Principalmente, simplificar los procesos es mejorar el flujo, debido a que los procesos más simples incurren en menos gastos, son más confiables (menos variables) y poseen menores tiempos de ciclo. Este principio se relaciona directamente con otro principio que es incrementar la transparencia de los procesos o su simplificación, facilitando el control y el mejoramiento.

En la Figura 03-07 observamos que la excavadora se encuentra al mismo nivel que el camión, desarrollando ángulos de giro más prolongados y de mayor esfuerzo, pero si simplificamos el proceso colocando a la excavadora a un nivel superior que el camión, disminuimos el ángulo de giro, el esfuerzo y el ciclo de carguío.



- F. Introducir el mejoramiento continuo.** Se desarrolla una metodología de identificación de las causas de no cumplimiento. Para esto, se requiere crear una cultura de mejora continua que permita su implementación, necesitando que el trabajo en equipo y la gestión participativa se constituyan como un requisito esencial para la introducción de mejoras continuas.

En la Figura 03-08 se realiza inducción a los operarios para que desarrollen eficientemente las maniobras con maquinaria pesada, en la cual opinan sobre la forma de ejecutar los trabajos para implementar un plan de mejora continua.

Figura 03-08: Introducir el mejoramiento continuo



Fuente: Ing. Enrique Baez, JLV Consultores

- G. Mejorar tanto la conversión como el flujo.** La mejora del flujo implica mayor tiempo pero menor costo en comparación con la mejora de la conversión, ya que esta última está relacionada con la actualización de tecnologías.

En la Figura 03-09 se muestra un error en la administración del flujo, permitiendo que los procesos de conversión paralicen por falta de decisiones. Si cambiamos las llantas o mejoramos los accesos para que la conversión sea eficaz y a la vez paralizamos la maquinaria por falta de decisiones o definición, todo el esfuerzo por mejorar la conversión no serviría de mucho porque lo desperdiciamos en el proceso de flujo mal administrado.

Figura 03-09: Mejorar tanto la conversión como el flujo

Los choferes esperando instrucciones afectando la conversión y el flujo de todas las actividades.



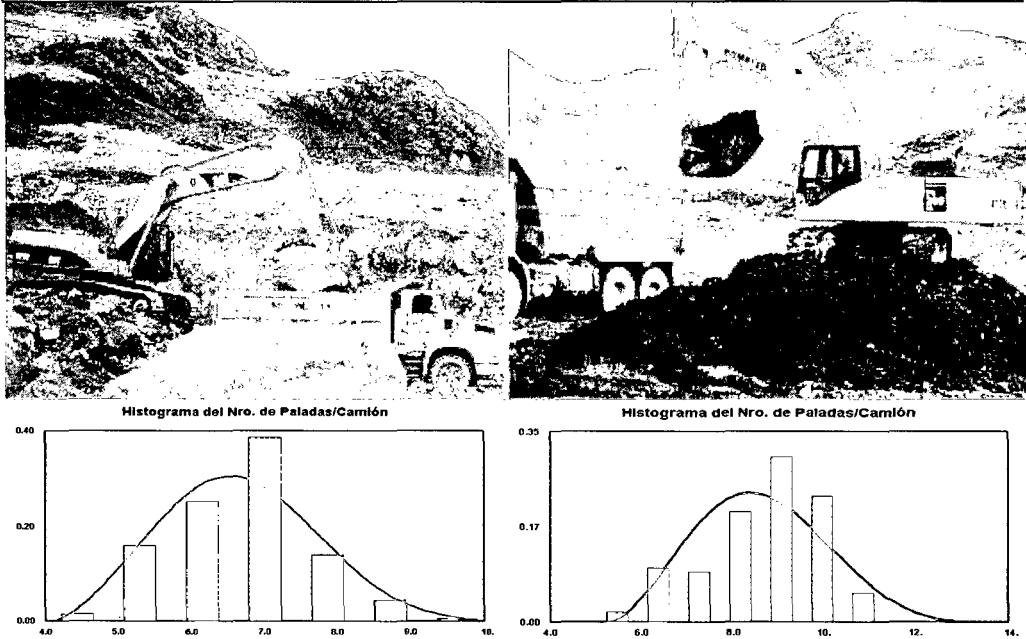
Fuente: Ing. Enrique Baez, JLV Consultores

H. **Benchmarking.** Esto quiere decir, comparar continuamente los procesos propios con los del líder en el área e incorporar así lo mejor del otro en mi empresa, basándome en los potenciales detectados en la competencia.

Podemos comparar los procesos que son más críticos o que involucran mayores recursos, debiéndose investigar el proceder de la ventaja de uno sobre otro, en la figura 03-10 comparamos las ventajas y desventajas de la excavadora de una marca sobre otra con el objetivo de saber cuál es más eficiente para la clase de trabajos que requerimos realizar.

Figura 03-10: Benchmarking

Comparación estadística del número de paladas por camión que dan las excavadoras CAT y KOMATSU



Fuente: Ing. Jorge Villanueva, JIV Consultores

Como podemos ver, todos estos principios apuntan a una mejora en todo el proceso de producción, eliminando todas aquellas actividades que no agregan valor al producto con el objetivo de lograr una cadena simple con ciclos reducidos y uniformes.

3.3 Lean Construction

La mayoría de principios del Lean Production fueron desarrollados en la industria manufacturera siendo fundamental en la mejora continua desarrollada por la cultura japonesa que es más estructurada y continuamente busca ideas de mejora.

Sabemos que la mayoría de actividades que no agregan valor corresponden a las actividades de flujo, siendo contradictoria con la tendencia a pensar que la construcción es sólo una industria de conversión y no de flujo.

Lean Construcción considera a la producción como un flujo de materias primas para la obtención de bienes y no sólo como una transformadora de recursos.

Como los proyectos de construcción desarrollan productos únicos que se desarrollan en ambientes inciertos, generan dificultad en la aplicación de los principios del Lean Production.

La dificultad para aplicar estos principios en la construcción se debe al trabajo artesanal que sigue realizándose por un grupo de empresas, sin embargo es algo favorable bajo los conceptos de esta nueva filosofía ya que las actuales tendencias privilegian el trabajo en equipo sobre el trabajo individual porque se basa en resultados de un acto administrativo como es la planificación. Por esta razón medir y mejorar el funcionamiento del sistema de planificación es la clave para mejorar la confiabilidad del flujo de trabajo el cual es nuestro principal objetivo para cambiar la organización y rediseñar el sistema.

Si logramos instruir a los involucrados acerca de estos principios conseguiremos un real convencimiento de que el trabajo que realizan mejora el sistema. El grupo debe saber para qué está trabajando y en qué consiste el método, porque es imposible que se sientan involucrados y convencidos de participar en algo que desconocen.

Basándose en las características antes mencionadas, la teoría Lean Construction ayuda a mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades. Es una nueva forma de administración de producción aplicada a la construcción, cuya característica esencial es tener un sistema claro de objetivos para maximizar la satisfacción del cliente, usando un sistema de control desde el diseño hasta la entrega del producto.

3.4 SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

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

El sistema Último Planificador rediseña la planificación convencional incorporando en algunos casos a los capataces, subcontractistas u otros actores con el fin de lograr compromisos en la planificación.

En la planificación se determina qué es lo que se tiene que hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué. Para implementar los puntos mencionados anteriormente Glenn Ballard propone el sistema Último Planificador basado en los principios del Lean Construction que apunta a aumentar la fiabilidad de la planificación mejorando los desempeños. Este incremento de la confiabilidad se realiza tomando acciones principalmente en dos niveles: planificación intermedia (Lookahead) y planificación semanal.

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

En los sistemas de gestión tradicionales se diseñan cuadrillas que deben adoptar un esquema de flexibilidad para mantenerlas ocupadas. Desafortunadamente la aplicación de la flexibilidad en un punto de trabajo, requiere de flexibilidad en toda la línea de producción. Por lo tanto los sistemas de gestión de producción actual generan incertidumbre en el flujo de trabajo.

Un flujo de trabajo predecible hará posible que se reduzca la variabilidad de los requerimientos de recursos, así disminuiría el rediseño de las operaciones siguientes.

Según Glenn Ballard los esquemas convencionales de manejo de obra en construcción invierten mucho tiempo y dinero en generar presupuestos y planificaciones para que durante la construcción se convierta en un esfuerzo de control. Todo funcionaría bien si viviésemos en un mundo perfecto, pero la planificación se suele desviar de los planes originales prácticamente el primer día de obra, causando una reacción en cadena que genera la necesidad de re-planificar gran parte del proyecto.

Si reducimos la holgura dentro de la planificación se generará una presión mayor por terminar más rápido, haciendo que las cosas se pongan aun peor al elevarse el costo de la mano de obra y alquiler de equipos. En estos casos se usa gran cantidad de recursos para que la obra termine en los plazos establecidos.

El Último Planificador es la persona que directamente vigila el trabajo hecho, siendo responsable de la capacidad, eficiencia y calidad de las unidades de producción.

El Último Planificador en la etapa de diseño puede ser el diseñador líder, en la etapa general de la construcción puede ser el ingeniero del proyecto, en la construcción específica puede ser el jefe de obra o el capataz a cargo.

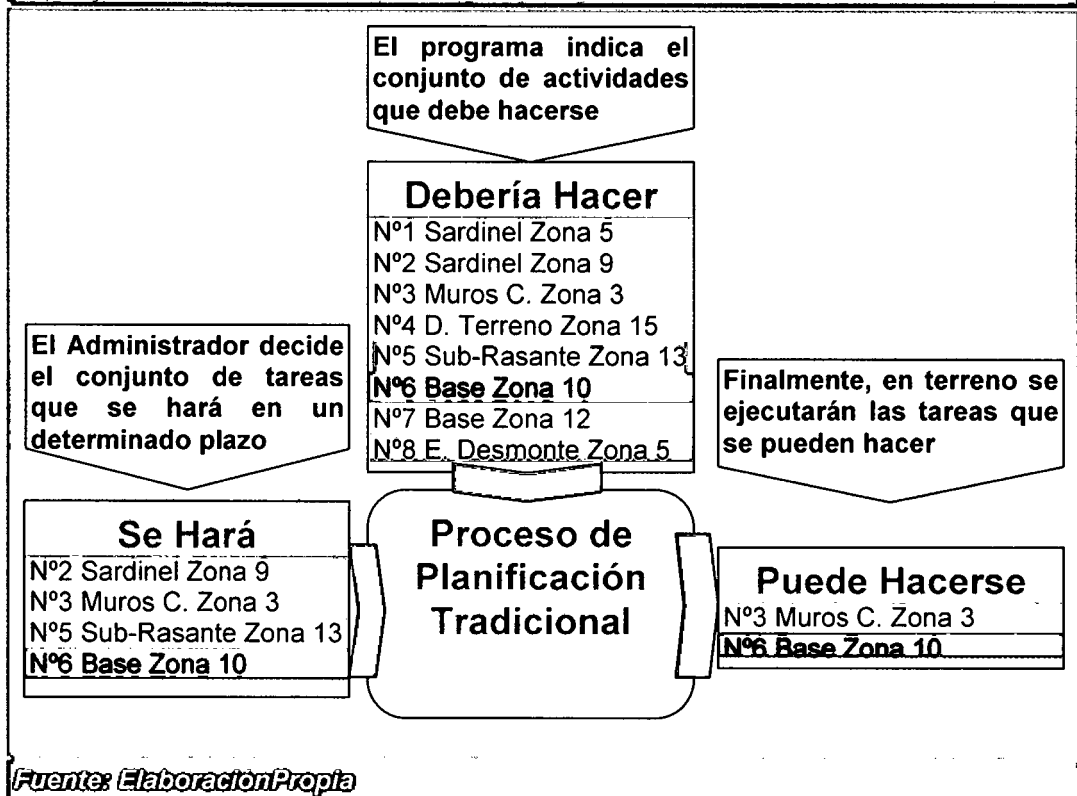
3.5 FORMACIÓN DE ASIGNACIONES DENTRO DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

Si planificar consiste en determinar lo que DEBERÍA HACERSE para completar un proyecto y decidir lo que SE HARÁ en un cierto periodo de tiempo, debe reconocerse que debido a restricciones no todo PUEDE HACERSE, produciendo atrasos en forma reiterada.

En la Figura 03-11 representamos en forma de ejemplo la filosofía que se utiliza tradicionalmente para planificar un proyecto, en donde formulamos una gran cantidad de partidas que DEBERÍAN HACERSE, disminuyéndose el número de estas cuando se decide los que SE HARÁ reduciéndose aún más cuando algún

recurso no está disponible, ejecutándose finalmente las partidas que se PUEDEN HACER.

Figura 03-11: Proceso Tradicional de Planificación



El Plan Maestro no prevé todas las variables del terreno, produciendo atrasos en el sistema por considerar supuestos con un alto grado de incertidumbre.

Algunas de las variables no consideradas son:

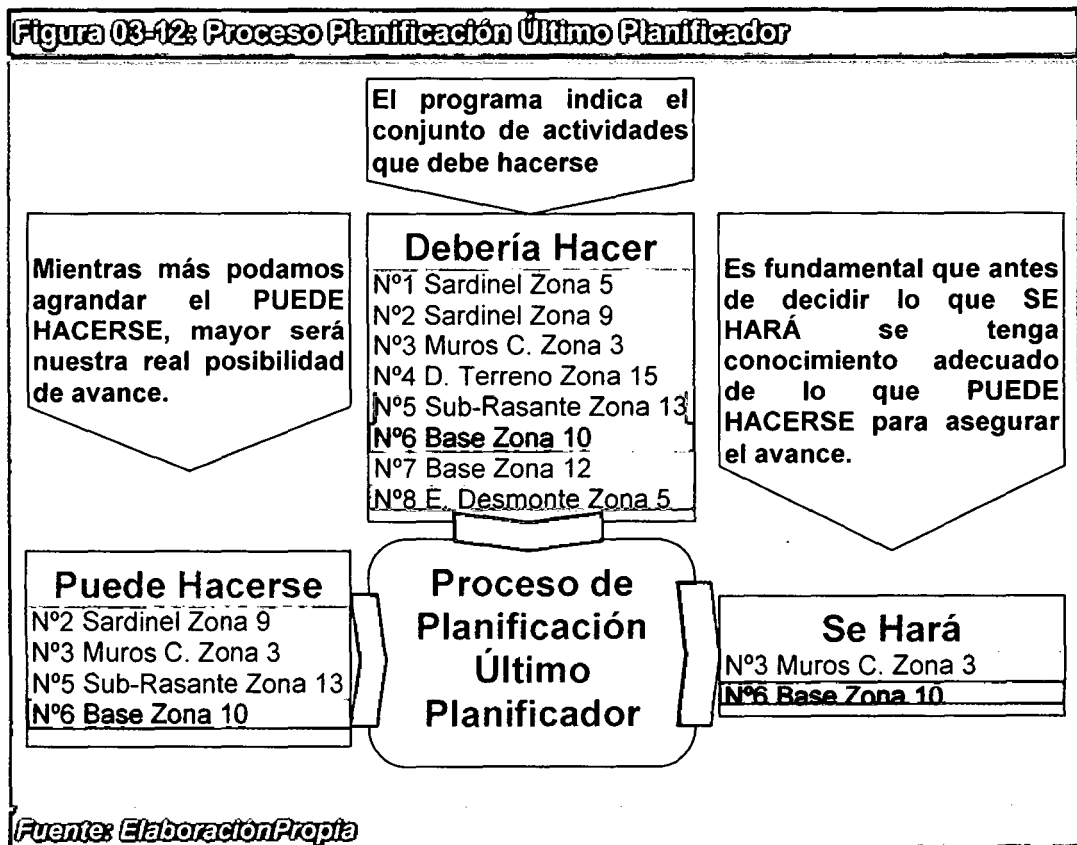
- Disponibilidad de recursos de los proveedores.
- Indefinición de diseño y requerimientos.
- Problemas de disponibilidad de mano de obra.
- Problemas administrativos.
- Rendimientos mal estudiados.

Todo esto impide el desarrollo normal de los trabajos, provocando constantes interrupciones que afectan la productividad de las actividades y el cumplimiento de plazos.

El sistema Último Planificador propone que los últimos planificadores identifican lo que PUEDE HACERSE y posteriormente acuerdan lo que SE HARÁ durante la semana. De esta manera evitamos que las actividades se detengan por alguna restricción no liberada, ayudando a la productividad de las tareas, evitando las paralizaciones por falta de materiales, equipos y mano de obra.

El avance puede verse afectado si la cantidad de actividades que PUEDEN HACERSE es baja, lo cual evitamos liberando las restricciones que impide iniciar o continuar las tareas, de esta forma agrandaremos el conjunto de actividades que PUEDEN HACERSE aumentando las opciones de avance.

En la Figura 03-12 al principio definimos lo que DEBERÍA HACERSE y a continuación identificamos las partidas que se PUEDEN HACER con el objetivo de liberar sus restricciones o aumentar sus recursos y con respecto a estas partidas liberadas podamos decidir los que SE HARÁ.



3.6 UNIDAD DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

La unidad de control de producción mide la calidad de los planes desarrollados por el Último Planificador.

Para planificar los procesos tomamos en cuenta la definición, secuencia, cantidad y tiempo que se necesita para garantizar la ejecución de los trabajos, pero si queremos saber que tan efectivos hemos sido en la planificación necesitamos un parámetro que nos indique cual es el porcentaje de efectividad para identificar la causa de cumplimiento o incumplimiento de las tareas.

El parámetro más importante que se desarrolla en esta investigación es el porcentaje de actividades completadas (PAC), calculándose como el número de actividades ejecutadas dividido por el número de actividades planificadas.

Los proyectos con altos estándares de calidad presentarán mayores PAC, debido a que realizan mejores trabajos con los recursos, obteniendo un gran nivel de productividad.

Definiéndose como productividad a la velocidad con la cual se genera un producto entre la velocidad de obtención de los recursos, tal como se muestra a continuación:

<p>P= Productividad B= Bien R= Recurso T= Tiempo</p>
--

$P=(B/T)/(R/T)$

Por esa razón deducimos que el PAC mide principalmente el grado de compromiso del planificador y el análisis de no cumplimiento puede conducir al origen de la no conformidad de la planificación.

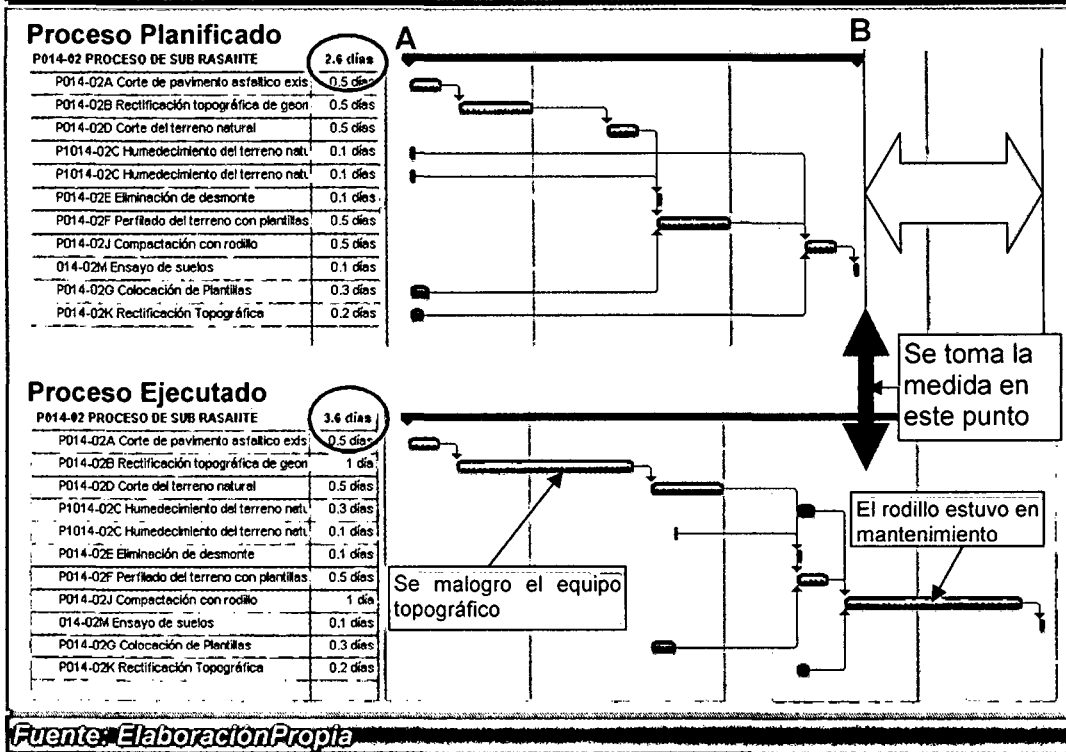
La no conformidad de una planificación puede tener su origen en cualquier nivel de la organización, proceso o función y el análisis del PAC acorta la brecha entre un buen o mal programa.

La primera medida necesaria para el mejoramiento es la identificación de las causas de no cumplimiento por los siguientes motivos:

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

Para calcular el PAC primero contabilizamos las actividades planificadas en un intervalo de tiempo y las dividimos entre las actividades ejecutadas. Como observamos en la Figura 03-13 el proceso de ejecución excede en número de días a la programación el cual nos dará un PAC menor que el 100%, pero si la situación fuera invertida en donde la planificación exceda a la ejecución el PAC sería mayor que 100% dándonos a entender que la ejecución colmo nuestras expectativas de programación. Cabe recalcar que generalmente el intervalo de tiempo para el cálculo del PAC es de una semana, pero en el ejemplo se tomó como caso general el intervalo de tiempo entre A-B, tomando la medida del proceso ejecutado en el día B

Figura 03-13: Comparación entre la planificación y ejecución del proceso de Sub-rasante



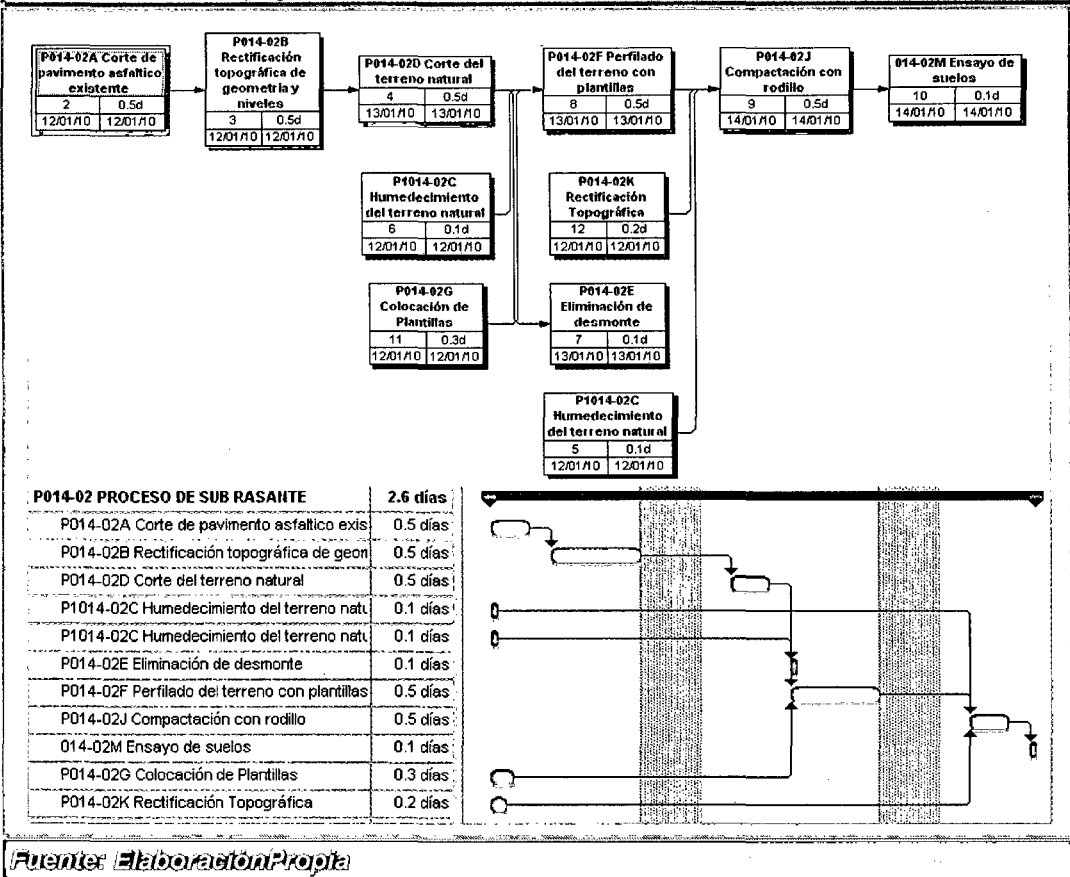
Fuente: Elaboración Propia

Antes de calcular el PAC se desarrollan la planificación por procesos con características generales que mostramos a continuación:

- Que la asignación esté bien definida.
- Seleccionar la secuencia correcta de trabajo.
- Seleccionar la cantidad correcta de trabajo.
- El trabajo seleccionado pueda ser hecho.

Para la definición, secuencia, cantidad y proyección de una planificación tomamos como ejemplo la ejecución del proceso de la sub-rasante de la rehabilitación de una avenida graficada en la Figura 03-14, en donde definimos cada uno de los procedimientos con sus respectivas eficiencias para la construcción de un tramo de avenida. Después colocamos las secuencias para interpretarlas en el diagrama Gantt.

Figura 03-14: Definición, secuencia y tiempo del proceso de Sub-rasante



3.7 COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

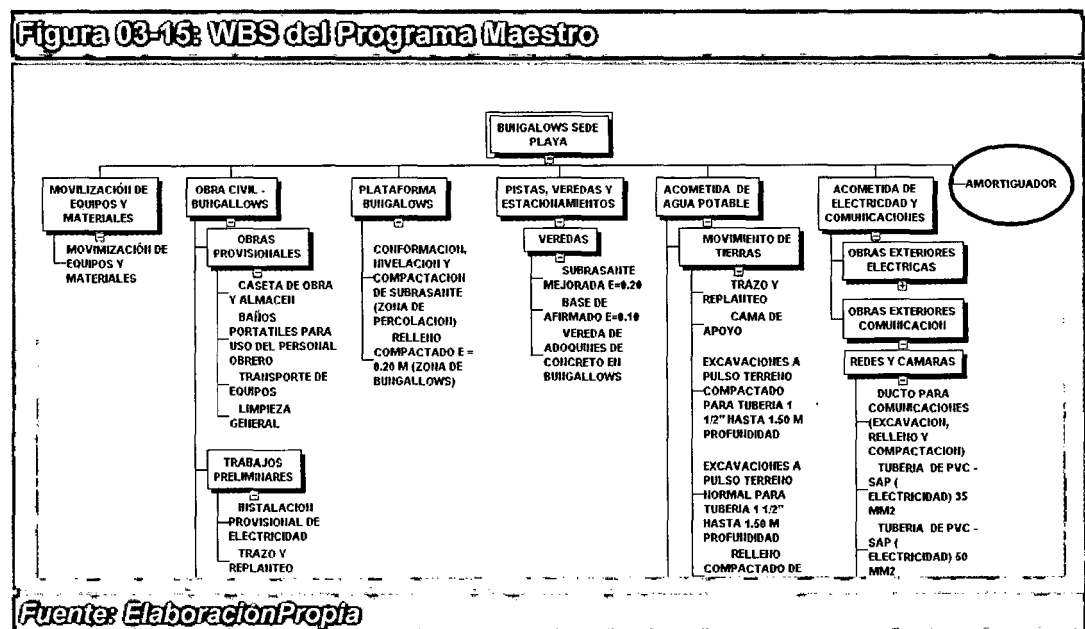
3.7.1 PROGRAMA MAESTRO

El programa maestro genera el presupuesto y el cronograma de ejecución del proyecto, proporcionando un mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización de estas últimas.

El programa maestro o planificación inicial debe ser desarrollado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa en obra, sólo de esta manera se podrá dar validez al sistema Último Planificador debido a que en esta etapa se define lo que DEBEMOS HACER en el proyecto.

Se tiene que considerar al inicio del proyecto un WBS de las actividades de conversión con el objetivo de proyectar las actividades de flujo que estará especificado en la Planificación Intermedia.

Es muy importante considerar un amortiguador de proyecto (expresado en tiempo) que estará ubicado al final del Plan Maestro con el objetivo de prevenir atrasos causados por la variabilidad del sistema tal como se muestra en la Figura 03-15.



3.7.2 PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

El proceso de Planificación Intermedia es el segundo nivel en la jerarquía del sistema de planificación, resaltando las actividades que deberían hacerse en un futuro cercano.

Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recursos humanos, información y requisitos de diseño, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo. Para el cumplimiento de la Planificación Intermedia existen determinados procesos específicos. Estos procesos específicos cumplen la función de controlar los flujos de trabajo en base a lo que DEBERÍA HACERSE en un futuro cercano y sus principales funciones son las siguientes:

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

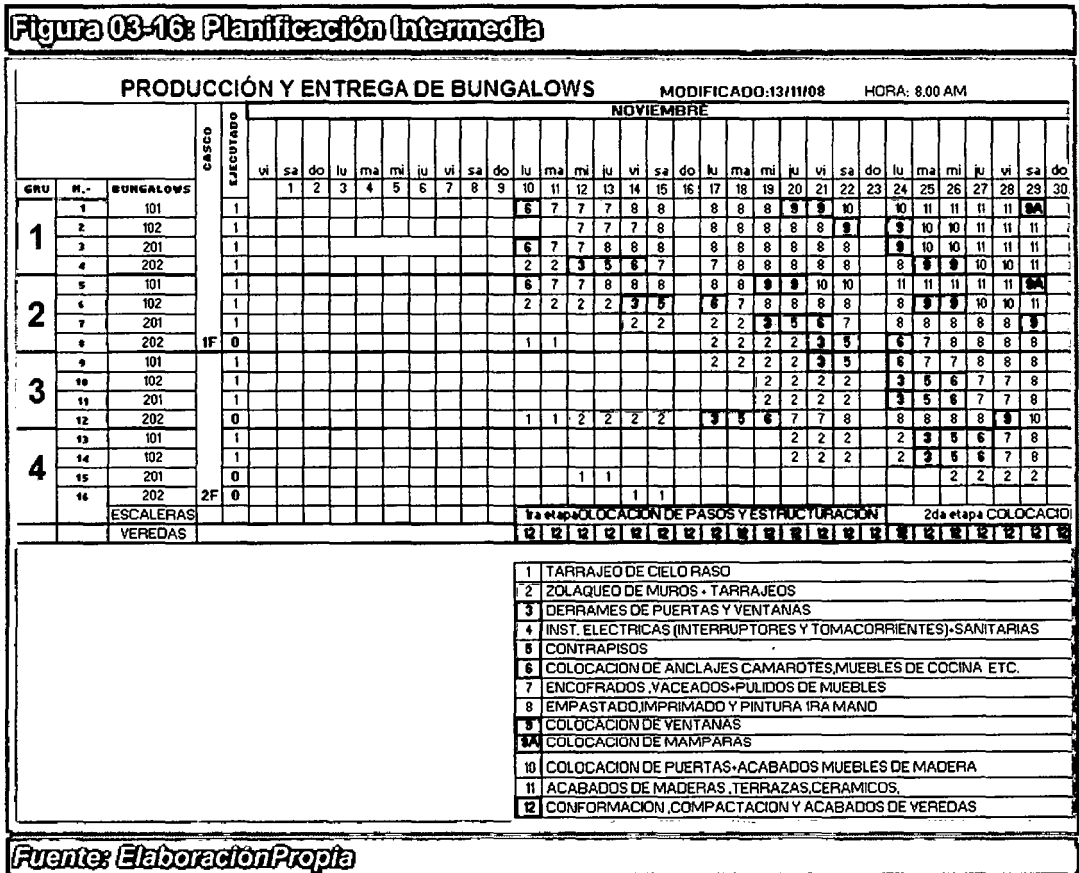
El número de semanas que tiene la planificación intermedia es decidido por la magnitud del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, el tiempo de respuesta en la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria. Para proyectos de cierta magnitud (Valor < \$10,000.00) y con plazos de 6 a 24 meses, el número de semanas puede ser de 3.

Antes de entrar a programar los tiempos en la planificación intermedia el programa maestro de actividades es dividido en niveles de detalles (WBS) para desarrollar el plan de trabajo semanal, en donde se realiza múltiples asignaciones para cada actividad.

Luego cada asignación está sujeta a un análisis de restricciones para determinar lo que debe ser realizado; en base a la liberación de restricciones se puede determinar si una actividad tiene todos los recursos necesarios para ser ejecutada.

Las actividades que tienen las restricciones liberadas forman una lista llamada Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) las cuales se encuentran preparadas para ser elegidas dentro de la Planificación Semanal, encargándose esta última de realizar las coordinaciones finales para la ejecución.

En la Figura 03-16 se grafica la Planificación Intermedia de un proyecto de construcción, observándose que en las tres primeras columnas se identifica la ubicación de los sectores de trabajo que están divididos por procesos enumerados del 1 al 12, los que se colocan alrededor de las tres semanas de programación.



3.7.2.1 DEFINICIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

En el Plan Maestro sólo se nombran las actividades o se realiza una mínima descripción de los procesos que se ejecutarán, pero en la Planificación Intermedia se definen las actividades con el objetivo de identificar las secuencias de trabajo.

La secuencia de trabajo se debe encontrar a un nivel de detalle que nos permita identificar las restricciones que impiden la ejecución de una determinada tarea.

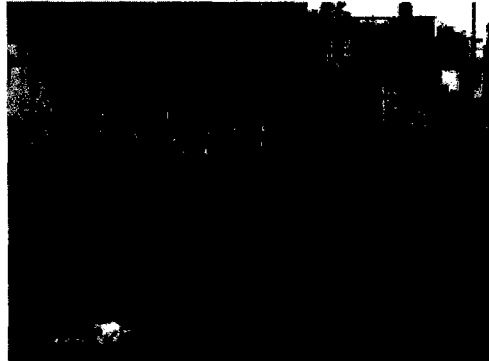
Una restricción es algo que limita la manera en que una tarea es ejecutada, involucrando requisitos previos o recursos.

Por esa razón tenemos que describir con precisión los procedimientos más críticos para entender los trabajos que ejecutaremos tal como se muestra en la Figura 03-17 en donde graficamos la secuencia de trabajo con el objetivo de identificar las actividades de flujo y realizar el análisis de restricciones.

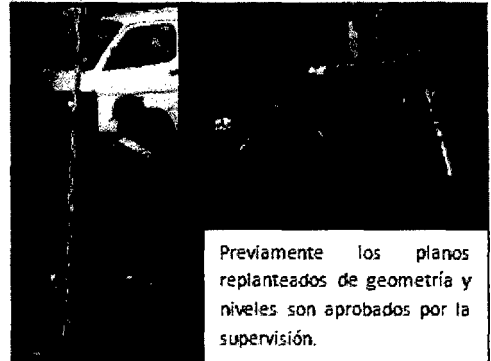
Figura 03-17: Definimos las actividades al describir los procesos

Definimos y describimos las actividades para poder identificar las restricciones del sistema.

P014-02A El cargador frontal corta el pavimento asfáltico existente acumulándolo en los extremos de la vía para ser eliminado.



P014-02B El topógrafo rectifica la geometría y los niveles, colocando puntos de referencia para poder perfilar el terreno.

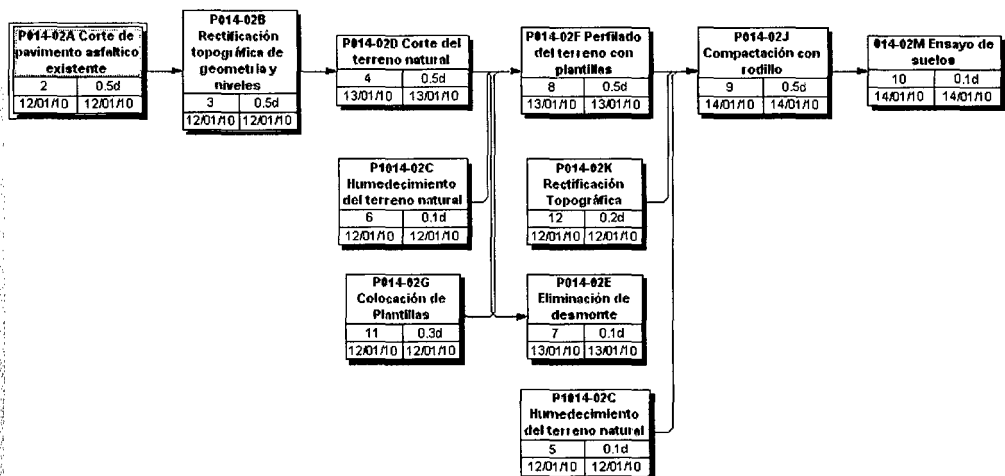


Previamente los planos replanteados de geometría y niveles son aprobados por la supervisión.

P014-02C En caso sea necesario humedecemos el terreno para confinarlo y evitar el levantamiento de polvo.



P014-02D El cargador frontal corta el terreno natural hasta las plantillas dejadas por los topógrafos.



Fuente: Elaboración Propia

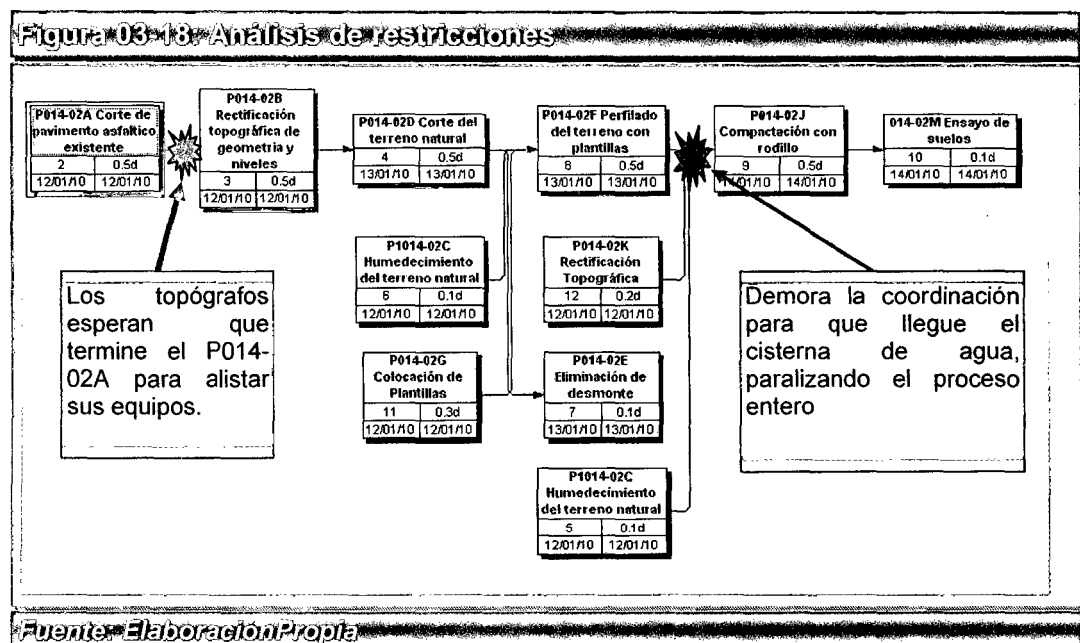
3.7.2.2 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Una vez que las asignaciones o tareas sean identificadas, se someterán a un análisis de restricciones que consiste en los siguientes puntos:

- Identificar la Restricción
- Explotar la Restricción
- Subordinar los procesos a la Restricción
- Elevar la Restricción

El análisis de restricciones es un proceso de mejora continua que constantemente se aplica en todos los proyectos.

Como mencionamos anteriormente las restricciones generalmente se encuentran en el flujo de trabajo, ubicándose en el espacio que hay entre cada conversión tal como se muestra en la Figura 03-18, por esta razón cuando identificamos las restricciones y las superamos, el proceso pasa a una lista llamada Inventario de Trabajo Ejecutable en donde todas las actividades se encuentran libres de restricciones y esperan a ser parte de la Programación Semanal.



3.7.2.3 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE

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. De esta manera se crea un inventario de tareas que sabemos serian ejecutadas.

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

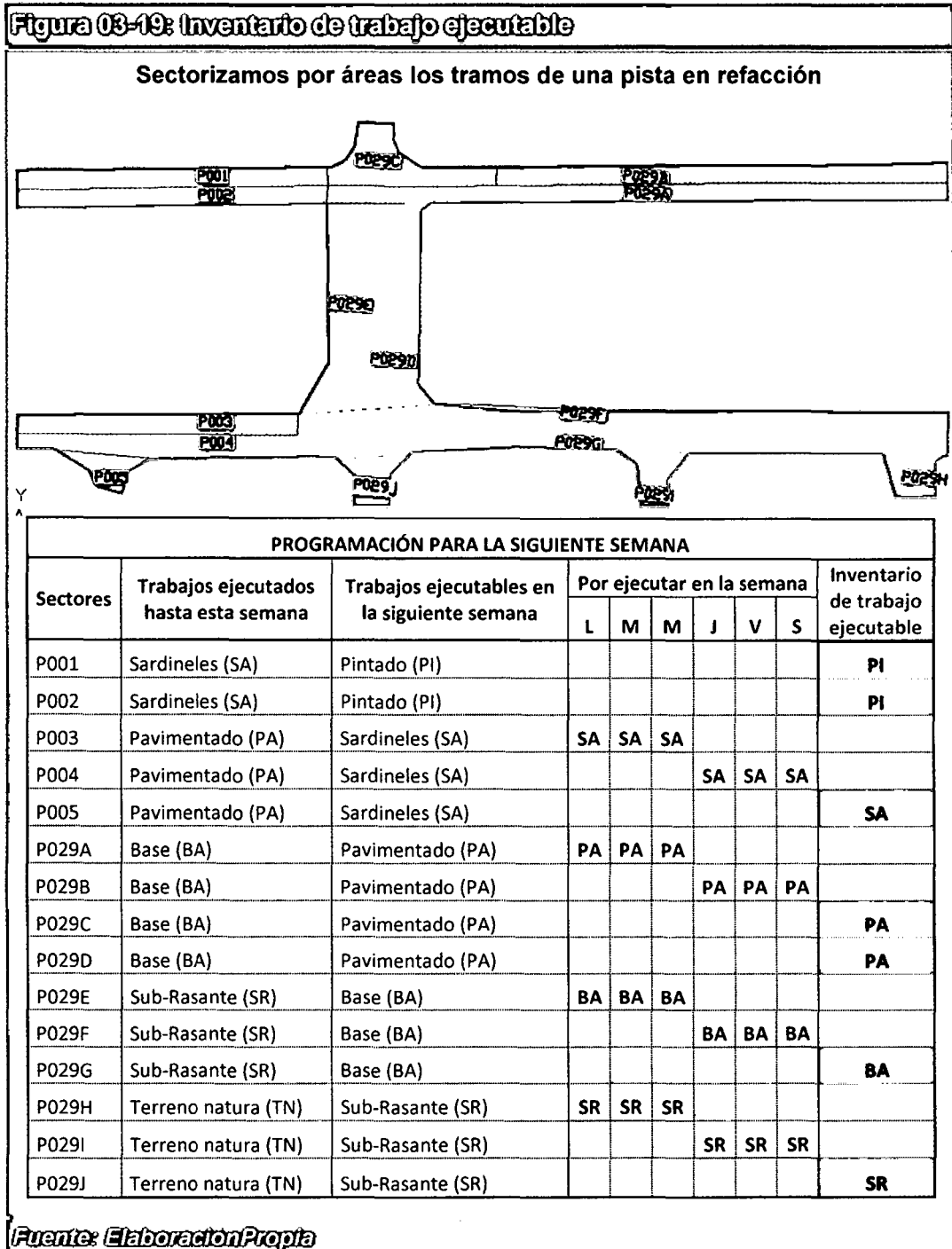
- Actividades con restricciones liberadas de la semana en curso que pueden ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador)

Si una actividad del Plan de Trabajo Semanal no se puede ejecutar o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el inventario de Trabajo Ejecutable proveerá otras actividades que las cuadrillas de producción podrán ejecutar para evitar realizar tareas al azar que se salgan de la secuencia de trabajo y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad. Las actividades listas para ejecutar deben cumplir los mismos criterios de calidad que las asignaciones de la semana.

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

Por ejemplo en un proyecto de construcción de avenidas, sectorizamos la zona en pequeños tramos o lotes de trabajo con el objetivo de que estén habilitados para la ejecución de los trabajos, siendo conveniente aumentar la cantidad de lotes habilitados para todas las tareas y de esa manera evitar la paralización de

maquinaria por la dependencia que existe entre cada lote de trabajo, tal como se muestra en la figura 03-19.



3.7.3 PLANIFICACIÓN DE TRABAJO SEMANAL

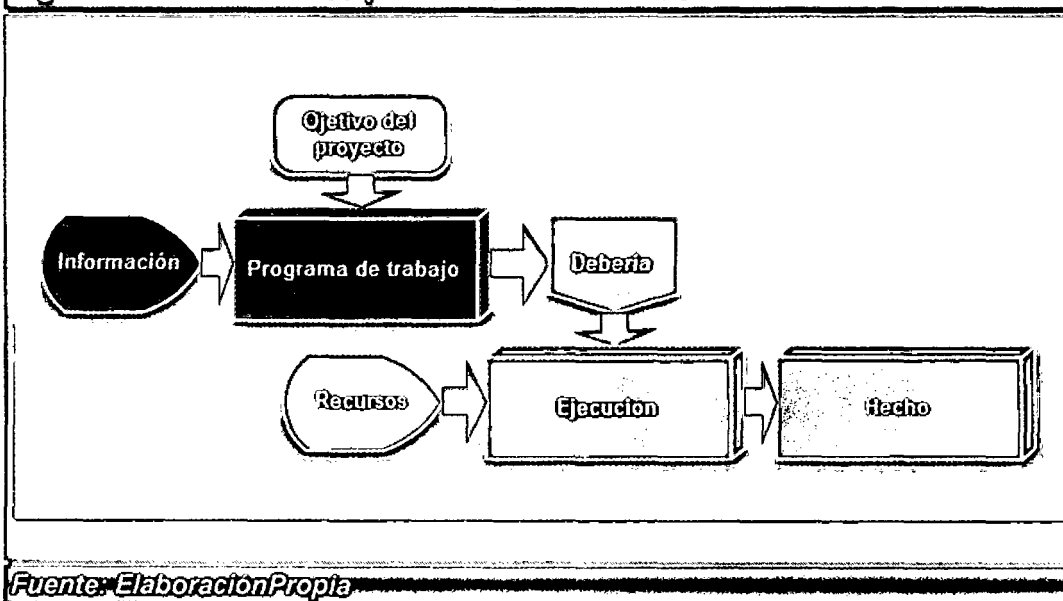
La planificación semanal presenta el mayor nivel de detalle antes de ejecutar un trabajo y debe ser desarrollada por administradores de obra, capataces y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo.

La filosofía de gestión de proyectos tradicional define a la planificación semanal como el desarrollo de actividades y programas para ejecutar los trabajos que DEBEN ser realizados. Las actividades son identificadas para estimar su duración y organización secuencial para cumplir los objetivos del proyecto. Se realiza el trabajo diseñando cuadrillas que son encomendadas por la administración para hacer lo que el programa ha señalado que DEBE ser ejecutado, sin considerar si realmente PUEDE ejecutarse en un intervalo de tiempo específico. Los recursos se asumen disponibles cuando se necesiten, lo que presumiblemente garantizaría la ejecución de lo programado.

Después que el programa ha sido determinado y el trabajo está en progreso, se reúnen los recursos: materiales y mano de obra para adaptarlos al programa de la mejor manera posible, siendo este punto el error del sistema porque generalmente la programación tradicional se adapta a los recursos que tiene disponible.

Este sistema de trabajo de la planificación tradicional está representado en la Figura 03-20 en donde se tiene la información de sistema y los objetivos del proyecto para desarrollar el programa de trabajo definiendo lo que debería hacerse, pero al cruzar información con los recursos disponibles genera el error del sistema, dándonos como resultado lo que podemos hacer.

Figura 03-20: Sistema de planificación tradicional



La planificación semanal propuesta por el sistema del Último Planificador es una combinación constante entre los que SE PUEDE HACER y lo que SE HARÁ, tal como lo describiremos a continuación en la formulación del plan de trabajo semanal.

3.7.3.1 FORMACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO SEMANAL

Escoger qué trabajo será ejecutado en la próxima semana recibe el nombre de "asignaciones de calidad" debido que pueden ser ejecutados en el plan de trabajo semanal.

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

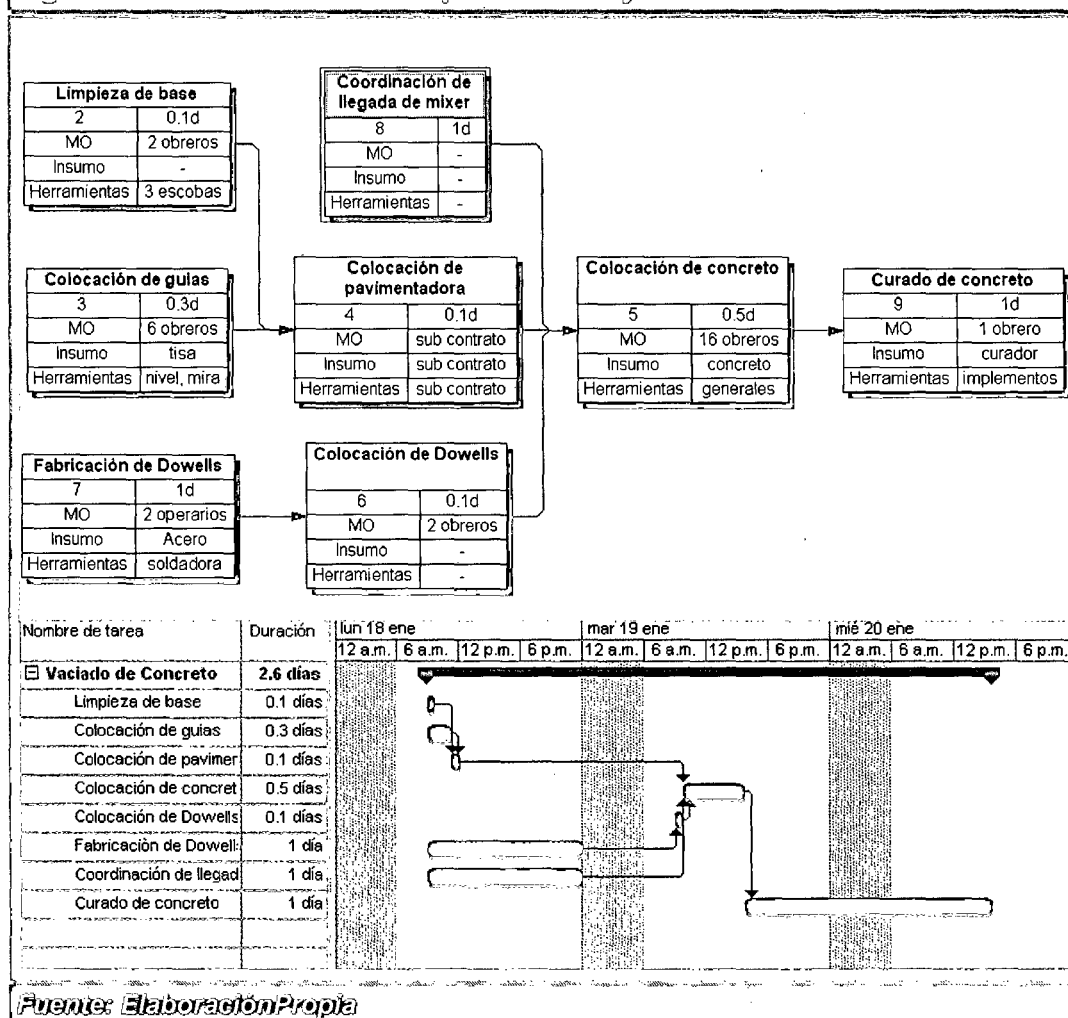
- **Definición:** ¿Las asignaciones son suficientemente específicas para que pueda recolectarse el tipo y cantidad correcta de información o materiales? ¿El trabajo puede coordinarse con otras disciplinas? ¿Es posible afirmar al final de la semana si la asignación ha sido terminada?
- **Consistencia:** ¿Son todas las asignaciones ejecutables? ¿Entendemos lo que se requiere? ¿Tenemos lo que necesitamos de otros? ¿Tenemos todos los materiales disponibles? ¿Está completo el plan anterior? ¿Están los trabajos pre-requeridos completados? Debemos tener en cuenta

además, que algún trabajo que debió estar listo la semana anterior será terminado durante la actual semana, por lo que es necesario coordinar con otras especialidades que trabajarán en la misma área. No obstante, debemos hacer el esfuerzo de terminar el trabajo en la semana en que se planificó.

- **Secuencia:** ¿La selección de asignaciones fue hecha en base al orden de prioridad y constructabilidad? ¿El resultado de estas asignaciones son esperados por alguien más? ¿Existen asignaciones adicionales consideradas de baja prioridad identificadas en el inventario de trabajos ejecutables, es decir, existen tareas de calidad para suplir a otras en caso de fallar la productividad o de exceder las expectativas?
- **Tamaño:** ¿Los tamaños de las asignaciones se determinan según la capacidad individual o grupal de las unidades de producción antes de comenzar el período de ejecución?
- **Retroalimentación o aprendizaje:** Para las asignaciones que no son completadas en la semana ¿Existe una identificación de las causas de no cumplimiento y de las acciones correctivas?

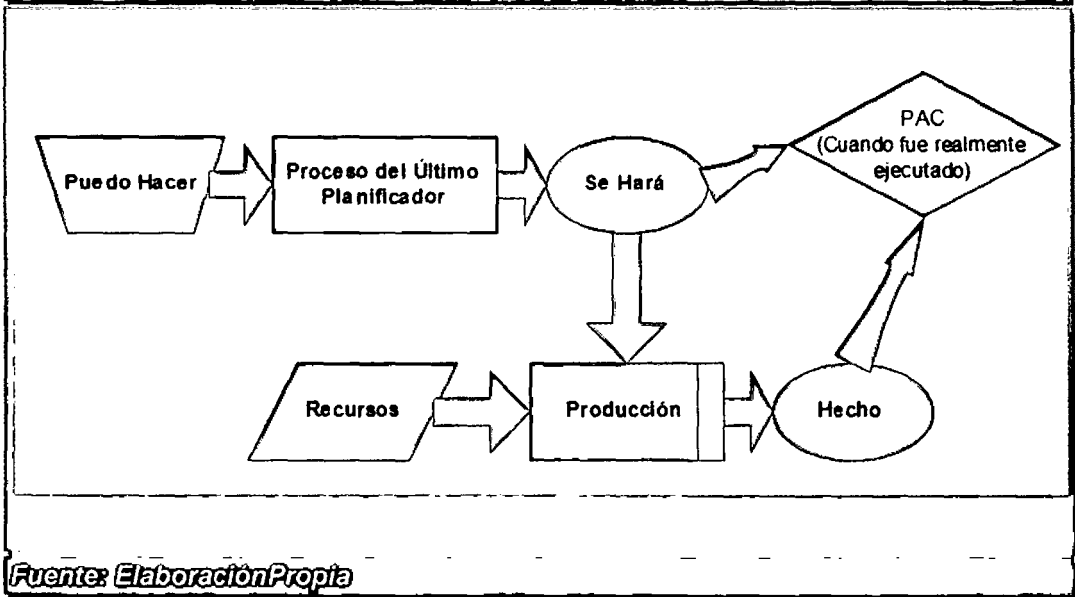
En la Figura 08-21 formulamos el plan de trabajo semanal al definir los procedimientos de trabajo, verificando la consistencia con el aprovisionamiento de recursos y analizando si la secuencia de trabajo es la correcta para el tamaño del proceso que se desea ejecutar.

Figura 03-21: Formulación del plan de trabajo semanal



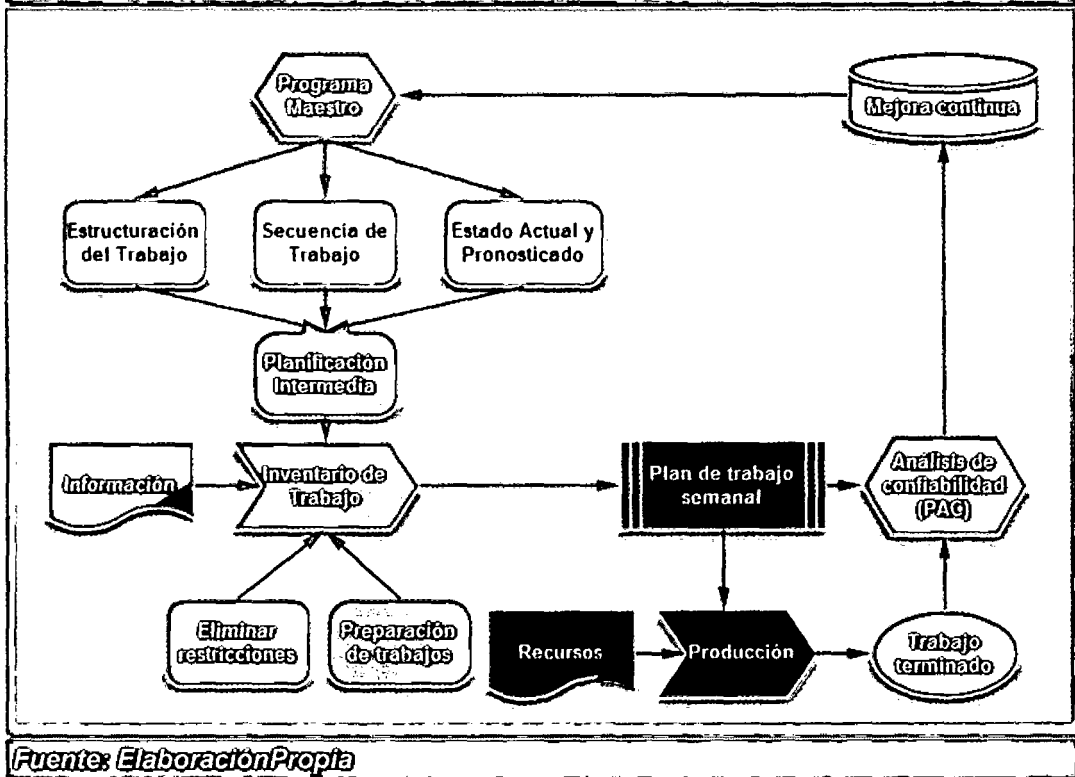
El sistema del último planificador necesita medir el desempeño de cada plan de trabajo semanal para estimar su calidad. Esta medición es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) que evalúa hasta qué punto el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

Figura 03-22: Medición del sistema Último Planificador



A continuación mostramos una visión global del sistema del Último Planificador con sus distintos elementos.

Figura 03-23: Sistema de planificación “Último Planificador”



3.8 REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN SEMANAL

La planificación del trabajo semanal se debe desarrollar preferentemente durante una reunión en la semana anterior. En esta reunión deben participar los involucrados de los procesos, recursos compartidos, directrices u otras limitaciones potenciales, siendo los objetivos de la reunión los siguientes:

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

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

El Último Planificador:

- Lleva a la reunión el PAC y causas de no cumplimiento, adicionalmente entrega una primera opinión de las causas de no cumplimiento.
- La información del estado del trabajo.
- Lista tentativa de las tareas para la próxima semana.
- Una revisión del estado de restricciones de las tareas que se le asignaron dentro la Planificación Intermedia.
- Listado de las tareas que entrarán en la Planificación Intermedia.

Coordinador:

- Lleva el Plan Maestro y la Planificación Intermedia.

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

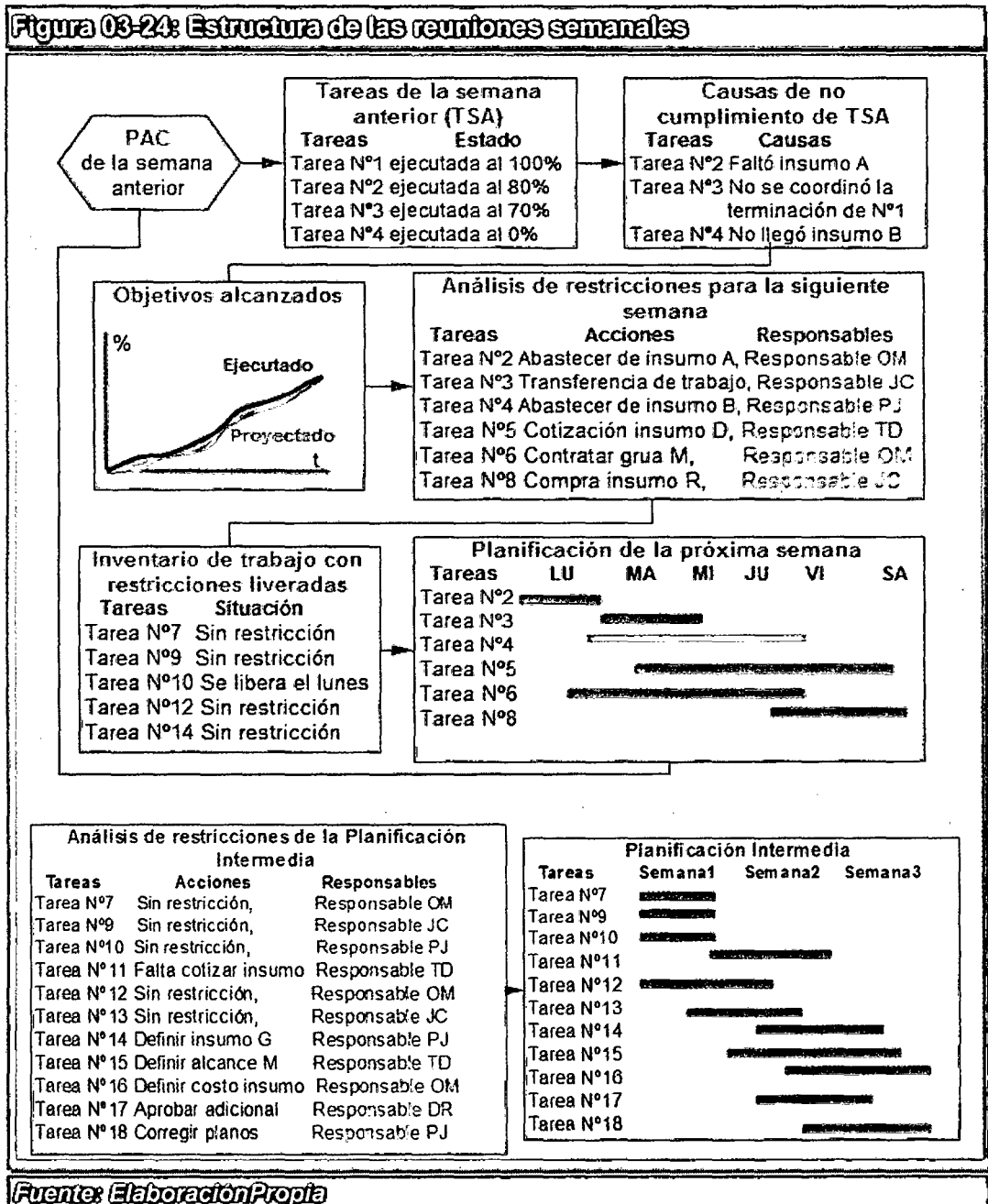
La reunión debe seguir una determinada estructura. Sólo de esta forma se asegurará que se cumplan los propósitos de la reunión. A continuación se señala una estructura que resume la secuencia básica a tratar en la reunión:

- Se parte analizando el PAC de la semana anterior, las causas de no cumplimiento, tomando acciones correctivas inmediatas si es posible.
- Se analiza el cumplimiento de las tareas pendientes de la semana anterior.
- Se realiza el paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las responsabilidades de todos los involucrados.
- Se realiza el análisis de restricciones para las tareas que entran en la semana siguiente.
- Se crea el Inventario de Trabajo Ejecutable con las actividades que poseen todas sus restricciones liberadas, más las tareas remanentes de la semana anterior.
- Con la Planificación Intermedia de la semana anterior y teniendo en cuenta el Inventario de Trabajo Ejecutable preparado de la semana siguiente, cada último planificador entrega las tareas para la semana siguiente y se discute la que en definitiva se realizará, analizando secuencias, responsabilidad, carga de trabajo (si son capaces de ejecutarlo) y si el trabajo seleccionado es adecuado.
- El coordinador se compromete a entregar al siguiente día el programa semanal a cada Último Planificador.
- Además se discute el estado de las otras actividades dentro de la Planificación Intermedia en relación a sus restricciones (Se discute con cada responsable), lo anterior con el objetivo de poder liberarlas en lo posible con dos semanas de anticipación o para dar soluciones que faciliten esta liberación.
- Luego y teniendo presente las tareas que cada Último Planificador entrega como tentativas para ingresar a la Planificación Intermedia, se verifican las

que realmente entrarán a la Planificación Intermedia contrastándolas con el Programa Maestro.

- Posteriormente se asignan los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la Planificación Intermedia.
- Teniendo la nueva Planificación Intermedia, el coordinador la entregará a más tardar al día siguiente a cada Último Planificador.
- Por último se resalta el “compromiso” que asume cada Último Planificador haciendo hincapié que es la instancia más importante de la reunión.

Figura 03-24: Estructura de las reuniones semanales



Fuente: Elaboración Propia

En cada reunión semanal debemos discutir abiertamente la Planificación Intermedia, el Inventario de Trabajo Ejecutable y la Planificación Semanal, sin imponer órdenes por parte del coordinador, esto hará que los Últimos Planificadores se sientan partícipes dentro de la planificación de la obra.

3.8.1 RESUMEN EJECUTIVO DE UNA BUENA REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN SEMANAL

Asistentes:

- Administrador de Obra.
- Encargado de la Planificación.
- Supervisión y capataces.
- Representante de la Of. Técnica.
- Subcontratistas.
- Almacenero

Revisión de la semana anterior:

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

Preparación del Programa Semanal:

- Revisar el estado de restricciones del Plan Intermedio anterior.
- Definir el nuevo Inventario de trabajo ejecutable.
- Contrastar el inventario con el programa propuesto por el último planificador.
- Definir el programa semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera por si existe algún inconveniente con las planificadas.

Actualización del Plan Intermedio:

- Preparación del nuevo Plan Intermedio por parte del planificador de la obra.
- Revisar el estado de restricciones del nuevo Plan Intermedio.
- Definir un responsable para la liberación de restricciones, definiendo las acciones para esto.

Documentación e información que deben traer los asistentes

Planificador o facilitador de la reunión

- Programa Maestro.
- Planificación Intermedia anterior.
- Planificación Intermedia nueva tentativa.
- Posterior a la reunión se entrega la Planificación Intermedia definitiva a los asistentes.
- Posterior a la reunión se entrega la Planificación Semanal definitiva a los asistentes.

Último Planificador

- PAC.
- Causas de no cumplimiento.
- Propuestas de soluciones a causas de no cumplimiento.
- Información del estado de trabajo.
- Estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad.
- Plan de trabajo tentativo.
- Plan intermedio anterior.

CAPITULO IV
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR

4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR

4.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo del capítulo es la implementación del sistema Último Planificador en todas las obras que son asesoradas y gerenciadas por la empresa JLV CONSULTORES.

JLV CONSULTORES asesora y gerencia obras tanto en edificaciones como en infraestructura, garantizando a los clientes el cumplimiento de la planificación y calidad de la obra.

Por esa razón se realizó la aplicación del sistema Último Planificador con el objetivo de encontrar un sistema flexible y de fácil entendimiento para todos los involucrados del proyecto.

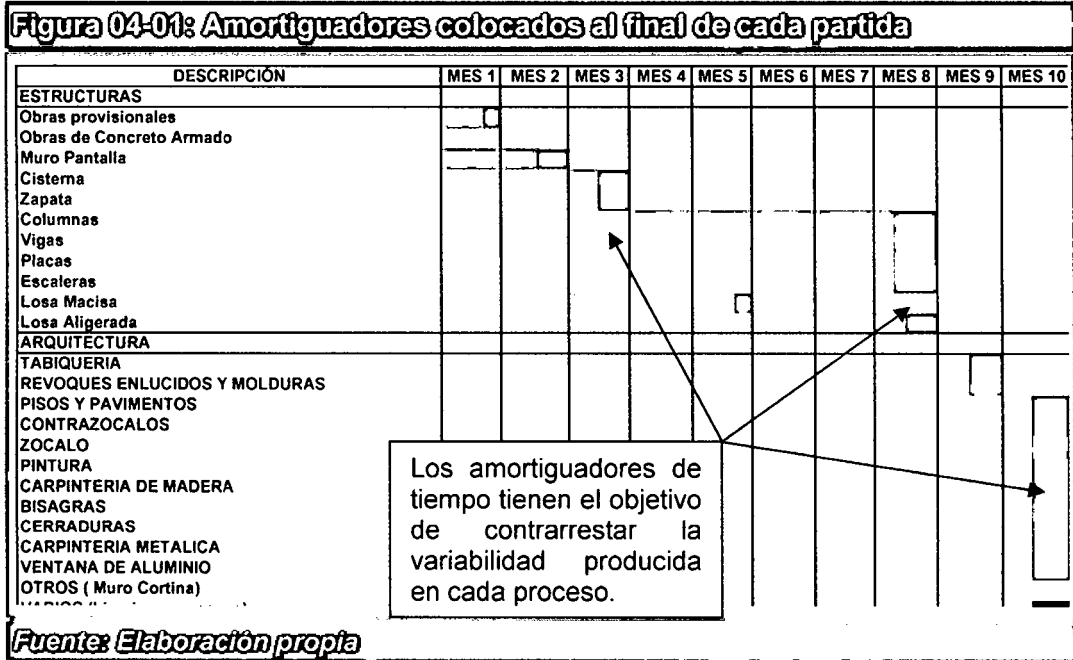
4.2 DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO

Se desarrolla un diagrama Gantt general para el proyecto, definiendo los procesos para ser ejecutados en un tiempo estimado.

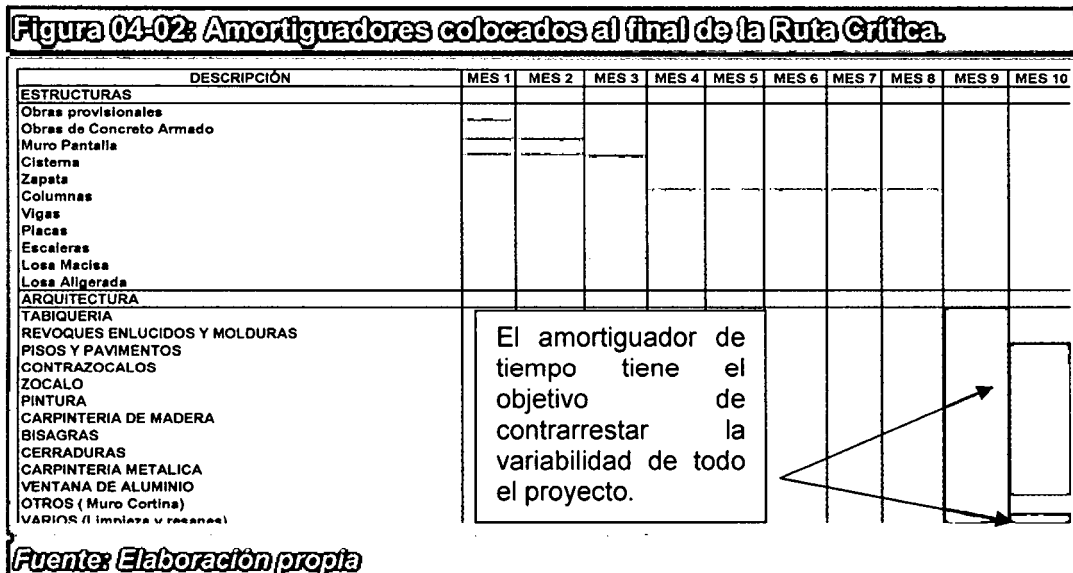
En la planificación tradicional la estimación del tiempo de cada proceso es suponiendo el peor de los casos, lo que obliga a colocar amortiguadores de tiempo en cada proceso. Definimos como amortiguador al intervalo de tiempo que se coloca después del tiempo estimado para la ejecución de un proceso, con el objetivo de prevenir algún inconveniente en la ejecución de los trabajos y evitar sobrepasar el plazo final que se ofreció al cliente.

La acumulación de los amortiguadores puede desplazar el tiempo de ejecución, obligando a los contratistas a invertir más recursos para acabar el proyecto a tiempo. Este fenómeno es llamado “Síndrome del Estudiante” en donde una persona comienza a esforzarse por cumplir una tarea faltando muy poco para el vencimiento del plazo.

En la Figura 04-01 los amortiguadores de tiempo están colocados al final de cada partida, por esa razón la mayoría de proyectos aumentan sus recursos en los últimos meses antes de terminar el plazo de ejecución.



En el desarrollo del Plan Maestro definimos la Ruta Crítica (Cadena de producción en la que se ubica el proceso crítico) que es la cadena de pasos más dependientes y colocamos el amortiguador de tiempo al final de la Ruta Crítica que generalmente es el 10% de la duración total de todo proyecto.



La ventaja de colocar el amortiguador de tiempo al final de la Ruta Crítica (Figura 04-02) con respecto de colocarla al final de cada partida (Figura 04-01) es ajustar todos los trabajos y evitar acumular pérdidas de tiempo argumentando que se tiene una holgura por cada partida.

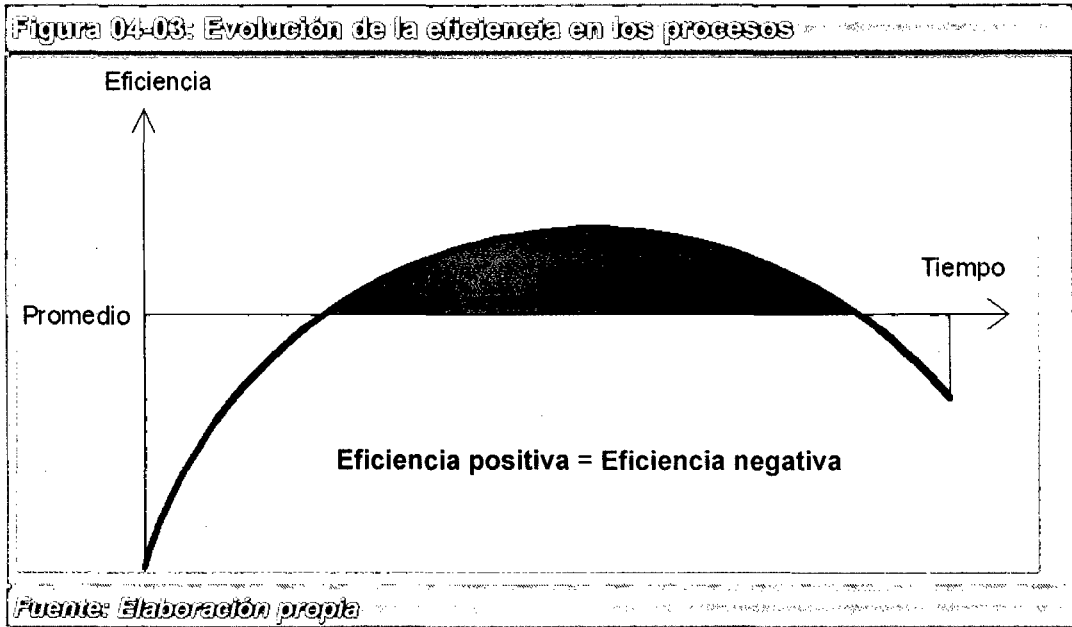
Es muy común observar al principio de un proyecto de construcción el normal funcionamiento de las actividades sin el exceso de utilización de recursos, pero al final del proyecto observamos la implementación de horas extras, contratación de más personas, amplía nuevos turnos de trabajo y se adquiere maquinaria con el objetivo de llegar al plazo final de obra. Para evitar que esto suceda se trabaja ajustadamente desde el principio del proyecto con el objetivo de evitar aumentar los recursos al final de la obra.

Ahora cuando se proyectan los trabajos en forma ajustada podemos programar los recursos en el transcurso del tiempo, pero antes de eso tenemos que comprender el ciclo de vida de un proceso, el que describimos a continuación:

- Al inicio de cada proceso los operarios tienen menos rendimiento debido que se están familiarizando con el diseño de la estructura que es diferente en cada proyecto
- Después que los operarios asimilaron las técnicas a emplear para la conversión de un proceso su eficiencia aumenta al máximo por la similitud de los trabajos que ejecutan en el transcurso del día.
- Cuando el proceso está por terminar disminuye la eficiencia porque se está ejecutando los acabados finales y corrigiendo detalles.

El desempeño del personal sigue el comportamiento de una curva catenaria porque en el transcurso del tiempo aumenta la eficiencia hasta llegar a un punto álgido para ir disminuyendo al final del proceso.

En la figura 04-03 mostramos cómo evoluciona la eficiencia del personal en cada proceso.



Al comprender el ciclo de vida de un proceso nos damos cuenta que la necesidad de recursos va aumentando en el transcurso del tiempo y disminuyendo paulatinamente al final del proceso.

Entonces proyectamos los recursos en forma de porcentaje y calculamos el monto financiero que se requiere en el transcurso del tiempo, con el objetivo de planificar el flujo de caja, evitando que la obra se quede sin recursos.

En la figura 04-04 desarrollamos el cronograma de avance porcentual, indicando la cantidad de trabajo desarrollado con respecto al tiempo para que después desarrollemos el cronograma de avance de obra valorizado con el objetivo de saber cuál será el requerimiento financieros en cada mes.

Figura 04-04: Avance Porcentual del Plan Maestro

Cada Partida se distribuye en forma de porcentajes para saber la cantidad de trabajo que tenemos que ejecutar en cada mes.

CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA PORCENTUAL

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	PARCIAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
01.00.00	ESTRUCTURAS	1,567,695.93										
01.01.00	Obras provisionales	15,000.00	100%									
01.02.00	Trabajos Preliminares	44,190.00	100%									
01.03.00	Movimiento de Tierras	129,147.67	20%	40%	40%							
01.04.00	Obras de Concreto Simple	8,915.40			100%							
01.05.00	Obras de Concreto Armado	1,378,442.86										
	Muro Pantalla	222,548.00	30%	70%								
	Cisterna	39,317.45			100%							
	Zapata	13,099.68			100%							
	Columnas	100,716.90			10%	20%	20%	20%	20%	10%		
	Vigas	198,594.79			10%	20%	20%	20%	20%	10%		
	Placas	388,699.79	25%	25%	5%	10%	10%	10%	10%	5%		
	Escaleras	16,302.51				20%	20%	20%	20%	20%		
	Losa Macisa	131,493.64			10%	60%	30%					
	Losa Aligerada	259,671.10					15%	30%	30%	25%		
02.00.00	ARQUITECTURA	707,129.41										
02.01.00	TABICUERIA	63,796.28					15%	20%	25%	20%	20%	
02.02.00	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDRAS	208,770.21						15%	30%	30%	25%	
02.03.00	PISOS Y PAVIMENTOS	176,061.48							15%	30%	40%	15%
02.04.00	CONTRAZOCALOS	9,099.54								35%	50%	15%
02.05.00	ZOCALO	20,786.06								35%	50%	15%
02.06.00	PINTURA	60,217.16									80%	20%
02.07.00	CARPINTERIA DE MADERA	17,198.00								40%	40%	20%
02.10.00	BISAGRAS	2,052.00								40%	40%	20%
02.11.00	CERRADURAS	4,445.00								40%	40%	20%
02.08.00	CARPINTERIA METALICA	29,014.68								40%	40%	20%
02.09.00	VENTANA DE ALUMINIO	23,871.80								40%	40%	20%
02.12.00	OTROS (Muro Cortina)	80,817.20								40%	60%	20%
02.13.00	VARIOS (Limpieza y resanes)	11,000.00			5%	12%	12%	12%	12%	12%	25%	10%

Después de la distribución porcentual se colocan los montos para tener una proyección del flujo de dinero que se tiene que invertir en cada mes.

CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA VALORIZADO

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	PARCIAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
01.00.00	ESTRUCTURAS	1,567,695.93										
01.01.00	Obras provisionales	15,000.00	15,000									
01.02.00	Trabajos Preliminares	44,190.00	44,190									
01.03.00	Movimiento de Tierras	129,147.67	25,830	51,659	51,659							
01.04.00	Obras de Concreto Simple	8,915.40			8,915							
01.05.00	Obras de Concreto Armado	1,378,442.86										
	Muro Pantalla	222,548.00	66,764	155,784								
	Cisterna	39,317.45			39,317							
	Zapata	13,099.68			13,099							
	Columnas	100,716.90			10,072	20,143	20,143	20,143	20,143	10,072		
	Vigas	198,594.79			19,859	39,719	39,719	39,719	39,719	19,859		
	Placas	388,699.79	97,175	97,175	32,302	32,302	32,302	32,302	32,302	32,302		
	Escaleras	16,302.51				3,261	3,261	3,261	3,261	3,261		
	Losa Macisa	131,493.64			13,149	78,006	30,448					
	Losa Aligerada	259,671.10					38,951	77,901	77,901	64,918		
02.00.00	ARQUITECTURA	712,223.02										
02.01.00	TABICUERIA	63,796.28					9,560	12,750	15,949	12,750	12,750	
02.02.00	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDRAS	208,770.21						31,316	62,631	62,631	52,193	
02.03.00	PISOS Y PAVIMENTOS	176,061.48							26,489	52,818	78,425	26,489
02.04.00	CONTRAZOCALOS	14,193.15								4,866	7,007	2,120
02.05.00	ZOCALO	20,786.06								7,275	19,393	3,118
02.06.00	PINTURA	60,217.16									48,174	12,043
02.07.00	CARPINTERIA DE MADERA	17,198.00								6,879	6,879	3,440
02.10.00	BISAGRAS	2,052.00								821	821	410
02.11.00	CERRADURAS	4,445.00								1,778	1,778	889
02.08.00	CARPINTERIA METALICA	29,014.68								11,686	11,686	5,803
02.09.00	VENTANA DE ALUMINIO	23,871.80									19,097	4,774
02.12.00	OTROS (Muro Cortina)	80,817.20									32,327	48,490
02.13.00	VARIOS (Limpieza y resanes)	11,000.00			550	1,320	1,320	1,320	1,320	1,320	2,750	1,100

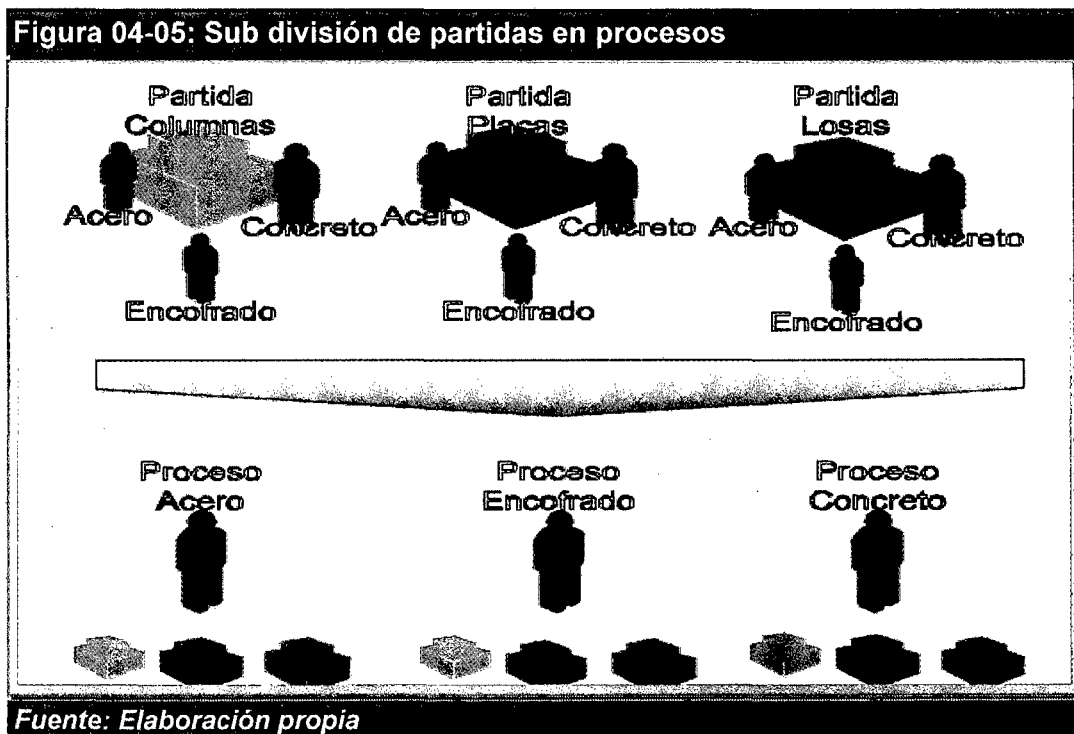
Fuente: Elaboración propia

El cliente paga por el producto convertido que generalmente lo llamamos con el nombre de partida, pero la partida no contempla las actividades de flujo que están considerados en los procesos.

Entonces definimos a la partida cómo la unión de un conjunto de trabajos diferentes que forman un producto determinado. Dos o tres partidas diferentes pueden contener en su interior un grupo de trabajos similares, estos trabajos similares son llamados procesos, debido que estos últimos están formados por procedimientos que a su vez están compuestos de actividades de flujo y conversión, los que podemos medir y contabilizar.

Cada partida está sub dividida en procesos, siendo estos últimos los que definen las secuencias de trabajo, por esta razón tenemos que agrupar las partidas en procesos y de esa manera realizar un programa de recursos.

Observamos en la Figura 04-05 un conjunto de partidas divididas en procesos que tienen similares formas de trabajo como es el acero, encofrado y concreto, por esa razón es conveniente realizar la programación considerando los procesos debido a que estos tienen actividades de flujo y conversión muy similares.



Cada proceso tiene que estar representado por su unidad, cantidad, costo unitario y costo parcial. El costo total de las partidas es igual al costo total de los procesos involucrados.

En la Figura 04-06 realizamos la planificación de la cantidad de los procesos en base a la planificación por partidas realizada anteriormente, con el objetivo de proyectar la cantidad de trabajo que tenemos que ejecutar en el transcurso del tiempo.

Figura 04-06: Cantidad agrupada en procesos

METRADO DE LOS PROCESOS DISTRIBUIDOS POR CADA MES

PROCESO	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
01.00 OBRAS PROVISIONALES	GLB	1.00	28,000.00	28,000.00	0.40									
02.00 TRAZO Y REPLANTEO	M2	4,219.00	10.00	42,190.00	4,219.00									
03.00 CORTE DE TERRENO	M3	4,299.97	5.57	24,507.63	879.99	1,759.99	1,759.99							
04.00 ELIMINACIÓN MATERIAL EXCE	M3	6,100.25	14.25	86,928.56	1,220.05	2,440.10	2,440.10							
05.00 EXCAVACIÓN, RELLENO Y COM	M3	852.96	26.44	22,556.13	129.90	259.80	266.97	27.11	27.11	27.11	27.11	27.11	56.48	22.59
06.00 CONCRETO	M3	1,498.03	288.16	431,676.23	112.99	112.99	182.98	223.23	216.05	208.86	208.86	163.48		
07.00 ANCLAJE MURO PANTALLA	M2	943.00	236.00	222,548.00	282.90	660.10								
08.00 ENCOFRADO	M2	9,638.95	35.04	337,720.92	676.50	676.50	1,614.73	1,257.85	1,361.54	1,455.24	1,455.24	1,131.35		
09.00 ACERO	KG	97,592.00	3.75	365,970.01	9,576.91	9,576.91	135,806.59	76,080.72	75,218.45	74,356.17	74,356.17	134,545.36		
10.00 LADRILLOS DE TECHO	UND	10,211.00	2.10	21,443.10					1,531.65	3,063.30	3,063.30	2,552.75		
11.00 MURO DE SOGA	M2	1,306.42	39.06	51,028.46					195.24	260.32	325.41	262.00	262.72	0.72
12.00 MURO DE DRYWALL	M2	220.90	59.00	13,033.10					33.14	44.18	55.23	44.18	44.18	
13.00 TARRAJEO Y DERRAMES	M2	9,555.23	21.85	208,770.21						1,433.28	2,866.57	2,866.57	2,388.81	
14.00 PISO PORCELANATO	M2	1,123.42	105.00	117,959.10							168.51	337.03	449.37	168.51
15.00 PISOS Y ZOCALOS DE CERÁMICA	M2	2,208.78	42.02	92,816.31							233.52	695.23	948.71	331.32
16.00 EMPASTADO, LIJADO Y PINTUR	M2	10,365.24	5.81	60,217.16									8,292.19	2,073.05
17.00 PUERTAS DE MADERA	UND	75.00	315.93	23,695.00									30.00	30.00
18.00 PUERTAS METÁLICAS	M2	129.42	224.19	29,014.68									15.60	15.60
19.00 VENTANA Y PUERTAS DE ALUM	M2	780.86	134.07	104,669.00									181.60	533.89
20.00 APARATOS SANITARIOS	PZA	148.00	431.65	63,884.55										148.00
21.00 SALIDAS DE DESAGUE Y VENTIL	PTO	316.00	149.38	47,205.64			15.60	37.92	37.92	37.92	37.92	37.92	79.00	31.66
22.00 SALIDA DE AGUA FRIA Y CALIEN	PTO	176.00	340.48	59,923.69			8.80	21.12	21.12	21.12	21.12	21.12	44.00	17.60
23.00 SALIDA DE AGUA CONTRA INCEN	PTO	13.00	13,628.14	177,165.79									3.25	3.90
24.00 CONEXIONES ELECTRICAS EXTE	MA	7,093.00	25.32	178,018.00					1,065.65	1,428.20	1,422.70	2,766.40	346.05	
25.00 AIRE ACONDICIONADO	GLB	1.00	157,785.75	157,785.75								0.15	0.30	0.50
25.00 PUNTOS DE INSTALACIONES EL	UND	1,569.00	86.18	135,210.00					76.80	230.40	307.20	307.20	538.80	108.60
26.00 ARTEFACTOS ELECTRICOS	UND	603.00	196.15	118,280.00										603.00

Fuente: Elaboración propia

Al tener las cantidades de cada proceso podemos crear la secuencia de trabajo entre estos y programar los recursos que necesitamos en cada mes.

Para proyectar un programa de recursos tenemos que agrupar estos últimos en los siguientes grupos:

- Mano de obra
- Materiales
- Equipos
- Vehículos
- Supervisión
- Sub Contratos

• Gastos Generales

Cada proceso está compuesto por un grupo de recursos que tienen diferentes requerimientos y dificultades por estar conformados por actividades de flujo y conversión, siendo monitoreadas cuando se desarrollan los trabajos, viéndose con más detalle en la Planificación Intermedia.

De la misma manera en cómo agrupamos las cantidades por procesos, podemos saber el costo tal como se muestra en la Figura 04-07, sirviéndonos de referencia en el transcurso de la obra para hacer el análisis comparativo y determinar su comportamiento económico.

Figura 04-07: Costo de los procesos del Plan Maestro

COSTO DE LOS PROCESOS VALORIZADOS CADA MES

PROCESO	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	
01.00 OBRAS PROVISIONALES	GLB	1.00	28,000.00	28,000.00	17,000.00		550.00	1,320.00	1,320.00	1,320.00	1,320.00	2,750.00	1,100.00		
02.00 TRAZO Y REPLANTEO	M2	4,219.00	10.00	42,190.00	42,190.00										
03.00 CORTE DE TERRENO	M3	4,399.97	5.57	24,507.83	4,901.57	9,503.13	9,803.13								
04.00 ELIMINACIÓN MATERIAL EXC	M3	6,100.25	14.25	86,926.56	17,365.71	34,771.42	34,771.42								
05.00 EXCAVACIÓN, RELLENO Y CO	M3	852.96	26.44	22,556.13	3,542.26	7,084.51	7,326.75	581.38	581.38	581.38	581.38	581.38	1,211.21	434.43	
06.00 CONCRETO	M3	1,498.03	286.16	431,676.23	34,201.43	34,201.43	60,233.93	66,659.92	64,199.38	61,738.84	61,738.84	48,792.47			
07.00 ANCLAJE MURO PANTALLA	M2	943.00	236.00	222,548.00	66,764.40	155,783.60									
08.00 ENCOFRADO	M2	9,638.95	35.04	337,720.92	27,060.10	27,060.10	32,772.03	49,952.02	51,932.20	52,912.38	53,912.38	41,119.71			
09.00 ACERO	KG	97,592.00	3.75	365,970.01	35,913.42	35,913.42	43,797.26	57,798.73	54,565.40	51,331.67	51,331.67	35,316.14			
10.00 LADRILLOS DE TECHO	UND	10,211.00	2.10	21,443.10					3,216.47	6,432.93	6,432.93	5,366.78			
11.00 MURO DE SOGA	M2	1,305.42	39.06	51,026.46					7,614.48	10,152.64	12,690.80	10,245.48	10,285.28	39.72	
12.00 MURO DE DRYWALL	M2	220.90	59.00	13,033.10					1,954.97	2,606.62	3,258.28	2,606.62	2,606.62		
13.00 TARRAJEO Y DERRAMES	M2	9,555.23	21.85	208,770.21						31,315.33	62,631.06	62,631.06	52,192.55		
14.00 PISO PORCELANATO	M2	1,123.42	105.00	117,959.10							17,693.87	35,387.73	47,183.94	17,693.87	
15.00 PISOS Y ZOCALOS DE CERÁMI	M2	2,208.78	42.02	92,816.31							8,715.36	29,580.59	40,597.92	13,922.45	
16.00 EMPASTADO, LIJADO Y PINTL	M2	10,365.24	5.81	60,217.16									48,173.73	12,043.43	
17.00 PUERTAS DE MADERA	UND	75.00	315.93	23,695.00									9,478.00	4,739.00	
18.00 PUERTAS METÁLICAS	M2	129.42	224.19	29,014.68									11,605.87	11,605.87	
19.00 VENTANA Y PUERTAS DE ALU	M2	780.86	134.07	104,689.00									22,226.88	57,587.76	
20.00 APARATOS SANITARIOS	PZA	148.00	431.65	63,884.55										63,884.55	
21.00 SAUDAS DE DESAGUE Y VENT	PTO	316.00	149.38	47,205.64			2,360.28	5,664.68	5,664.68	5,664.68	5,664.68	11,801.41	4,720.56		
22.00 SALIDA DE AGUA FRIA Y CALI	PTO	176.00	340.48	59,923.69			2,996.18	7,190.84	7,190.84	7,190.84	7,190.84	14,980.92	5,992.37		
23.00 SALIDA DE AGUA CONTRAINO	PTO	13.00	13,628.14	177,165.79											
24.00 CONEXIONES ELECTRICAS EX	M	7,031.00	25.32	178,018.00							25,699.55	34,941.55	34,691.40	63,535.90	
25.00 AIRE ACONDICIONADO	GLB	1.00	157,785.75	157,785.75											
25.00 PUNTOS DE INSTALACIONES	UND	1,569.00	86.18	135,210.00											
25.00 ARTEFACTOS ELECTRICOS	UND	603.00	196.15	118,289.00											
25.00 SAUDAS DE GAS	PTO	30.00	1,437.98	43,139.40											
27.00 EQUIPOS DE EMERGENCIA	UND	165.00	642.91	106,080.00											
28.00 GASTOS GENERALES	MES	10.00	46,700.00	467,000.00	56,362.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	97,727.27	
					3,838,456.62	305,322.52	947,481.25	237,475.13	232,031.21	245,608.72	323,798.10	465,512.68	606,487.58	751,623.94	328,113.26

Fuente: Elaboración propia

Debido a la similitud de los procesos, en distintos proyectos de construcción se desarrolló una nomenclatura con el objetivo de poderlos identificar para ser aplicadas en la planificación ya que nos sirve como referencia.

La nomenclatura de los procesos tiene su origen en la Codificación Única por Proceso CUP graficada en la Figura 04-08, siendo creado por la empresa JLV Consultores con el objetivo de estandarizar los trabajos ejecutados en obras civiles tal como mostramos a continuación:

Figura 04-08: Resumen de la Codificación Única por Procesos (CUP)

DISCIPLINA		PROCESO		DISCIPLINA		PROCESO	
COD	Descripción	COD	Descripción	COD	Descripción	COD	Descripción
001	Dirección	001.01	Dirección	004	Demolición	004.01	Demolición de Pavimentos de Concreto
		001.02	Oficina Técnica			004.02	Fresado de Pavimento Asfáltico
		001.03	Administración			004.03	Demolición de Estructuras de Concreto
		001.04	SSMA			004.04	Demolición de Mampostería
		001.05	Calidad			004.05	Demolición de Obras de Arquitectura
		001.06	Campamento	005	Preparación de Materiales	005.01	Zarandeo
		001.07	Topografía			005.02	Chancado Base
002	Trazo / Replanteo	002.01	Preliminar con vallas			005.03	Chancado Sub base
		002.02	Edificación			005.04	Chancado para Asfalto
		002.03	Instalación provisional / equipo			005.05	Chancado para Concreto
003	Excavación y Carguío	MASIVA		006	Relleno	MASIVA	
		003.01	M. Material Común			006.01	M. Material Común
		003.02	M. Roca Suelta			006.02	M. Roca
		003.03	M. Roca Volada			006.03	M. para Filtro
		003.04	M. Material Calcarea			006.04	M. Suelo - Cemento
		LOCALIZADA				006.05	M. Prestamo / Afirmado
		003.05	L. Material Común			LOCALIZADA	
		003.06	L. Roca Suelta			006.06	L. Material Común
		003.07	L. Roca Volada			006.07	L. Suelo - Cemento
		003.08	L. Material Calcarea			006.08	L. para Filtro
		003.09	L. Material Prestamo / Afirmado			006.09	M. Prestamo / Afirmado
		003.10	L. Roca Fija			006.10	L. Cama de Arena
		003.11	L. Roca Fragmentada			BAJO AGUA	
		BAJO AGUA				006.10	BAJO AGUA
		003.10	BA. Material Común				BA. Roca
		003.11	BA. Roca Suelta				
		003.12	BA. Roca Volada				

Fuente: JLV Consultores

Cuando tengamos definido la codificación, la cantidad y el costo de cada proceso con respecto al tiempo, pasamos a designar los responsables por proceso y se desarrolla el organigrama del proyecto.

Los responsables de cada proceso son los que administran los recursos y dirigen su transformación, por esta razón su rol es de vital importancia en el proyecto debido que son los que coordinan la interacción entre procesos, tal como se muestra en la Figura 04-09.

Figura 04-09: Responsables de cada proceso

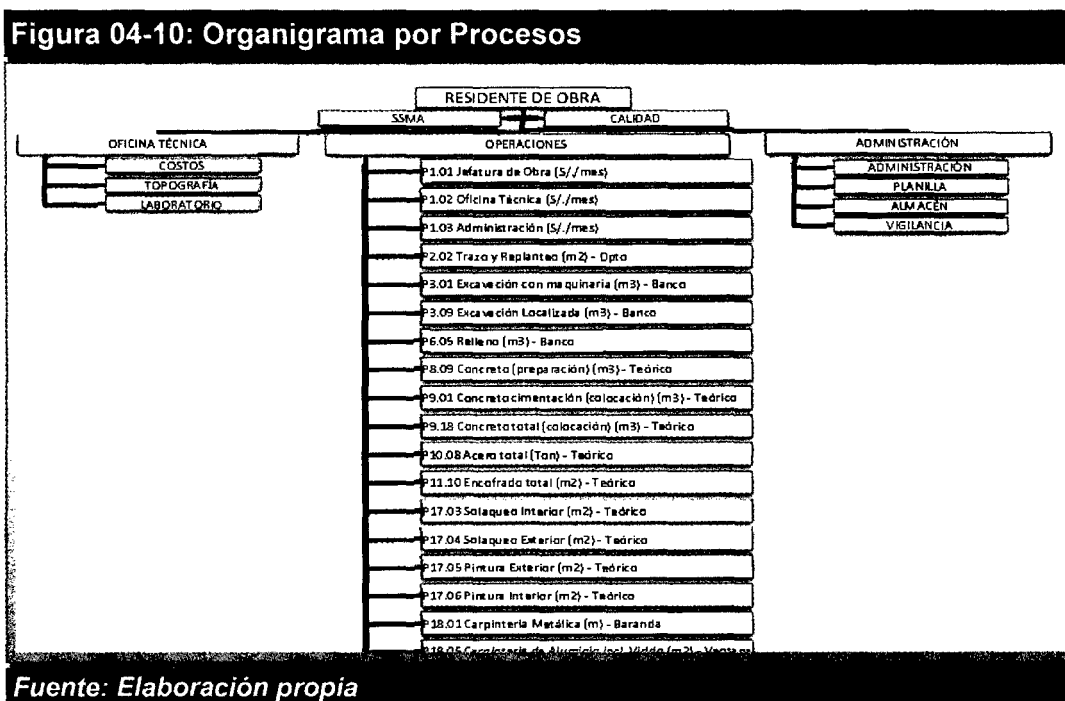
CÓDIGO	PROCESO	RESPONSABLES
P1.01	Jefatura de Obra	Roberto Clavo
P1.02	Oficina Técnica	Silvana Palomino
P1.03	Administración	Jorge Tapia
P2.02	Trazo y Replanteo	Pedro Hau
P3.01	Excavación con maquinaria	S/C - Hernán Pareja
P3.09	Excavación Localizada	S/C - Hernán Pareja
P6.05	Relleno	S/C - Hernán Pareja
P8.09	Concreto (preparación)	Jorge Soto
P9.01	Concreto cimentación (colocación)	Ronald Yopan
P9.18	Concreto total (colocación)	Ronald Yopan
P10.08	Acero total	Dennis Pinedo
P11.10	Encofrado total	Jimmy Ramirez
P17.03	Solaqueo Interior	Hernán Pareja
P17.04	Solaqueo Exterior	Hernán Pareja
P17.05	Pintura Exterior	S/C - Jimmy Ramirez
P17.06	Pintura Interior	S/C - Jimmy Ramirez
P18.01	Carpintería Metálica	S/C - Dennis Pinedo

Fuente: Elaboración propia

Cuando los responsables se encuentran designados por procesos pasamos al desarrollo del organigrama, colocando todos los procesos en un mismo nivel de jerarquía, paralelos a la Oficina Técnica y Administración.

Tenemos que considerar que el responsable de Seguridad y Calidad siempre van de la mano y por encima de todas las entidades porque realizan el control de calidad de las actividades de flujo y conversión.

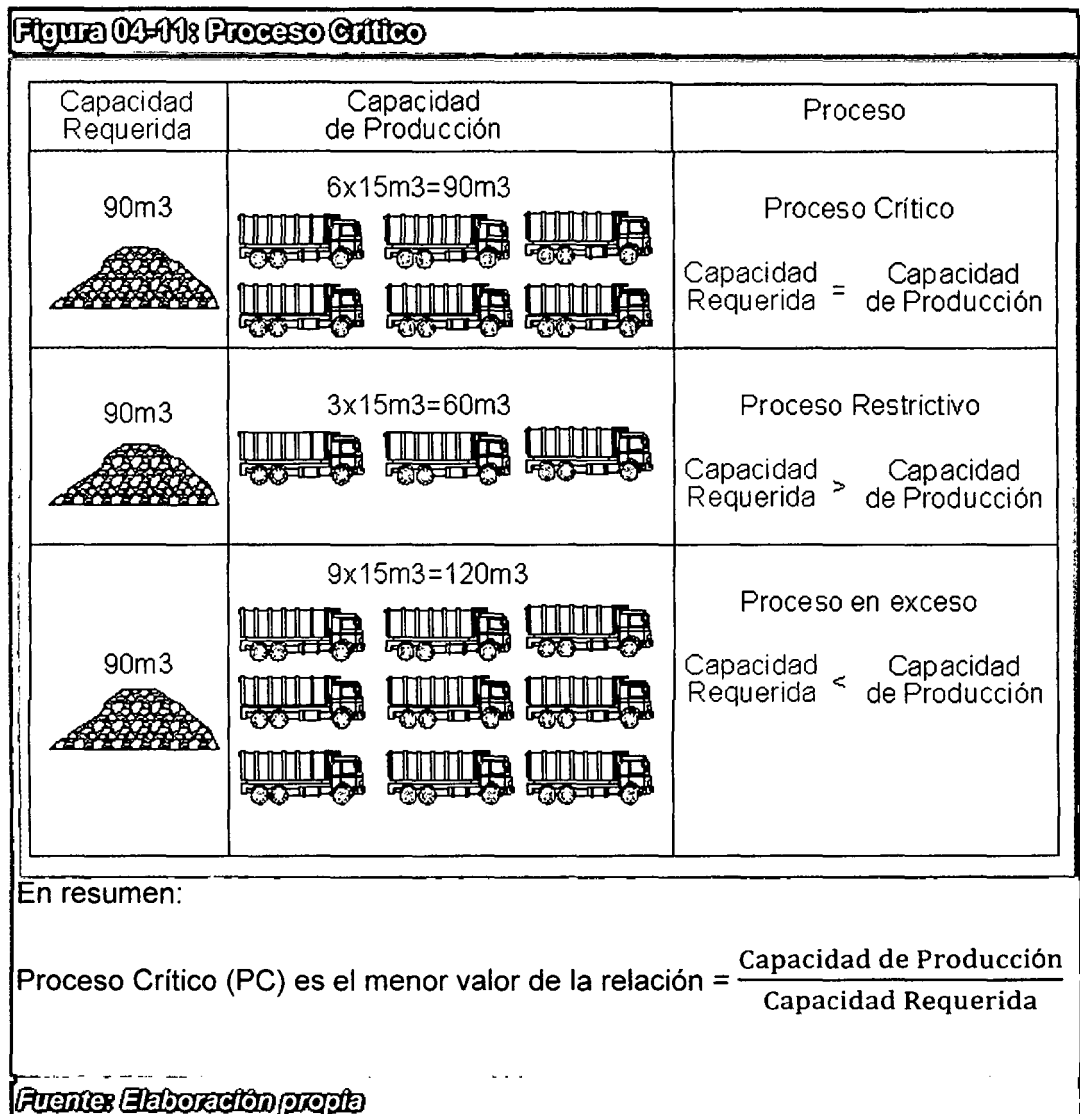
En el organigrama los encargados de seguridad y calidad colaboran directamente con el residente de obra en la interacción de los procesos tal como se observa en la Figura 04-10.



4.3 DESARROLLO DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

El encargado de la planificación toma el proceso más crítico del Plan Maestro e identifica la secuencia de trabajo de manera gráfica para establecer la sucesión de los procesos e identificar el flujo del trabajo. El proceso más crítico se identifica como el que tiene menos eficiencia o recursos limitados, sirviendo de guía en la planificación.

El proceso crítico se identifica como la capacidad de producción entre la capacidad requerida, tal como se muestra en la Figura 04-11.



El Plan maestro define lo que se tiene que hacer y la Planificación Intermedia define lo que podemos hacer teniendo en cuenta los recursos disponibles.

En la figura 04-12 tomamos como ejemplo un proyecto de construcción de 16 Bungalows de playa el cual tiene dos (02) Bungalows en cada Módulo, ubicados respectivamente en el primer y segundo piso del Módulo.

Todos los Módulos son de concreto armado y entre cada dos Módulos hay una escalera de concreto que sirve de acceso para los Bungalows del segundo piso.

Se desarrolla la planificación intermedia, tomando como proceso crítico el vaciado de concreto debido a que los demás procesos dependen de éste último para que puedan desarrollarse.

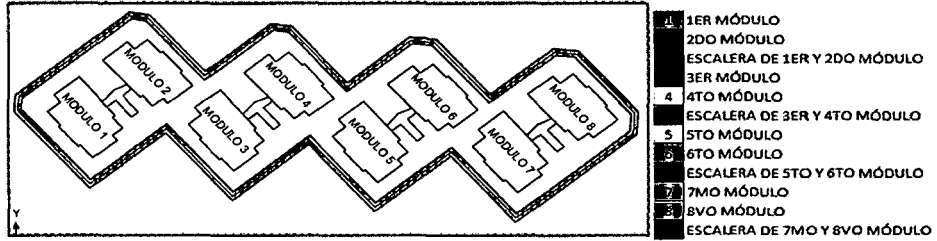
Ubicamos los Módulos en el plano para identificar su ubicación y poder decidir por donde se iniciará los trabajos. Es conveniente que el almacén se encuentre en un punto equidistante con el objetivo de tener acceso rápido a los recursos y reducir el flujo por transporte.

Cada módulo está dividido en elementos estructurales que son identificados en forma de secuencia, calculándose el metrado y tiempo de conversión del proceso que en este caso es del concreto.

Esta programación servirá para que los encargados de los demás procesos puedan prever los trabajos evitando interferencias por la demora en la finalización de alguno de los procesos que dependen de la ruta crítica.

Figura 04-12: Planificación del Vaciado de Concreto

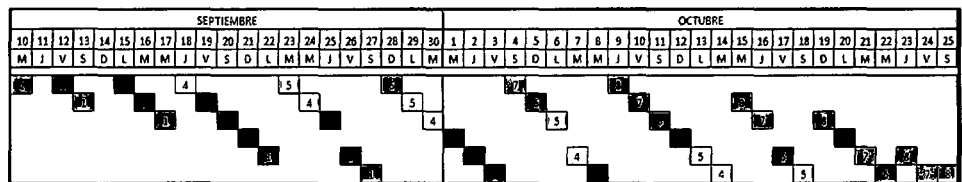
1) Ubicamos y numeramos secuencialmente los módulos a construir.



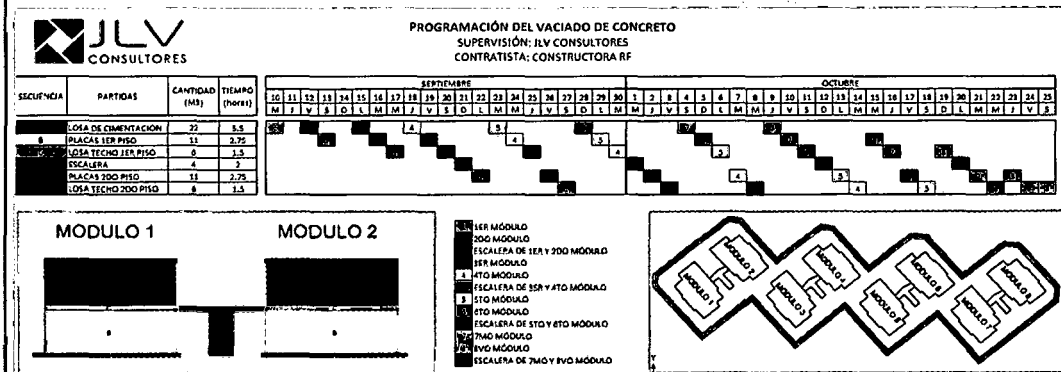
2) Dividimos cada módulo por elementos estructurales, calculando el metrado y eficiencia de la partida más crítica de cada elemento estructural que en nuestro caso es el concreto.

SECUENCIA	PARTIDAS	CANTIDAD (M3)	TIEMPO (horas)
B	LOSA DE CIMENTACIÓN	22	5.5
	PLACAS 1ER PISO	11	2.75
	LOSA TECHO 1ER PISO	6	1.5
	ESCALERA	4	2
	PLACAS 2DO PISO	11	2.75
	LOSA TECHO 2DO PISO	6	1.5

3) Proyectamos una secuencia de trabajo del proceso más crítico y los demás procesos como el acero, encofrado, instalaciones eléctricas y sanitarias tienen que acomodarse a la secuencia de este.



4) Finalmente juntamos todos los elementos de la planificación intermedia en un solo formato para realizar el seguimiento, con lo cual definimos qué es lo que podemos hacer.



Fuente: Elaboración propia

Después de precisar las secuencias de trabajo definimos al detalle los procedimientos de cada proceso, con la finalidad de comprender el flujo y conversión de estos últimos. En el siguiente ejemplo colocamos la nomenclatura de P11-03 al Proceso de Encontrado de Pavimento y a los procedimientos la nomenclatura P011-03A, P011-03B, etc.

Tabla 04-01: P011-03 PROCESO DE ENCOFRADO PARA EL PAVIMENTO	
<p>P011-03A El topógrafo traza la geometría en la base.</p>	<p>P011-03B Colocamos las tablas de 1¼"x10'x0.2m en el trazo dejado por los topógrafos y las unimos con clavos de 3"</p>
	
<p>P011-03C Fijamos a la base el soporte de 1¾"x2¾"x18' con varillas de acero cada 0.8m, amarrándolas con alambre de 1/32".</p>	<p>P011-03D Fijamos dos listones de 2"x2"x0.6m al soporte de 1¾"x2¾"x18' cada 2.5'.</p>
	
<p>P011-03E El topógrafo coloca niveles en las intersecciones de las tablas de 1¼"x10'x0.2m y se tensa un cordel entre los niveles para que sirva de guía en la ubicación de los tablones.</p>	<p>P011-03F Se emparejan los niveles con el borde superior de las tablas de 1¼"x10'x0.2m fijándola con clavos de 3" a los listones de 2"x2"x0.6m.</p>
	

Después de definir los procedimientos pasamos a identificar las actividades de flujo y conversión, con el objetivo de comprender mejor los trabajos y realizar una propuesta de mejora.

Realizamos el seguimiento minucioso del proceso que se describió anteriormente con la finalidad de identificar a la restricción del sistema tal como se menciona en la siguiente tabla:

Tabla 04-02 Identificación de Restricciones	
<p>S1.) Desde las 7:30am hasta las 8:00am se desencofra el pavimento de concreto vaciado el día anterior y al mismo tiempo los topógrafos trazan las líneas por donde se colocará el encofrado.</p>	<p>S2.) Los obreros unen con clavos los bordes del encofrado y realizan los agujeros por donde pasaran aceros de 1/2" para las juntas.</p>
	
<p>S3.) En las siguientes tres horas se coloca el encofrado incrustando estacas de acero de 1/2" en el afirmado.</p>	<p>S4.) Nivelan el encofrado guiándose de los puntos de referencia dejados por el topógrafo.</p>
	

El procedimiento que requiere más esfuerzo por parte de los obreros es la colocación de estacas de acero de 1/2" con 0.6m de longitud utilizadas para fijar

el encofrado, entonces identificamos las causas que restringen y dificultan el procedimiento en la siguiente tabla:

Tabla 04-03: Causas de restricción del procedimiento de encofrado	
<p>A.) Las estacas no tienen punta invirtiéndose el triple de tiempo en incrustarlas 0.4m dentro del afirmado.</p>	<p>B.) Generalmente las estacas son utilizadas en varios encofrados, perdiéndose tiempo en enderezarlas.</p>
	
<p>C.) Cuando los obreros se quedan sin estacas tiene que esperar que les habiliten estacas o cortan varillas de acero nuevo para obtenerlas.</p>	<p>D.) Los obreros tiene mucha dificultad en obtener las estacas de antiguos encofrados debidos que están incrustadas 0.4m en el afirmado.</p>
	
<p>E.) Para los obreros es más difícil incrustar estacas de 1/2" que de 5/8" porque la primera es inestable y puede doblarse por los golpes.</p>	<p>F.) Algunos obreros incrustan las estacas con martillo debido que no hay combas para todos.</p>
	

Las estacas que se colocan en la cara interior del encofrado se pierden embebidas en el concreto, pero las estacas que se encuentran en la cara exterior son recuperadas como se menciona a continuación:

Tabla: 04-04 Recuperación de estacas para el encofrado

Paño de concreto de 100x7m ²			
Ubicación	Cantidad de 0.6m	Costo en soles	Recuperación
Cara Exterior	100	180	Se recupera
Cara Interior	40	72	Se pierde
Para topografía	22	40	Se pierde

Entonces podemos tener un stock de 150 varillas de 5/8" (si son lisas mejor) con punta para las caras exteriores y otro stock variable de varillas de 1/2" con punta, que serán embebidas en el concreto.

En la mañana un par de peones deben habilitar todas las estacas que necesitan los operarios para que estos no pierdan tiempo por falta de estacas o por enderezarlas.

En la tarde debe haber un encargado en sacar punta a las varillas de 1/2" que se utilizarán en el vaciado de concreto del día siguiente.

Todos los obreros tienen que tener a su disposición combas para incrementar su eficiencia en la incrustación de las estacas.

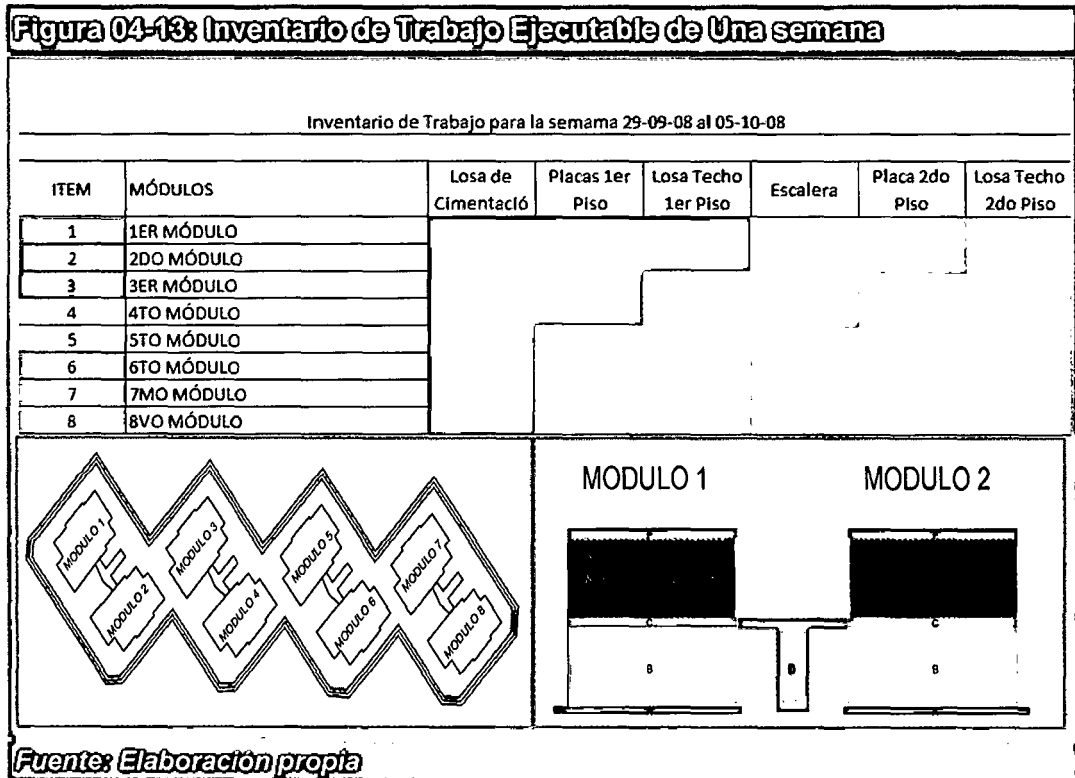
Realizando esta mejora podemos ahorrar una hora de las tres horas que se invierte en la colocación de estacas.

4.4 INVENTARIO DE TRABAJO EJECUTABLE (ITE)

Se genera un programa de Inventario de Trabajo Ejecutable de todas las actividades que no tengan impedimento de ejecución.

Por esa razón tenemos que identificar las tareas que se pueden ejecutar en la semana y que se encuentren libres de restricciones, siendo nuestro principal objetivo aumentar el número de tareas disponibles en la semana para evitar atrasos debido a alguna variabilidad que se produjera en la ejecución de la obra.

Por ejemplo en la figura 04-13 marcamos con azul las tareas ejecutadas hasta la semana que pasó y marcamos con amarillo las tareas que podemos realizar en la semana que viene.



Para desarrollar el Inventario de Trabajo Ejecutable se verifica la disponibilidad de recursos en los sectores de trabajo que forma cada módulo e indicar a las personas responsables de la disponibilidad de recursos. Las personas responsables de los recursos tienen comunicación directa con los responsables de los procesos que a la vez fueron designados en el organigrama desarrollado en el Plan Maestro.

Como mencionamos anteriormente los recursos en todo proceso están agrupados en siete rubros (Mano de obra, materiales, equipos, vehículos, sub-contratos, supervisión y gastos generales). El responsable del proceso desarrolla la proyección de los recursos en el transcurso del tiempo, con esta información el responsable de los recursos genera el ritmo de trabajo y coordina el suministro de recursos anticipadamente.

El responsable del proceso contabiliza la cantidad y el costo total de los recursos con respecto al tiempo, con el objetivo de cuantificar las actividades que podemos realizar en cada semana. En el ejemplo de la Figura 04-14 agrupamos los recursos, designamos responsables, proyectamos la cantidad y el costo de la producción que se puede ejecutar.

Figura 04-14: Recursos por procesos							
Programación de Recursos de la Semana 29/09/2008 al 05/10/2008							
Módulo:		Módulo1					
Sector:		Placas del segundo Piso					
Recurso	Recurso	Unidad	P.U. S/.	Siguiete semana		Responsables	
				del 29/09/2008			
				al : 05/10/2008			
				Cantidad	Costo		
Costo Total		S/.			37,343.70		
		S/./m3			373.44		
Producción		m3		100.00			
1.0 MANO DE OBRA	OFICIAL	HH	11.01	50.00	550.50	Jorge Rodrigues	
	OPERARIO	HH	12.35	600.00	7,410.00	Jorge Rodrigues	
	PEON	HH	9.95	200.00	1,990.00	Jorge Rodrigues	
	Total 1.0 MANO DE OBRA					9,950.50	
2.0 MATERIALES	BARRENO DE 7/8" X 3/8"	UND	400.00	5.00	2,000.00	Jorge Rodrigues	
						-	
Total 2.0 MATERIALES						2,000.00	
3.0 EQUIPOS	ENCOFRADO	SEMANA	1,000.00	1.00	1,000.00	Pedro Paredes	
	MARTILLO NEUMÁTICO	HM	9.24	48.00	443.52	Pedro Paredes	
	VIBRADORA	SEMANA	300.00	1.00	300.00		
						-	
Total 3.0 EQUIPOS						1,743.52	
4.0 VEHÍCULOS						-	
						-	
Total 04 VEHÍCULOS						-	
5.0 SUBCONTRATOS	ACERO	KG	3.00	1,000.00	3,000.00	Antonio Rojas	
	SANITARIO	ML	50.00	20.00	1,000.00	José Quispe	
	ELÉCTRICO	ML	50.00	20.00	1,000.00	Mario Cordova	
	PREMESCLADO	M3	300.00	30.00	9,000.00	Roberto Vera	
						-	
Total 05 SUBCONTRATOS						14,000.00	
6.0 SUPERVISIÓN	ASISTENTE DE GESTIÓN	MES	1,500.00	0.10	150.00		
	GASTOS DE CONTROL	GBL	50,000.00	0.10	5,000.00		
	INGENIERO ASISTENTE	MES	2,500.00	0.10	250.00		
	INGENIEROS DE FRENO	MES	5,000.00	0.10	500.00		
	MAESTROS DE OBRA	MES	2,000.00	0.10	200.00		
					-		
Total 6.0 SUPERVISIÓN						6,100.00	
7.0 GASTOS GENERAL	HERRAMIENTAS	GLB	351,898.05	0.01	3,518.98	Mario Mujica	
	MECÁNICOS	MES	2,000.00	0.01	20.00	Mario Mujica	
	TALLER MECÁNICO	MES	1,000.00	0.01	10.00	Mario Mujica	
	UNIFORMES E IMPLIM	UND	70.00	0.01	0.70	Mario Mujica	

Fuente: Elaboración Propia

4.5 EJECUCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN SEMANAL

En la planificación semanal definimos lo que HAREMOS en base a lo que PODEMOS HACER, estando este último definido en la Planificación Intermedia y en el Inventario de Trabajo Ejecutable.

Se informa a todos los involucrados sobre el día y hora de la semana en que se efectuará la reunión de planificación (Generalmente lunes en la mañana), designándose a los responsables para que presenten sus requerimientos y necesidades para la semana, con el objetivo de incorporar algún recurso que no fue considerado en el Inventario de Trabajo Ejecutable.

Se propone a los involucrados del proyecto una programación ajustada de solo cinco días (de lunes a viernes) y se deja el día sábado como amortiguador de tiempo en la semana para compensar los posibles desfases de la planificación producidos por la variabilidad de los procesos. Este amortiguador de tiempo semanal es sólo para realizar una reprogramación a media semana sin, afectar el amortiguador de tiempo de todo el proyecto, que permita absorber la variabilidad.

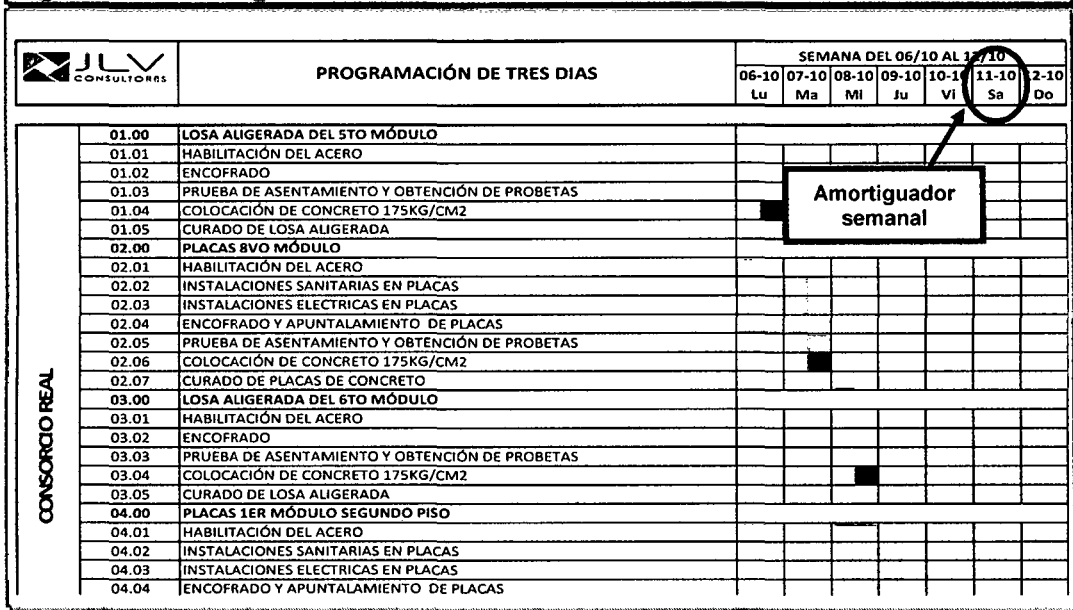
El día miércoles en la tarde se vuelve a reprogramar para actualizar los eventos ocurridos en los tres primeros días y se programa las actividades del día sábado, informándose el jueves en la mañana a todos los involucrados cuáles son las acciones a seguir los tres días siguientes.

Esta reprogramación realizada a mitad de semana fue implementada porque se observó que mientras se va alejando el tiempo de la fecha en que fue desarrollada la programación existen desviaciones que se deben corregir. En sí la reprogramación realizada a mitad de semana sólo es una compensación de las actividades que no se pudieron realizar en los cinco días de la semana (de lunes a viernes).

En la figura 04-15 mostramos la programación semanal al detalle en donde se puede observar que no se programó actividad alguna para el sábado, con el objetivo de ajustar todas las actividades en los cinco días de la semana. En la

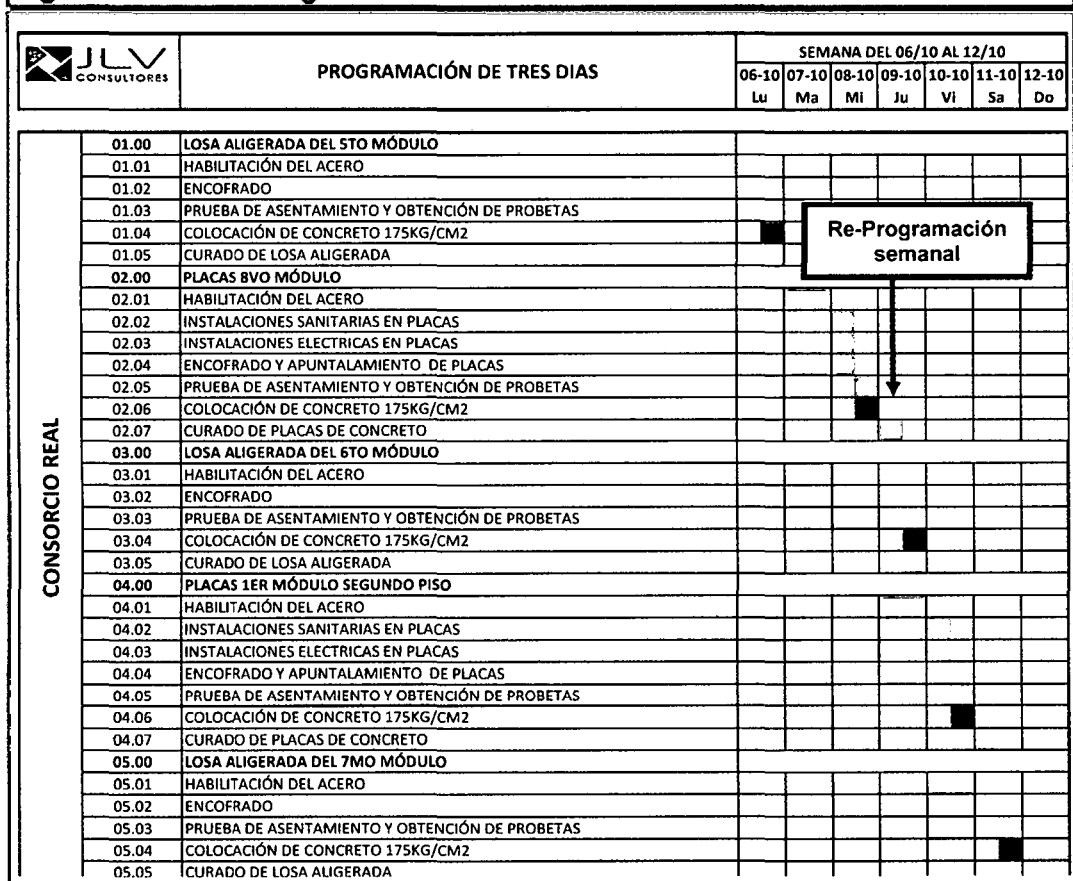
figura 04-16 re-programamos el día miércoles y consideramos actividades para el día sábado.

Figura 04-15: Programación Semanal



Fuente: Elaboración propia

Figura 04-16: Re-Programación Semanal




Fuente: Elaboración propia

Al final de la semana identificamos las tareas cumplidas, incorporándolas a la Planificación Intermediaria sustrayéndolas del Inventario de Trabajo Semanal.

Como podemos observar primero definimos las tareas generales del Plan Maestro para después identificar el proceso más crítico, desarrollando la Planificación Intermedia que identifica los procesos en forma detallada, estos procesos están formados por recursos que se programan en el Inventario de Trabajo Ejecutable. Finalmente se define lo que se ejecutará en la planificación semanal y se compara con los trabajos que finalmente se ejecutaron tal como se muestra en la figura 04-17.

Figura 04-17: Producción Semanal

 TRABAJOS EJECUTADOS EN LA SEMANA		SEMANA DEL 06/10 AL 12/10						
		06-10 Lu	07-10 Ma	08-10 Mi	09-10 Ju	10-10 Vi	11-10 Sa	12-10 Do
CONSORCIO REAL	01.00 LOSA ALIGERADA DEL STO MÓDULO							
	01.01 HABILITACIÓN DEL ACERO							
	01.02 ENCOFRADO							
	01.03 PRUEBA DE ASENTAMIENTO Y OBTENCIÓN DE PROBETAS							
	01.04 COLOCACIÓN DE CONCRETO 175KG/CM2							
	01.05 CURADO DE LOSA ALIGERADA							
	02.00 PLACAS 8VO MÓDULO							
	02.01 HABILITACIÓN DEL ACERO							
	02.02 INSTALACIONES SANITARIAS EN PLACAS							
	02.03 INSTALACIONES ELECTRICAS EN PLACAS							
	02.04 ENCOFRADO Y APUNTALAMIENTO DE PLACAS							
	02.05 PRUEBA DE ASENTAMIENTO Y OBTENCIÓN DE PROBETAS							
	02.06 COLOCACIÓN DE CONCRETO 175KG/CM2							
	02.07 CURADO DE PLACAS DE CONCRETO							
	03.00 LOSA ALIGERADA DEL 6TO MÓDULO							
	03.01 HABILITACIÓN DEL ACERO							
	03.02 ENCOFRADO							
	03.03 PRUEBA DE ASENTAMIENTO Y OBTENCIÓN DE PROBETAS							
	03.04 COLOCACIÓN DE CONCRETO 175KG/CM2							
	03.05 CURADO DE LOSA ALIGERADA							
	04.00 PLACAS 1ER MÓDULO SEGUNDO PISO							
	04.01 HABILITACIÓN DEL ACERO							
	04.02 INSTALACIONES SANITARIAS EN PLACAS							
	04.03 INSTALACIONES ELECTRICAS EN PLACAS							
	04.04 ENCOFRADO Y APUNTALAMIENTO DE PLACAS							
	04.05 PRUEBA DE ASENTAMIENTO Y OBTENCIÓN DE PROBETAS							
	04.06 COLOCACIÓN DE CONCRETO 175KG/CM2							
	04.07 CURADO DE PLACAS DE CONCRETO							
	05.00 LOSA ALIGERADA DEL 7MO MÓDULO							
	05.01 HABILITACIÓN DEL ACERO							
05.02 ENCOFRADO								
05.03 PRUEBA DE ASENTAMIENTO Y OBTENCIÓN DE PROBETAS								
05.04 COLOCACIÓN DE CONCRETO 175KG/CM2								
05.05 CURADO DE LOSA ALIGERADA								

Fuente: Elaboración propia

Al comparar la Planificación Semanal con la Producción Semanal, nos resulta el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), el cual es el resultado de la sumatoria de las actividades involucradas en la Producción Semanal entre la sumatoria de las actividades de la Planificación Semanal.

PAC= (Nº Tareas Ejecutadas en la semana/Nº Tareas planificadas en la semana)

El PAC es binario es decir cada tarea se ejecuta o no se ejecuta.

4.6 REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN SEMANAL

La reunión semanal será dirigida por el encargado de la planificación, quien debe prepararla con anticipación de modo que la duración de la reunión sea la menor posible. Para esto, elaborará cuatro informes para cada asistente de la reunión:

- El formato de Planificación Semanal de la semana anterior(**Figura 04-13**).
- El formato de Producción de la Semana anterior(**Figura 04-15**).
- El formato de Inventario de Trabajos Ejecutables propuesto para esta semana(**Figura 04-11**).
- El formato de la Planificación Semanal propuesto para esta semana(**Figura 04-13**).
- El formato de la Planificación Intermedia modificado(**Figura 04-10**).

Por lo tanto, la reunión debe contemplar en su temario al menos lo siguiente:

- Comparación entre los formatos de Planificación Semanal y la Producción de la semana pasada(**Figura 04-16**).
- Causas de cumplimientos y no cumplimientos de la Planificación Semanal de la semana anterior(**Figura 04-17**).
- Discusión y modificación de las actividades de Inventario Ejecutable de Trabajo y Planificación Semanal propuestos para esta semana.
- Análisis del Impacto de la nueva Planificación Semanal sobre la Planificación Intermedia.

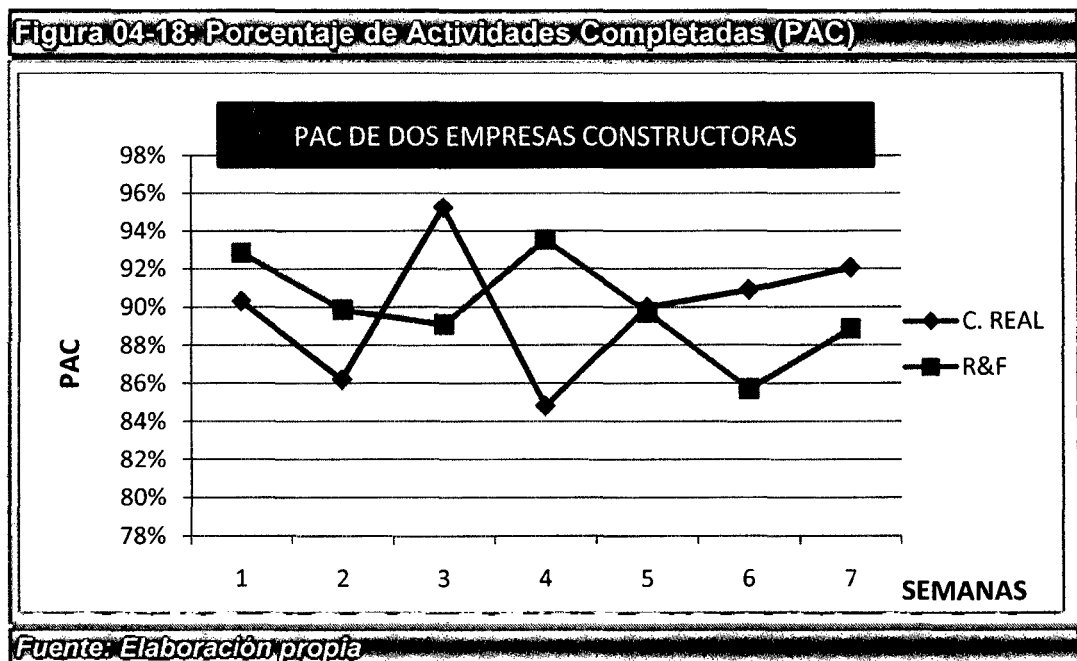
4.7 ANÁLISIS DE DATOS

El objetivo de analizar los datos es saber el estado actual en que se encuentra el proyecto y en base a esta información poder tomar decisiones para mejorar el sistema.

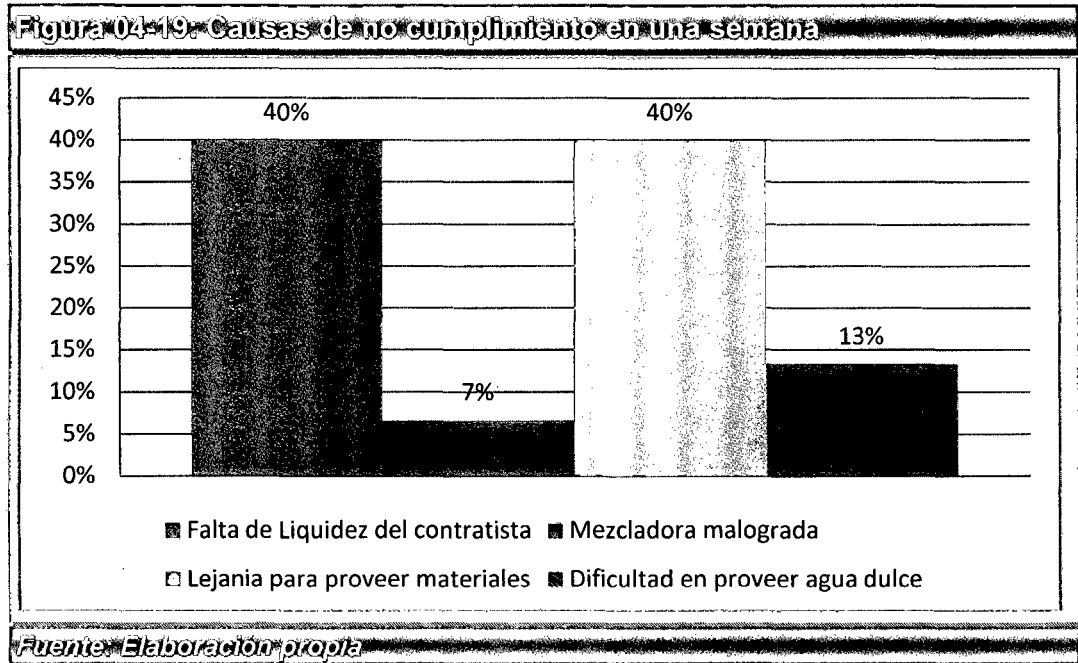
4.7.1 PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS (PAC)

Al comparar la planificación semanal con la producción de la semana podemos calcular el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) con el objetivo de saber cuan eficiente fue nuestra planificación.

En la Figura 04-18 comparamos el PAC de dos empresas (Consortio Real y Constructora R&F) que desarrollaron una obra de iguales características en los mismos intervalos de tiempo donde podemos observar que al inicio la empresa Constructora R&F tenía mayor PAC y los picos que se observan en su diagrama son producidos por la variación de la adquisición de recursos en forma moderada. En cambio la Empresa C. Real comenzó con menor PAC y aceleró la obtención de recursos como se nota en el pico más alto, quedándose sin recursos económicos inmediatamente, teniendo como consecuencia el descenso inmediato del PAC.



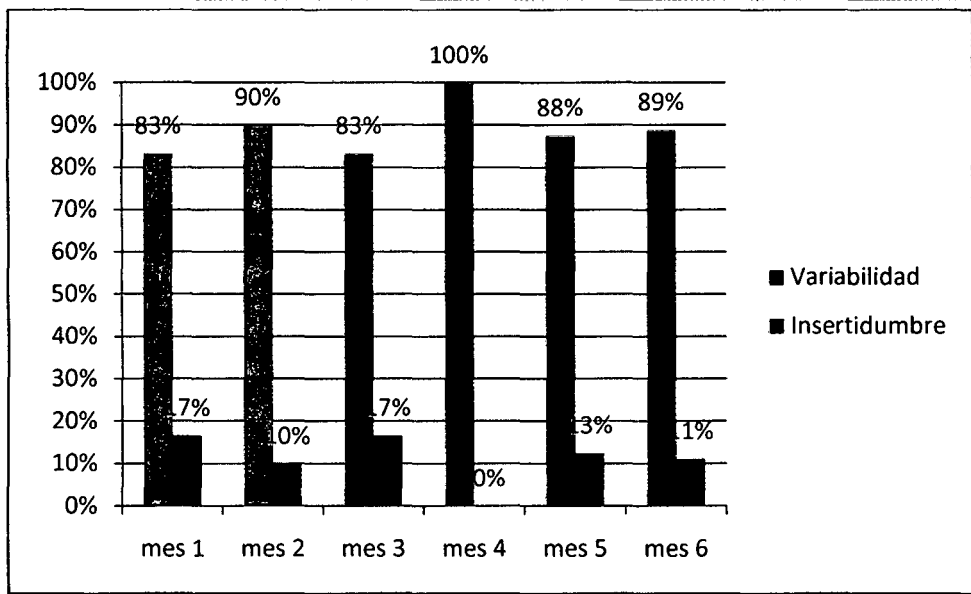
Después del calcular el PAC de la semana, analizamos con los involucrados las causas de no cumplimiento para que sean rectificadas en la siguiente semana.



El PAC puede ser afectado por la Variabilidad o la Incertidumbre, definiéndose al primero como los acontecimientos que dependen de la planificación del proyecto (Rendimientos, mano de obra, insumos, equipos, etc.) y el segundo como los sucesos que no pueden ser previstos en la planificación (Huelgas, catástrofes, variación de precios, acontecimiento climático, etc.)

Según nuestras investigaciones el 85% de las actividades de no cumplimiento tienen su origen en la Variabilidad, por esa razón tienen nuestra principal atención al realizar el análisis.

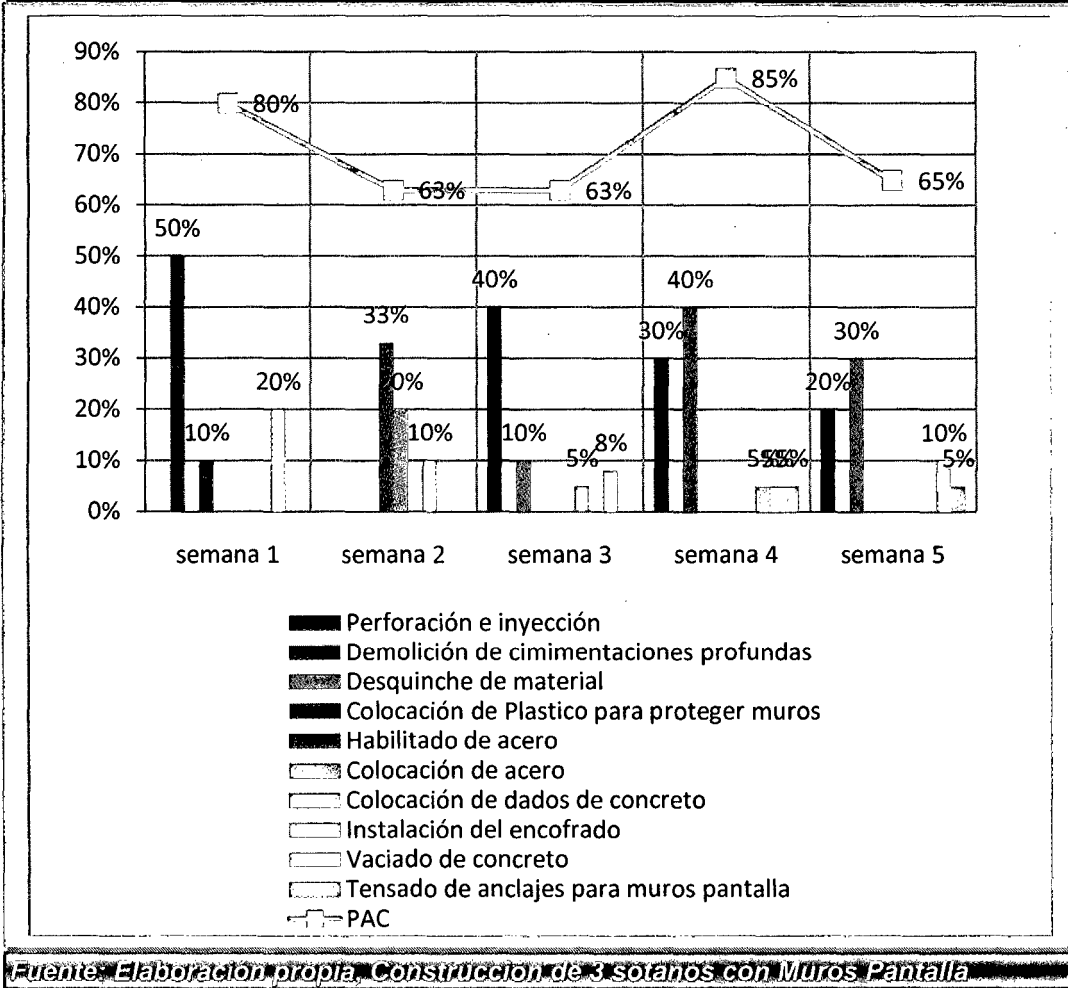
Figura 04-20 Ocurriencia de la Variabilidad y la Incertidumbre en el transcurso del tiempo



Fuente: Elaboración propia, Construcción de Bumgalows de Playa - Asia

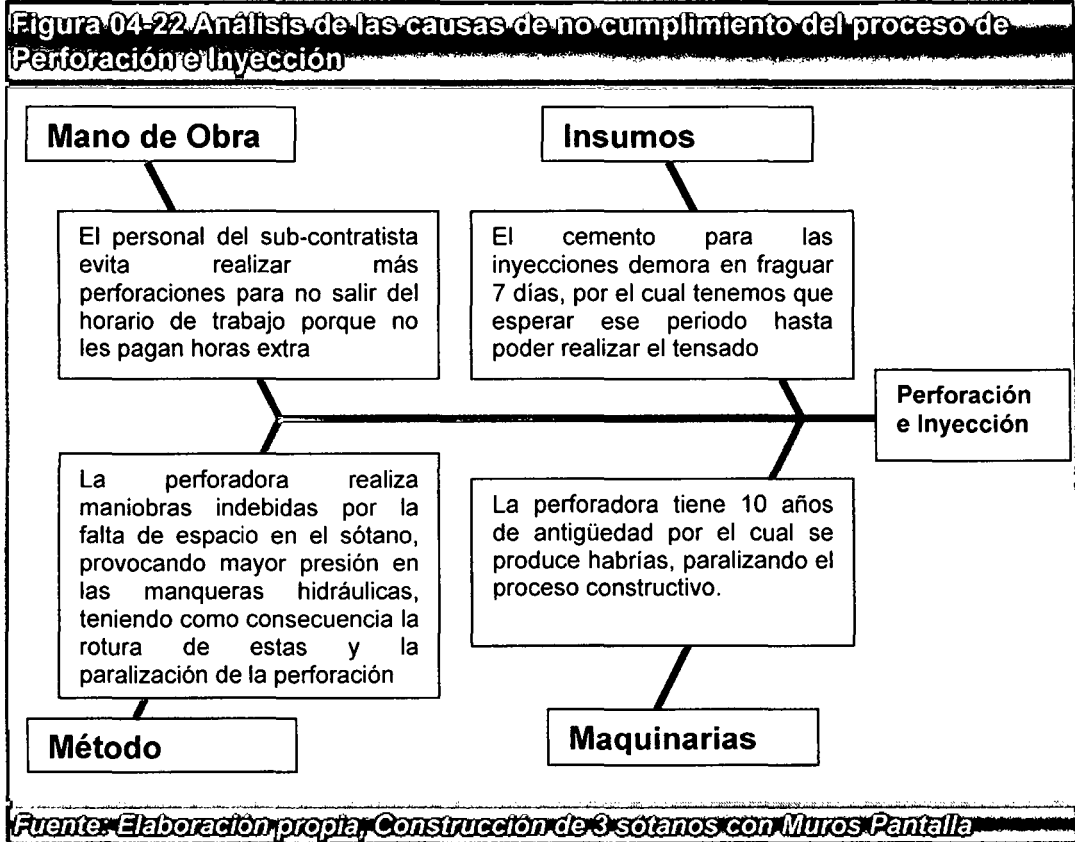
Debido a que el desarrollo del sistema Último Planificador es en base a compromisos confiables de cortos plazos, podemos analizar constantemente las causas de no cumplimiento que tienen su origen en los procesos que involucran un proyecto. En la Figura 04-21 identificamos el porcentaje de causas de no cumplimiento por cada proceso, con el objetivo de analizar el proceso que afecta con mayor intensidad al PAC.

Figura 04-21 Porcentaje de causas de no cumplimiento de cada Proceso que afectan al PAC



Al identificar semanalmente el origen de las causas de no cumplimiento que afectan al PAC podemos tomar acciones inmediatas para evitar su reiteración. Cabe resaltar que en la siguiente semana aparecen otras causas de no cumplimiento que pertenecen a otros procesos, con lo cual queda demostrado que la cadena de producción siempre va a tener restricciones que van pasando de un proceso a otro, tal como se menciona en la teoría de restricciones.

Las causas de no cumplimiento provienen de la transformación de los recursos (Mano de obra, Insumos y Maquinarias) y el método de trabajo que utilizamos para la ejecución de los procesos, por esa razón tenemos que analizar la causas de no cumplimientos del proceso que tienen mayor incidencia en el PAC. En la figura 04-22 analizamos los recursos y el método de trabajo de un proceso con el objetivo de tomar acciones inmediatas





4.7.2 COSTOS POR PROCESO

Calculamos el Costo por Proceso con el objetivo de realizar el seguimiento del estado económico del proyecto en tiempo real, para el cual desarrollamos las siguientes características:

- 1) Medición de la producción obtenida en un periodo
- 2) Medición de los costos que incurre en igual periodo
- 3) Cálculo del costo promedio a lo largo de toda la producción.

En la figura 04-23 observamos que cada proceso está dividido en grupos de recursos (equipos, mano de obra, materiales y sub contratos) para poder identificar cuál es el insumo que más se utiliza en el transcurso del tiempo.

Figura 04-23: Gastos por procesos y recursos

 		GASTO POR PROCESOS Y RECURSOS				
Rótulos de fila	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	Total general	
P04.01.03 CARPETA DE RODADURA EN CONCRETO e=20cm	2,341.99	13,338.29	1,516,174.25	1,531,854.53		
EQUIPOS				4,414.37	4,414.37	
MARTILLO DEMOLEDOR MAKITA				2,622.17	2,622.17	
VIBRADORA DE CONCRETO CABAZA 1/2". 6.5HP				1,792.20	1,792.20	
MANO DE OBRA	313.21	10,881.11	44,115.64	55,309.96	55,309.96	
MATERIALES	2,028.78	2,457.18	1,407,644.24	1,412,130.20	1,412,130.20	
CONCRETO FC=300 KG/CM2			1,404,000.00		1,404,000.00	
POR EL PAGO A LA COMPRA DE TRIPLAY Y MADERAS		1,185.19			1,185.19	
PAGO POR LA COMPRA DE 01 REGLA DE PEINE PARA TEXTURIZADO DE CONCRETO		1,155.18			1,155.18	
COMPRA DE COLADOR ANTISOL				1,149.60	1,149.60	
POR LA COMPRA DE COLADOR ANTISOL				1,149.60	1,149.60	
25 PL TRIPLAY 4"X6"X4 Y 60PZAS MADERA CASHIMBO 2"X 3"X 8	1,047.64				1,047.64	
60PZAS DE MADERA CASHIMBO	981.14				981.14	
POR LA COMPRA DE CLAVOS				558.62	558.62	
PAGO DE DETRACCION - MADERA				436.13	436.13	
PAGO POR LA COMPRA DE REPUESTO DE PEINE TEXTURIZADO				350.29	350.29	
PAGO DE LA DETRACCION			116.81		116.81	
PAGO INICIAL DE PAVIMENTACION EN CONCRETO						
SUB CONTRATO				60,000.00	60,000.00	
SERVICIO DE PAVIMENTADORA				60,000.00	60,000.00	
P04.01.04 JUNTAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS	192,804.66	631.09	33,604.32	227,040.07		
MANO DE OBRA		294.96	3,610.46	3,905.42	3,905.42	
MATERIALES	192,804.66				192,804.66	
1600 LIZO SAE 1045 Y 1600 SERV. DE CORTE		160,549.24			160,549.24	
POR LA COMPRA DE MALLA ELECTROSOLDADOS		32,255.41			32,255.41	
SUB CONTRATO			336.13	29,993.86	30,329.99	
POR EL SERVICIO DE CORTE DE CONCRETO			11,274.90		11,274.90	
POR EL SERVICIO DE CORTES DE CONCRETO			4,557.11		4,557.11	
PAGO POR EL SERVICIO DE CORTE DE CONCRETO			4,381.95		4,381.95	
POR EL SERVICIO DE CORTE DE CONCRETO			3,665.90		3,665.90	
POR EL SERVICIO DE 183 DE SERVICIO DE DOWELD EN MALLAS			3,318.00		3,318.00	
POR LA SOLDADURA DE 284 MALLAS METALIZCAS			852.00		852.00	
PAGO POR EL SERVICIO DE SOLDADURA			795.00		795.00	
POR EL SERVICIO DE SOLDADURA DE DOWELD EN MALLA			582.00		582.00	
POR LA SOLDADURA DE DOWELD EN MALLA			567.00		567.00	

Fuente: *Elaboración propia*

Ahora que monitoreamos el costo de los recursos con respecto al tiempo, tenemos que saber cuál es el costo valorizado por el cliente, con el objetivo de calcular el retorno de la inversión que se realiza en el proyecto.

En la figura 04-24 presentamos el estado actual de un proyecto de construcción con el objetivo de saber cuánto estamos ganando o perdiendo a tiempo real en un proyecto, describiéndose como sigue a continuación:

- En la columna 1 definimos las partidas al principio del proyecto.
- En la columna 2 se encuentra los gastos actualizados de las partidas que son producto de los gastos por procesos y recursos (Figura 04-18).
- En la columna 3 colocamos el presupuesto contractual del proyecto.
- En la columna 4 se muestra la diferencia entre la columna 2 y 3, definiendo el saldo actual que es interpretado como el dinero que nos falta gastar para no pasarnos del presupuesto. Observamos números rojos y en negativo, indicándonos que en esa partida hemos gastado más de lo que vamos a ganar. Estas cifras negativas pueden prevenir de una

posible pérdida de recursos cuando proyectamos el gasto mensual y detectar en un cierto tiempo que se va a perder dinero en una partida específica.

- La columna 5 muestra el dinero valorizado por el cliente hasta la fecha, siendo de vital importancia para saber cuál será el flujo de caja de la obra.
- En la columna 6 se muestra la diferencia entre la columna 5 y 2, indicándonos cuánto dinero hemos invertido por partida. Las cifras negativas muestran que hasta la fecha en la partida se ha invertido más de lo que nos han pagado, y generalmente es reflejado en las partidas en las cuales se compran insumos por adelantado para aminorar el costo por compras en grandes lotes.
- En la columna 7 se indica lo que se tiene que pagar al constructor por los adicionales generados por los mayores metrados.
- En la columna 8 se muestra la producción ejecutada hasta la fecha y en la columna 9 la producción total.

Con estos datos nos damos cuenta de cuál es la partida que nos puede generar pérdidas y en base a esa información tomamos la decisión de realizar procesos de ajuste y de mejora continua.

Basándonos en el criterio que cualquier mejora en el sistema tiene que reflejarse en términos económicos, realizaremos nuestra programación basándonos en esta información, con el objetivo que las mejoras que se realizan tengan impacto económico positivo en el proyecto.

Figura 04-24: Estado Actual del Proyecto

GASTO ACTUAL		PRESUPUESTO CONTRACTUAL		SALDO ACTUAL	VALORIZADO A LA FECHA	SALDO A LA FECHA	ADSCRIBIONES POR PAGAR	UND	METRADO ACTUAL	METRADO CONTRACTUAL
Suma de MONTO										
P00.00.00 GANANCIAS	156,000.00	570,195.55	414,195.55	356,062.90	200,062.90			GLB	0.67	1.00
P00.00.00 IGV	64,841.00	1,352,264.36	1,287,423.36	844,431.65	778,590.65			GLB	0.67	1.00
P00.01.00 ADMINISTRACIÓN	85,782.97	367,519.80	281,736.83	273,022.71	187,239.74			GLB	0.67	1.00
P00.02.00 OFICINA TÉCNICA	179,134.37	403,060.00	223,925.63	216,999.60	37,865.23			GLB	0.67	1.00
P00.03.00 SEGURIDAD EN OBRA	35,585.00	74,450.00	38,865.00	37,662.90	2,077.90			GLB	0.67	1.00
P01.01.00 INSTALACIONES PROVISIONALES	19,535.60	14,889.66	-4,845.94	8,813.80	-10,721.80			GLB	0.60	1.00
P01.02.00 MOVIMIENTO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	4,785.26	20,835.21	16,049.94	10,417.60	5,632.34			GLB	0.50	1.00
P01.03.00 LIMPIEZA DE TERRENO	0.00	6,690.29	6,690.29	6,690.29	6,690.29			M2	27,921.46	27,921.46
P01.04.00 TRAZO Y REPLANTEO	36,401.03	6,458.45	-29,942.57	3,229.23	-33,171.80			KM	1.82	3.64
P01.05.00 MANTENIMIENTO DE TRANSITO	71,675.17	140,675.58	69,000.41	84,405.35	12,730.18			MES	3.00	5.00
P01.06.00 IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE DESARROLLO	58,732.37	72,473.98	13,741.61	43,484.39	-15,247.98			UND	0.60	1.00
P01.07.00 CARTEL DE OBRA	4,176.47	3,182.63	-993.84	3,182.63	-993.84			UND	2.00	2.00
P01.08.00 DESMONTAJE DE GUARDAVIAS	2,609.69	609.51	-2,000.18	609.51	-2,000.18			M	50.00	50.00
P02.01.00 DEMOLICIÓN DE SARDINELES CON CEMENTO	2,287.22	5,182.47	2,895.25	4,418.84	2,131.62			M	593.30	695.83
P02.02.00 DEMOLICIÓN DE VEREDAS e=4" C/10	0.00	3,388.98	3,388.98	387.14	387.14			M2	29.09	254.65
P02.03.00 DEMOLICIÓN DE OBRAS DE MAMP	3,811.71	14,702.73	10,891.01	10,891.01	7,125.99			M3	348.90	469.60
P03.01.00 CORTE A NIVEL DE SUB RASANTE	15,377.66	80,116.85	64,739.20	62,589.82	47,212.17			M3	8,792.63	11,254.83
P03.02.00 EXCAVACION Y CORTE CON EXCAVADOR	48,494.59	88,139.30	39,644.71	68,093.84	19,599.25	497.59		M3	9,486.01	12,278.50
P03.03.00 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	280,930.52	394,163.44	113,232.92	309,063.95	28,133.43			M3	15,556.07	19,839.37
P03.04.00 RELLENO COMPACTACION CON MATERIAL	41,482.70	106,780.80	65,298.10	65,554.22	24,071.52			M3	4,835.10	7,875.86
P03.05.00 RELLENO CON MATERIAL GRANULAR	9,372.27	7,439.35	-1,932.92	4,384.77	-4,987.50			M3	78.75	133.61
P04.01.01 CONFORMACION, PERFILADO Y CORTADO	38,444.97	78,232.27	39,787.30	46,529.72	8,084.75			M2	17,788.27	29,908.13
P04.01.02 BASE GRANULAR E=0.20M C EQUIV	176,030.56	409,375.74	233,345.18	224,318.94	48,288.38			M2	16,388.27	29,908.13
P04.01.03 CARPETA DE RODADURA EN CONCRETO	1,531,854.53	1,653,628.28	121,773.75	781,002.04	-750,652.49			M3	2,825.10	5,981.63
P04.01.04 JUNTAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS	227,040.07	264,658.80	37,618.73	151,252.19	-75,787.88			M	3,058.09	5,351.00
P04.01.05 SELLADO DE JUNTAS	9,941.57	39,816.41	29,874.84	15,726.98	5,785.41			M	2,793.00	7,071.11
P05.01.00 SARDINELES PERALTADOS DE CONCRETO	31,930.10	128,025.11	96,095.01	70,017.48	38,087.38			M	1,446.60	2,645.07
P05.02.00 SARDINELES SUMERGIDOS DE CONCRETO	0.00	71,343.78	71,343.78	0.00	0.00			M	0.00	3,293.07
P05.03.00 VEREDA DE CONCRETO F'c= 175 KG/CM2	0.00	13,049.99	13,049.99	0.00	0.00			M2	0.00	254.65
P06.01.01 SOLADO PARA ZAPATAS DE 2° MESA	40,677.10	26,651.34	-14,025.76	23,153.75	-17,523.34	327.79		M2	1,279.17	1,472.40
P06.01.02 ACERO PARA ZAPATAS GRADO 60	191,438.67	401,626.86	210,188.19	401,626.86	210,188.19	3,172.11		KG	64,883.71	64,883.71
P06.01.03 CONCRETO F'c= 210 KG/CM2. EN ZAPATAS	260,954.13	314,457.56	53,503.43	288,854.67	27,900.54	1,643.04		M3	1,109.37	1,207.70
P06.02.01 ACERO PARA MUROS GRADO 60	273,182.81	612,505.87	339,323.06	470,384.76	197,201.95	4,582.53		KG	75,991.70	98,951.68
P06.02.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	126,589.44	196,512.81	69,923.37	168,606.29	42,016.84	2,555.83		M2	3,195.46	3,724.35
P06.02.03 CONCRETO F'c= 210 KG/CM2. EN MUROS	228,661.65	229,118.25	456.60	210,199.93	-18,461.72	2,205.03		M3	591.99	645.27
P06.02.04 SOLAQUEADO DE MURO DE CONCRETO	0.00	8,018.25	8,018.25	8,018.25	8,018.25			M2	916.91	916.91
P07.01.01 PINTADO DE LINEAS CONTINUAS	0.00	3,208.12	3,208.12	0.00	0.00			M	0.00	465.70
P07.01.02 PINTADO DE LINEAS DISCONTINUAS	0.00	11,566.32	11,566.32	0.00	0.00			M	0.00	1,679.00
P07.01.03 PINTADO DE SIMBOLOS Y LETRAS	0.00	12,721.76	12,721.76	0.00	0.00			M2	0.00	771.80
P07.01.04 PINTADO DE SARDINELES	0.00	20,860.31	20,860.31	0.00	0.00			M	0.00	3,023.76
P07.02.01 SEÑALES REGULADORAS	0.00	11,781.07	11,781.07	0.00	0.00			UND	0.00	15.00
P07.02.02 SEÑALES PREVENTIVAS	0.00	3,126.64	3,126.64	0.00	0.00			UND	0.00	4.00
P07.02.03 SEÑALES INFORMATIVAS	0.00	7,880.88	7,880.88	0.00	0.00			UND	0.00	8.00
P07.02.04 SEÑALES INFORMATIVAS TIPO BARRA	0.00	7,017.98	7,017.98	0.00	0.00			UND	0.00	2.00
P08.01.00 JUNTA DE CONSTRUCCION CON TUBERIA	0.00	7,891.56	7,891.56	3,021.15	3,021.15			M2	134.65	342.25
P08.02.00 NIVELACION DE BUZONES EN GEN	0.00	8,259.41	8,259.41	1,081.45	1,081.45			UND	8.00	61.00
P08.03.00 DRENAJE (AGUAS SERVIDAS) TUBERIA	0.00	10,584.81	10,584.81	10,547.68	10,547.68			UND	3.00	3.00
P08.04.00 GUARDAVIA (CARP. METALICA+COQUE)	0.00	55,811.57	55,811.57	0.00	0.00			M	0.00	354.17
P08.05.00 ARBOLIZACION	600.00	17,992.46	17,392.46	0.00	-600.00			UND	0.00	188.00
P08.06.00 CONFORMACION DE AREA VERDE	0.00	94,947.98	94,947.98	0.00	0.00			M2	0.00	2,632.95
P08.07.00 TRASLADO DE POSTE ELÉCTRICO	5,436.56	15,974.06	10,537.50	0.00	-5,436.56			UND	0.00	2.00

Fuente: Elaboración propia

4.8 MEJORA CONTINUA

Con los datos procesados podemos identificar cuál es la partida que requiere nuestra mayor atención y de esa manera poder optimizar los procedimientos. Cabe resaltar que en un proyecto hay muchos procesos que se ejecutan a la vez, por esa razón sólo escogemos los más críticos, identificándolos en el análisis del estado actual del proyecto.

A continuación analizaremos algunos procesos críticos con el objetivo de identificar sus procedimientos y poder mejorarlos para que se reflejen en el análisis actual del proyecto.

Se realizará el análisis de los siguientes procesos:

- Análisis del proceso de colocación de afirmado.
- Análisis del proceso de excavación de zanjas.
- Análisis del proceso de encofrado.

Todos los procesos fueron desarrollados es unproyecto de construcción de bungalows el cual fue ejecutado por dos contratistas: Consorcio Real y Constructora R&F.

4.8.1 ANÁLISIS DE PROCESO DE COLOCACIÓN DE AFIRMADO

Objetivo

Planificación e identificación de la secuencia de los procedimientos para la colocación de afirmado, para después analizarla con la ejecución y concluir con una recomendación de Mejora Continua.

Antecedentes

Se adjudicó la construcción de una plataforma de cimentación a dos contratistas (Consorcio Real y Constructora R&F), dividiéndose el trabajo en partes iguales. Los contratistas contrataron un mismo sub-contratista de movimiento de tierras el cual traía afirmado para las dos empresas simultáneamente.

Recursos

Ambas constructoras contrataron al mismo sub-contratista para realizar el movimiento de tierra, disponiendo de los siguientes recursos:



Figura 04-25 – Maquinaria: 1 Rodillo, 1 Camión Cisterna, 1 Motoniveladora, 3 Volquetes y 1 Cargador Frontal.



Figura04-26 – Recurso Humano: 3 operarios de maquinaria pesada, 4 operarios de volquetes, 6 ayudantes.

Proyección de colocación de afirmado

Las plataformas de cimentación son divididas en tres capas (Sub-rasante, primera capa y segunda capa) y según especificaciones técnicas la primera capa tiene que ser mejorada con 1/3 de afirmado. Al final proyectamos el número de camionadas (154 camionadas) que necesitamos para la construcción de toda la plataforma tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 04-05: Proyección de colocación de afirmado y número de camiones.

AFIRMADO TRANSPORTADO PARA CADA PLATAFORMA	AREA DE PLATAFORMA (m ²)	% DE AFIRMADO	ALTURA DE PLATAFORMA (m)	VOLUMEN DE AFIRMADO (M ³)	ESPONJAMIENTO	VOLUMEN REAL DE AFIRMADO (m ³)	# DE CAMIONADAS DE 16M ³
SUB RASANTE	1873.83	33.00%	0.3	185.51	1.2	222.61	14
1RA CAPA	1743.85	100.00%	0.25	435.96	1.2	523.16	33
2DA CAPA	1615.37	100.00%	0.25	403.84	1.2	484.61	30
TOTAL EN UNA PLATAFORMA				1,025.31		1,230.38	77
TOTAL EN LAS DOS PLATAFORMAS				2,050.63		2,460.75	154

Proyección del tiempo de ejecución

Como tenemos 3 camiones proyectamos los días útiles para la construcción de la plataforma de cimentación.

Tabla 04-06: Proyección del tiempo de ejecución

# CAMIONES UTILIZADOS	VUELTAS AL DIA DE CADA CAMION	CAMIONADAS DIARIAS	M3 DE CADA CAMION	PRODUCCIÓN DIARIA TEORICA	CANTIDAD TOTAL DE AFIRMADO	DIAS PROGRAMADOS
3	7	21	16	336	2,460.75	7

Producción Real

Realizamos la medición para saber que tan efectiva fue nuestra programación, dándonos los siguientes resultados:

Tabla: 04-07: Producción real			
FECHAS	CAMIONADAS	AFIRMADO (m ³)	OBSERVACIONES
23/08/2008	16	280.00	SUB-RASANTE
24/08/2008	0	0.00	DOMINGO
25/08/2008	18	312.00	SUB-RASANTE
26/08/2008	21	364.00	SUB-RASANTE
27/08/2008	12	204.00	1RA CAPA
28/08/2008	0	0.00	PRUEBA DE DENSIDAD
29/08/2008	0	0.00	RECTIFICACIONES
30/08/2008	0	0.00	FERIADO
31/08/2008	0	0.00	DOMINGO
01/08/2008	9	156.00	1RA CAPA
02/08/2008	20	352.00	1RA CAPA
03/08/2008	26	452.00	1RA CAPA
04/08/2008	24	416.00	2DA CAPA
05/08/2008	22	384.00	2DA CAPA
06/08/2008	18	312.00	2da CAPA

Total	186	3232.00
-------	------------	----------------

Porcentaje de Actividades Completadas

Como mencionamos anteriormente habíamos programado que los trabajos se desarrollarían en 7 días útiles y al final se desarrolló en 12 días útiles dándonos un PAC del 58%.

Procedimientos de construcción de plataforma

El proceso de construcción de la plataforma se ejecutó de la siguiente manera:

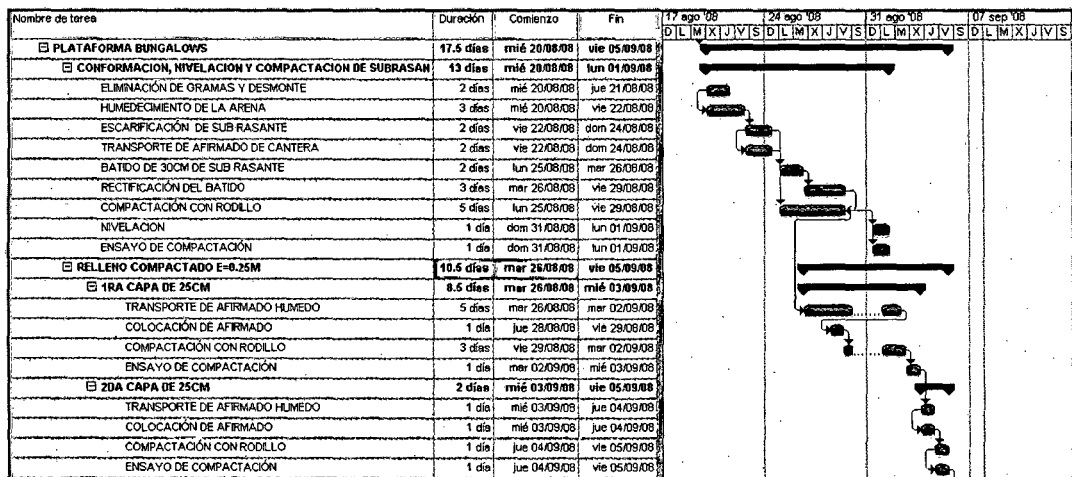


Figura 04-27 –Procedimientos constructivos de la contratista R&F

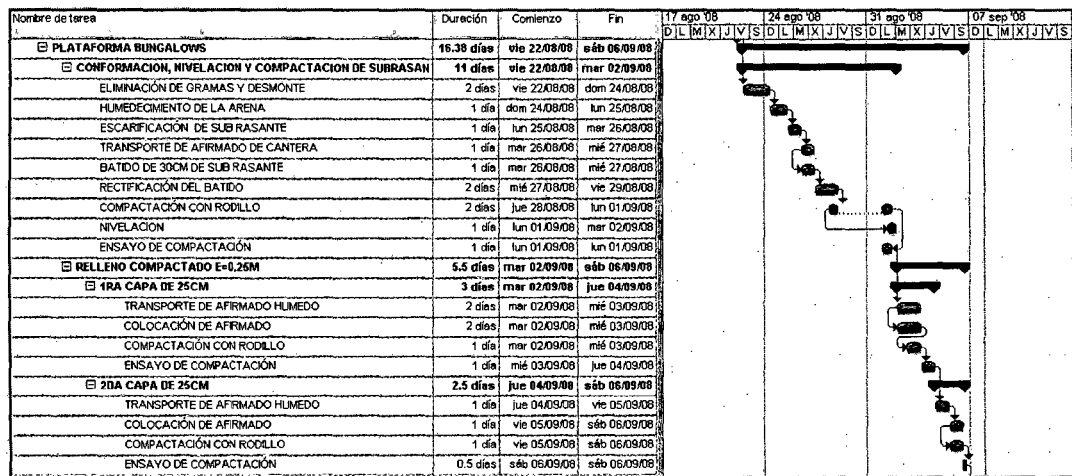


Figura 04-28 –Procedimientos constructivos del contratista CR

Causas de no cumplimiento de la programación

Se colocó 771m3 adicionales de afirmado debido que no se realizó la medición exacta al momento de realizar el mejoramiento de la sub rasante y además se excedió de afirmado en los bordes del talud.

Los contratistas tuvieron una demora de dos días porque no contaban con los resultados de las pruebas de densidad de campo para poder seguir compactando.

Se requirieron tres días para la colocación de la sub-rasante, tres días para la primera y tres días para la segunda capa de la base, lo cual se tiene que tomar en consideración para obras futuras.

4.8.2 ANÁLISIS DEL PROCESO DE EXCAVACIÓN DE ZANJAS

Objetivo:

Planificar e identificar la secuencia de los procedimientos para la excavación de zanjas, para después analizarla con la ejecución y concluir con una recomendación de mejora continua.

Alcance:

Se cuenta con un terreno cuya densidad natural supere el 95% de la máxima densidad seca (Ensayo de Proctor Modificado, ASTM-D-1557).

Programación

Antes de la ejecución de los trabajos realizamos una programación para los dos contratistas (Consortio Real y Constructora R&F) que tienen los mismos recursos humanos pero con diferentes herramientas.

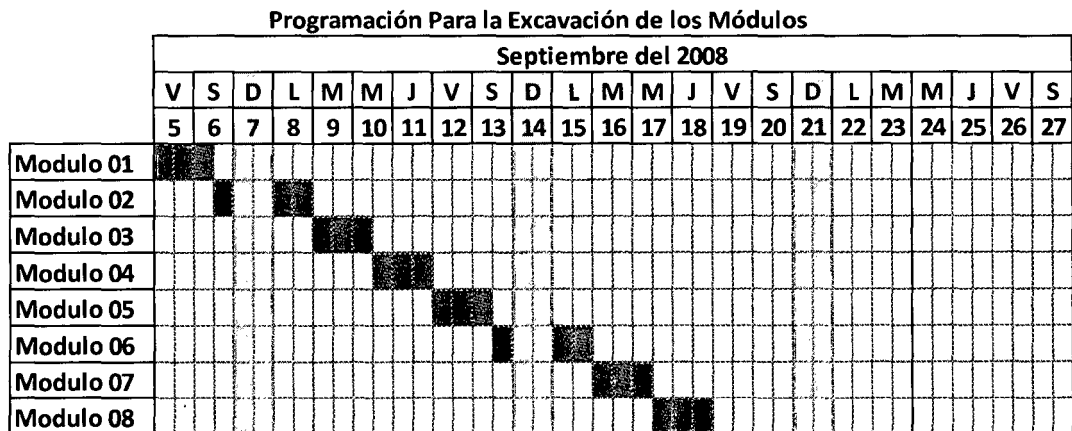


Figura 04-29 Programación para la excavación de los módulos

Procedimiento

Será de aplicación para la realización de los trabajos el plano de estructuras en donde indica las dimensiones del proceso de habilitación de zanjas.

Trazo de zanjas

- El topógrafo traza las zanjas con cordel y marca con tiza.
- Se verifica según el plano de estructuras.

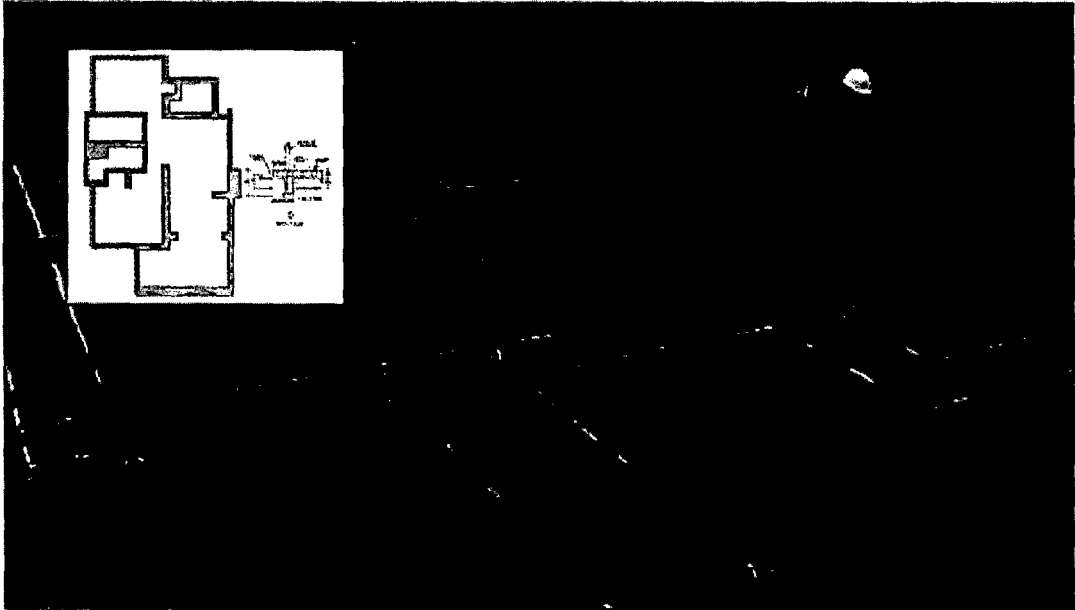


Figura 04-30 – Trazo de zanjas según plano de estructuras

Excavación

- Se perfila las aristas con barreta.
- Prosigue el corte del terreno con pico o martillo eléctrico.



Figura 04-31 – Perfilado con barreta y corte con pico o martillo eléctrico

- Excavación del terreno utilizando lampas que tengan el mismo ancho de la zanja.



Figura 04-32 – Procedimiento de excavación.

Eliminación

- Eliminación de material, colocándolo directamente a la carretilla.



Figura 04-33 – Procedimiento de eliminación.

Recubrimiento con Plástico

- Se tiende el plástico y se fija con clavos de cabeza plástica en todo el contorno de la zanja.
- Se une los bordes del plástico con cinta adhesiva.

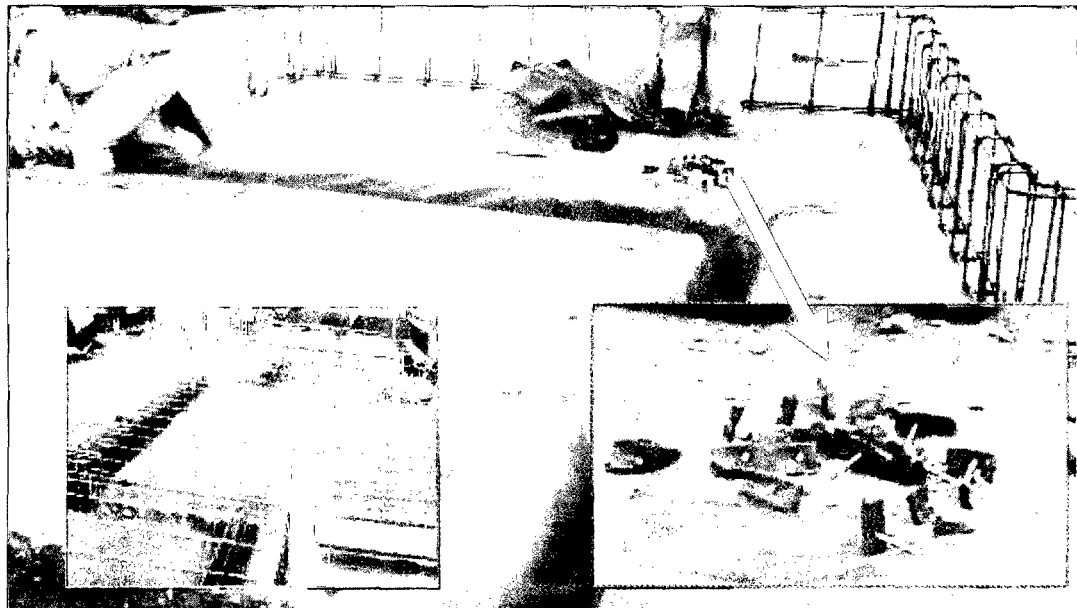


Figura 04-34 – Procedimiento de recubrimiento con plástico.

Calidad

Una vez terminado el procedimiento de excavación se realiza la verificación de las dimensiones de la zanja con una plantilla que simula las medidas que requiere el plano de estructuras.

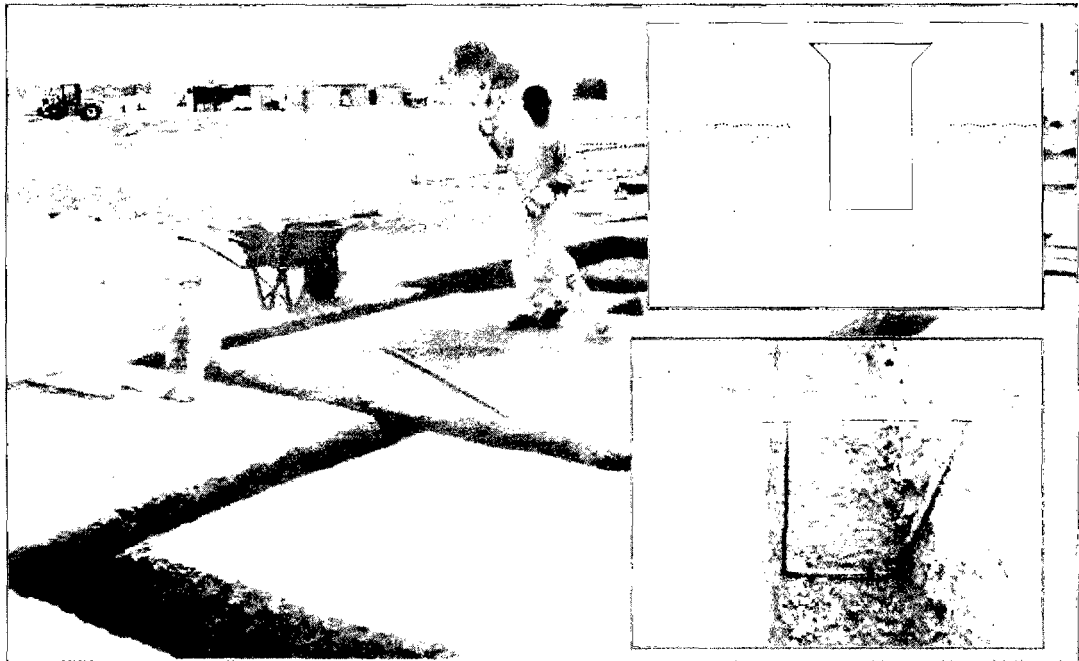


Figura 04-35 – Plantilla para la verificación de las dimensiones de la zanja.

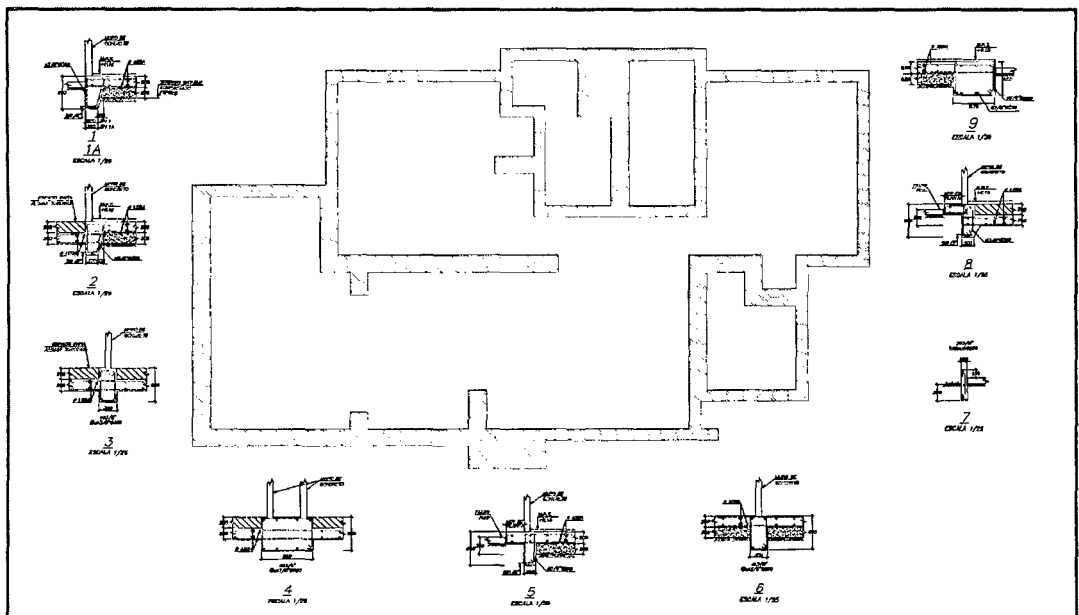


Figura 04-36 – Plano de planta de las excavaciones

Producción Real

Se realizó la medición del tiempo que demoró la excavación de zanjas por los dos contratistas:

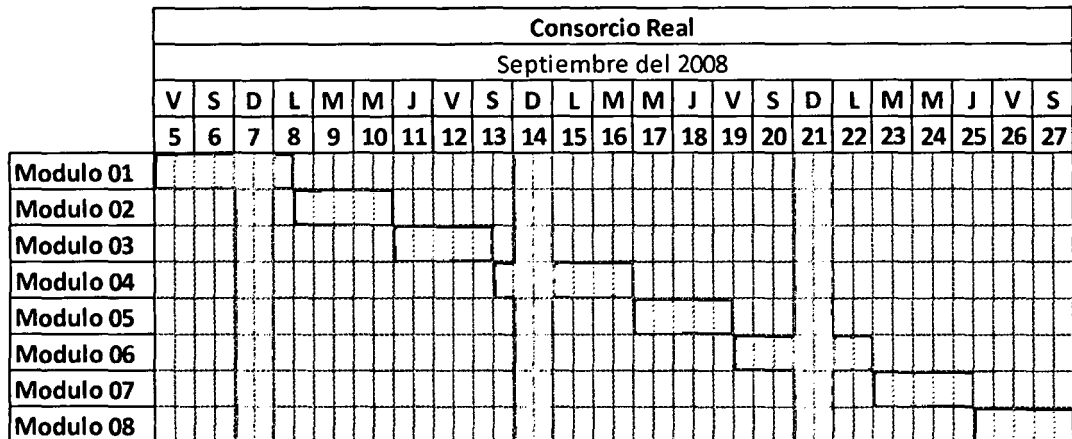


Figura 04-37 Producción del Consorcio Real

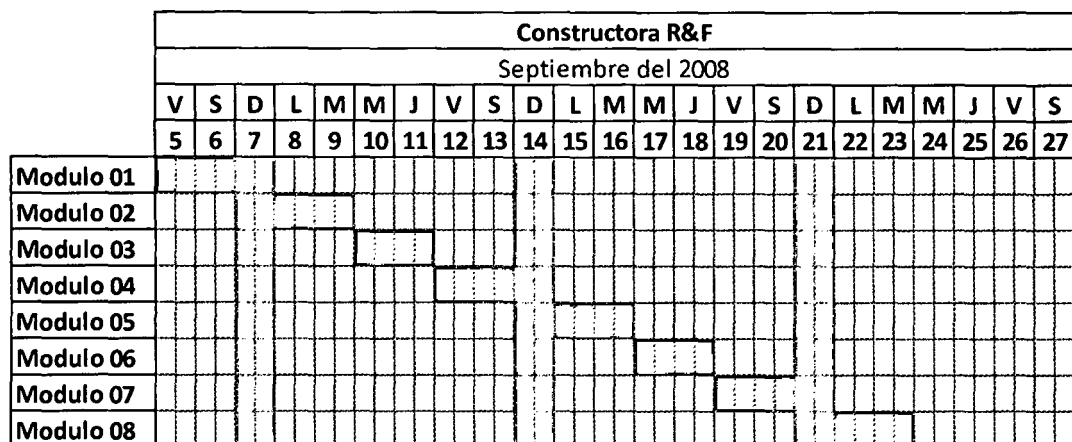


Figura 04-38 Producción de la Constructora R&F

Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

Según el programa de excavación de zanjas se tiene el PAC para las siguientes empresas:

1ra Consorcio Real PAC=60%

2da Constructora R&F PAC=75%

Toma de datos y causas no de cumplimiento

Se toma los datos resaltantes de cada uno de los procedimientos y se realiza un análisis de mejora continua para asegurar la calidad del proceso en global.

Trazo de zanjas

Para realizar las mediciones, se recomienda la utilización de un distanciometro electrónico, con éste instrumento se puede verificar de manera inmediata los trazos realizados en campo, y evitar las sobre-excavaciones por error del trazo.



Excavación

Se observó una diferencia en la dimensión de la zanja de los dos Contratistas, esta diferencia consiste en el aumento del ancho de la zanja que requiere el plano de estructuras.

Para saber cuánto aumentó el ancho de la zanja y proceder al cálculo de la sobre-excavación en m³, se fabricó una plantilla con las mismas dimensiones de la zanja y se realizó la toma de datos en campo.



Figura 04-40 – Se observa una sobre-excavación de 5.5cm de ancho con respecto a la plantilla.



Figura 04-41– Se observa una sobre-excavación de 6.5cm de ancho con respecto a la plantilla.

Al notar estas diferencias, se realizó la medición como se indica en el siguiente cuadro.

Tabla 04-08: Toma de datos de diferencia de zanja del Contratista Consorcio Real

Puntos	DIFERENCIA MEDIDA EN LOS MÓDULO (cm)								Corte según Plano E-01
	01	02	03	04	05	06	07	08	
01	-	-	-	-	-	-	6.5	3.5	Corte 1A
02	-	-	-	-	-	-	5.0	4.5	Corte 1A
03	-	-	-	-	-	-	5.0	4.5	Corte 1A
04	-	-	-	-	-	-	4.0	4.5	Corte 5
05	-	-	-	-	-	-	5.0	5.0	Corte 6
06	-	-	-	-	-	-	2.5	5.0	Corte 6
07	-	-	-	-	-	-	6.5	2.0	Corte 6
08	-	-	-	-	-	-	6.0	2.0	Corte 5
09	-	-	-	-	-	-	4.5	3.5	Corte 5
10	-	-	-	-	-	-	4.5	5.0	Corte 2
11	-	-	-	-	-	-	4.5	5.0	Corte 3
12	-	-	-	-	-	-	4.5	5.0	Corte 4
13	-	-	-	-	-	-	5.0	3.5	Corte 8
14	-	-	-	-	-	-	5.0	3.5	Corte 2
15	-	-	-	-	-	-	5.0	3.5	Corte 5
16	-	-	-	-	-	-	6.0	6.5	Corte 5
17	-	-	-	-	-	-	3.0	6.5	Corte 5
18	-	-	-	-	-	-	3.0	6.5	Corte 6
19	-	-	-	-	-	-	3.0	7.0	Corte 6
20	-	-	-	-	-	-	3.0	3.0	Corte 5
21	-	-	-	-	-	-	3.0	3.5	Corte 1
22	-	-	-	-	-	-	4.5	3.5	Corte 1
23	-	-	-	-	-	-	4.5	2.0	Corte 9
24	-	-	-	-	-	-	4.5	2.0	Corte 5
25	-	-	-	-	-	-	4.5	4.0	Corte 5

Croquis de Puntos de Verificación

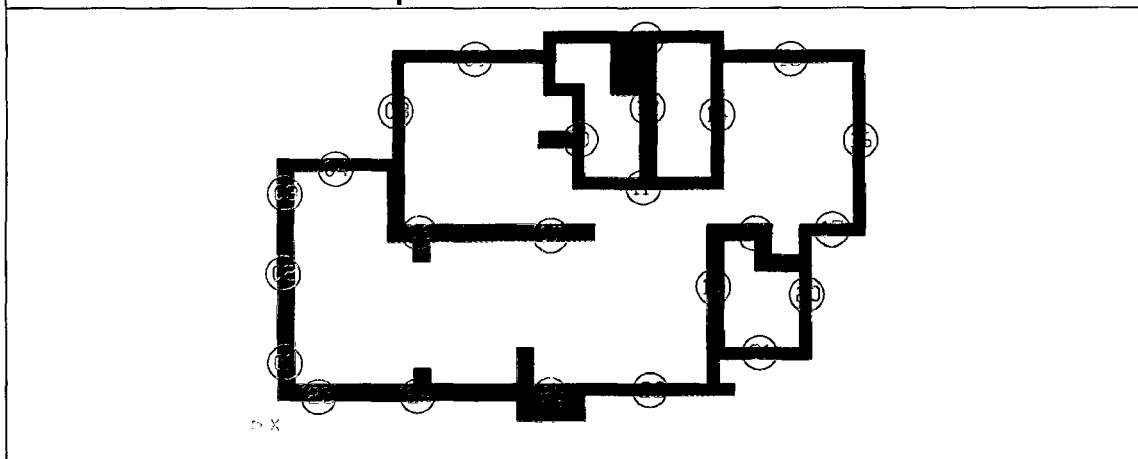
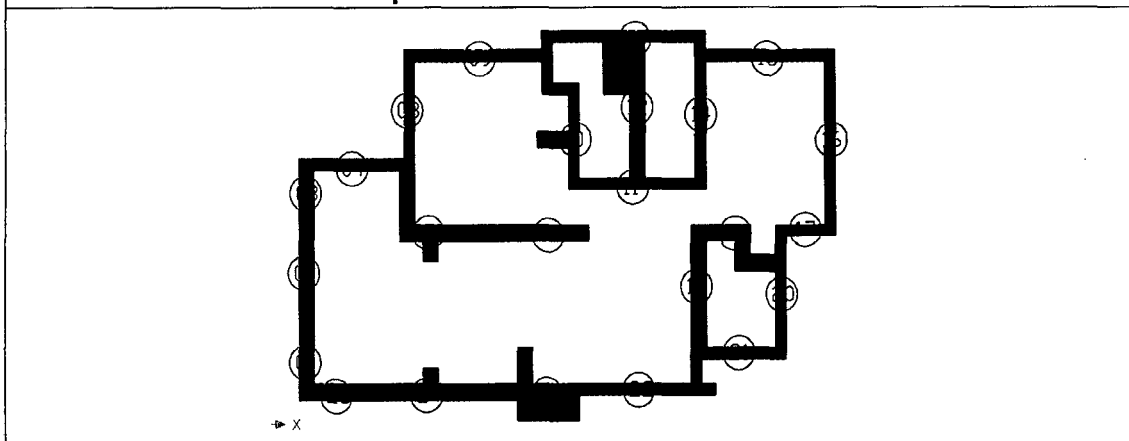


Tabla 04-09: Toma de datos de diferencia de zanja del Contratista Constructora R&F

Puntos	DIFERENCIA MEDIDA EN LOS MÓDULO (cm)								Corte según Plano E-01
	01	02	03	04	05	06	07	08	
01	-	-	-	-	-	-	1.0	0.5	Corte 1A
02	-	-	-	-	-	-	1.0	1.5	Corte 1A
03	-	-	-	-	-	-	0.5	1.5	Corte 1A
04	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	Corte 5
05	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	Corte 6
06	-	-	-	-	-	-	1.5	0.5	Corte 6
07	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	Corte 6
08	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	Corte 5
09	-	-	-	-	-	-	0.5	2.0	Corte 5
10	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	Corte 2
11	-	-	-	-	-	-	2.0	0.5	Corte 3
12	-	-	-	-	-	-	1.5	0.5	Corte 4
13	-	-	-	-	-	-	1.5	1.0	Corte 8
14	-	-	-	-	-	-	0.5	2.0	Corte 2
15	-	-	-	-	-	-	2.0	0.5	Corte 5
16	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	Corte 5
17	-	-	-	-	-	-	0.5	1.0	Corte 5
18	-	-	-	-	-	-	1.5	1.0	Corte 6
19	-	-	-	-	-	-	1.5	1.0	Corte 6
20	-	-	-	-	-	-	1.0	0.5	Corte 5
21	-	-	-	-	-	-	1.0	0.5	Corte 1
22	-	-	-	-	-	-	1.0	1.2	Corte 1
23	-	-	-	-	-	-	0.5	1.2	Corte 9
24	-	-	-	-	-	-	0.5	1.0	Corte 5
25	-	-	-	-	-	-	1.0	1.0	Corte 5

Croquis de Puntos de Verificación



Causa de no cumplimiento

Realizamos un cálculo estadístico para identificar el efecto de las causas de no cumplimiento:

Variación de la sobre excavación del 1er contratista Consorcio Real:

Promedio: 4.34cm
Desviación Estándar: 1.3cm
Variabilidad: 29.8%

Variación de la sobre excavación 2do contratista Constructora RF:

Promedio: 0.95cm
Desviación Estándar: 0.50cm
Variabilidad: 49.85%

Cálculo de los metros cúbicos de concreto adicional que entran a la zanja por la sobre excavación:

1er contratista Consorcio Real:

Longitud de zanja en un Módulo: 60.00m
Ancho sobre-escavado: 0.043m
Volumen sobre-escavado: 2.58m³
Volumen en los 8 Módulos: 20.64m³
Tiempo Adicional por sobre excavación= 7 días

2do contratista Constructora RF:

Longitud de zanja en un Módulo: 60.00m
Ancho sobre-escavado: 0.0095m
Volumen sobre-escavado: 0.57m³
Volumen en los 8 Módulos: 4.56m³
Tiempo Adicional por sobre excavación = 3 días

Esta diferencia es debido que uno de los subcontratistas realizó la excavación con palas de 20cm de ancho y el otro con palas de 30cm de ancho, siendo esta la causa principal para que uno pierda menos tiempo que el otro.



Figura 04-42 – Causas de la sobre-excavación

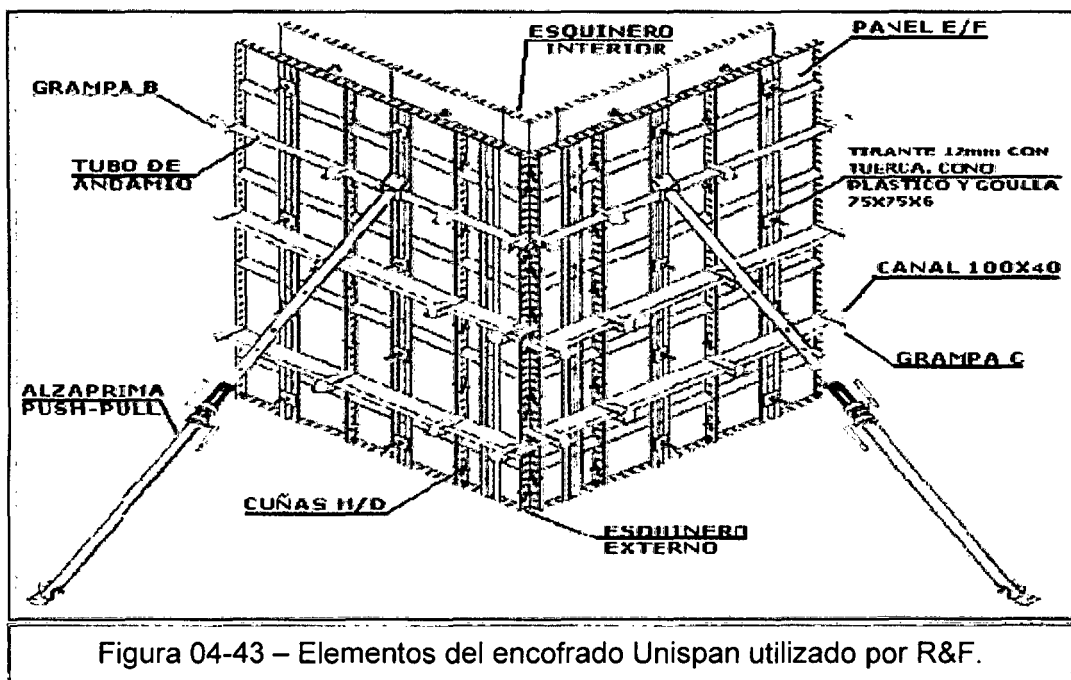
4.8.3 ANÁLISIS DEL PROCESO DE ENCOFRADO DE PLACAS

Objetivo:

Comparar la eficiencia entre los contratistas (Consortio Real y R&F), debido a que realizaron trabajos similares en un mismo intervalo de tiempo.

Alcance:

El contratista Consortio Real adquirió encofrados artesanales que no tenían marcas registradas, pero la constructora R&F adquirió encofrados de la marca Unispan.



Programación para la colocación de encofrados

Según las eficiencias históricas se arma el encofrado de las placas de un módulo en un lapso de 2 días. Con ese dato realizamos la programación de la colocación de placas en la siguiente tabla:

Figura 04-44: Programación de colocación de encofrado

PARTIDAS	SEPTIEMBRE																				OCTUBRE																		
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S		
PLACAS 1ER PISO									4			5		7																									
PLACAS 2DO PISO																																							

Procedimiento:

Será de aplicación para la realización de los trabajos el plano de estructuras en donde indica las dimensiones de las placas. Con dichas dimensiones se realiza el plano de encofrado detallado.

Habilitación del Encofrado

- Se procede a limpiar y modular el encofrado
- Se modula según el plano de estructuras.

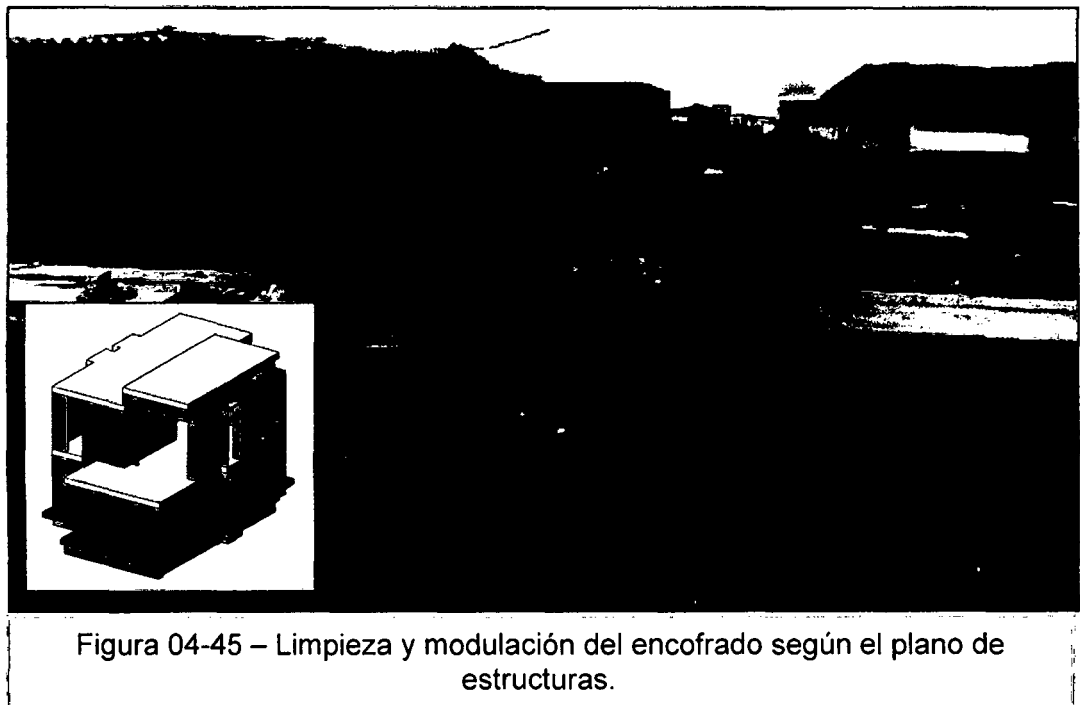


Figura 04-45 – Limpieza y modulación del encofrado según el plano de estructuras.

Alineamiento de placas

- Se realiza el trazo de la ubicación de las placas.

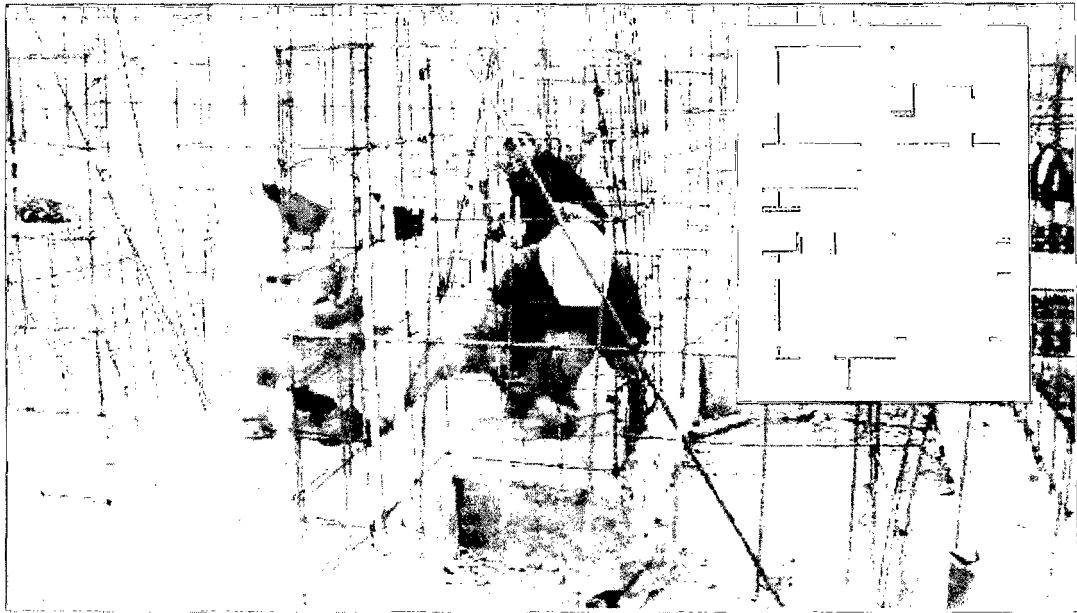


Figura 04-46 – El topógrafo traza el alineamiento para la colocación de las placas según el plano de estructuras.

Colocación de Paneles de 0.6mx1.2m

- Para la colocación del panel debe estar concluido el proceso de habilitación de aceros, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias.
- Se empieza desde las esquinas de las Placas.



Figura 04-47 – Colocación de Paneles.

Habilitación de Paneles

- Primero se colocan los esquineros interiores y exteriores. Siendo los hitos de partida para la colocación de los paneles.
- Los paneles se separan entre sí por tirantes de pernos y tuercas. Los pernos se regulan para obtener el espesor de 10cm en la placa. También se utilizan separadores Mariposa marca Z de 10cm para regular el perno.
- En la cara exterior de las placas se unen los paneles con cuñas metálicas.
- Para evitar el desmoronamiento del encofrado producido por la presión del vaciado (60kN/m^2), se colocan canales metálicos para tener hermetismo en el encofrado.
- Los canales metálicos se sujetan al encofrado con grapas tipo C.
- Se colocan Alzaprimas por cada 4m^2 de panel, con el propósito de distribuir los esfuerzos del vaciado al terreno natural y evitar la separación de los paneles.



Figura 04-48 – Habilitación de paneles.

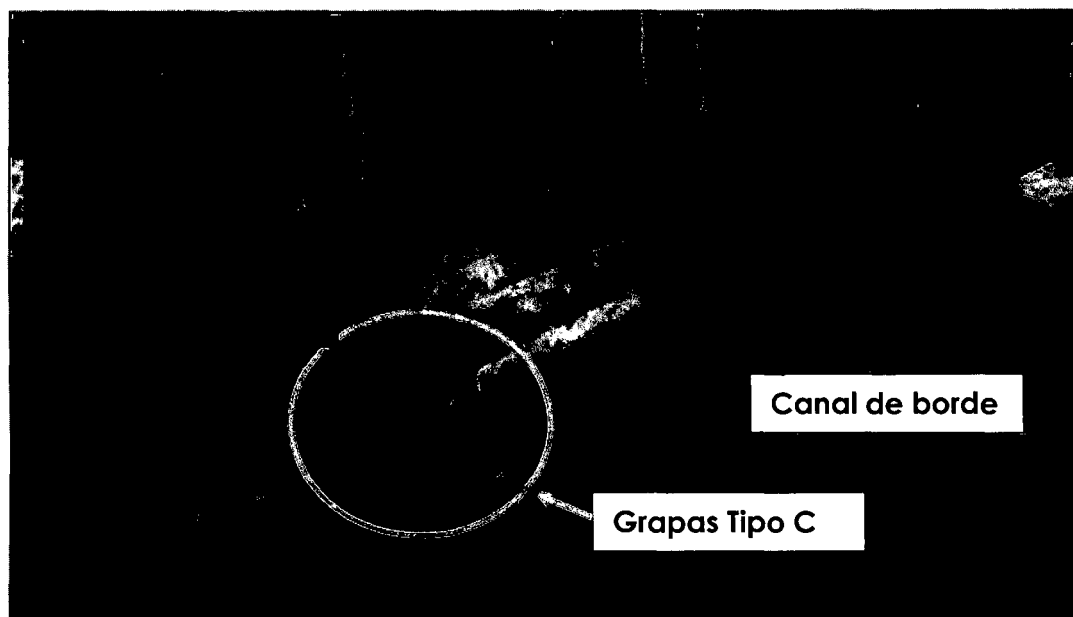


Figura 04-49 – Habilitación de paneles.

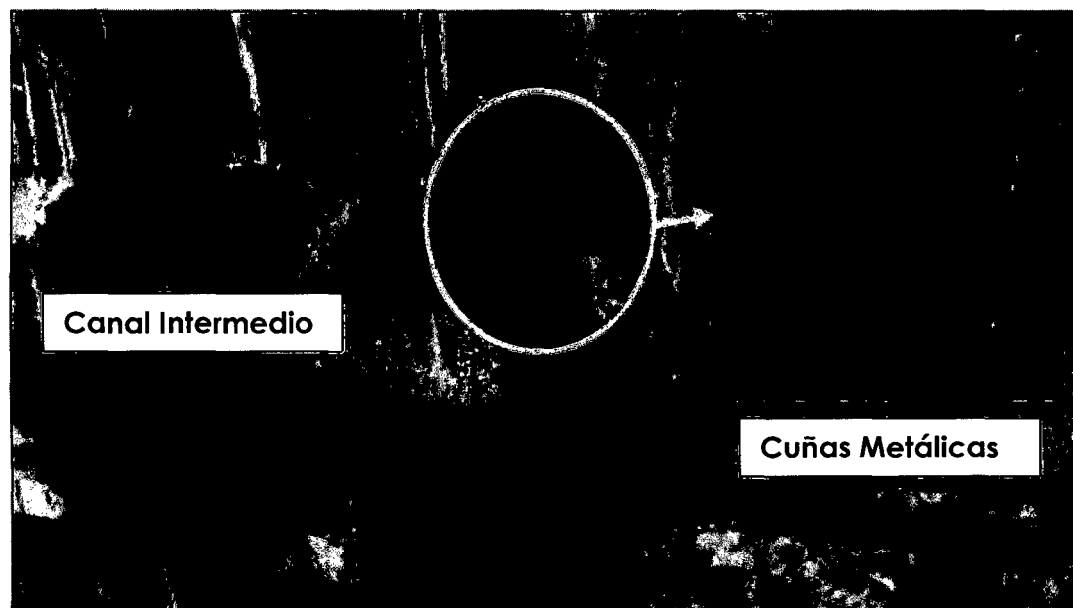


Figura 04-50 – Habilitación de paneles.

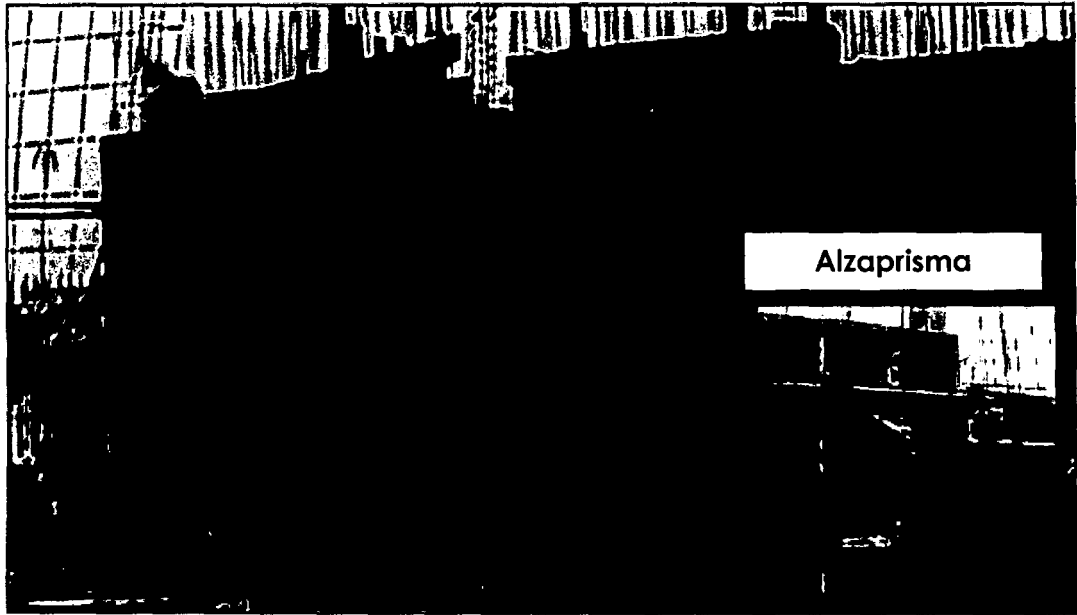


Figura 04-51 – Habilitación de paneles.

Complemento de los paneles

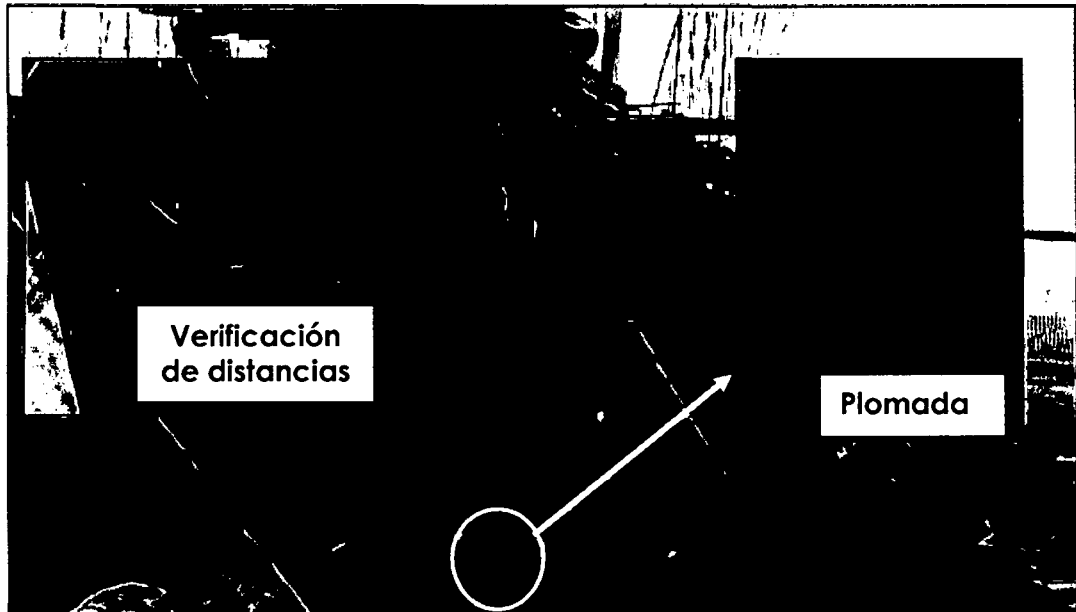
- Los paneles llegan a una altura de 2.4m, pero el muro requerido es de 2.55m, entonces se colocan tablas de madera en el borde superior del encofrado para alcanzar la altura de vaciado.



Figura 04-52 – Complemento de los paneles.

Verificación de Verticalidad en paneles

- Se mide las distancias entre las placas y se verifica la verticalidad de los paneles con plomada.



Fotografía 04-53 – Verificación de verticalidad en paneles.

Desencofrado

- Al día siguiente del proceso de vaciado de concreto se desencofran los paneles y se vierte desmoldante en toda la superficie del panel para ser colocado en la siguiente placa.



Fotografía 04-54 – Desencofrado de paneles.

Calidad

En el proceso de encofrado se verifica la verticalidad de los paneles con plomada.

Cuando se desencofran los paneles se realiza una verificación de la distancia y el alineamiento por sectores.



Figura 04-55 – Verificación después del desencofrado

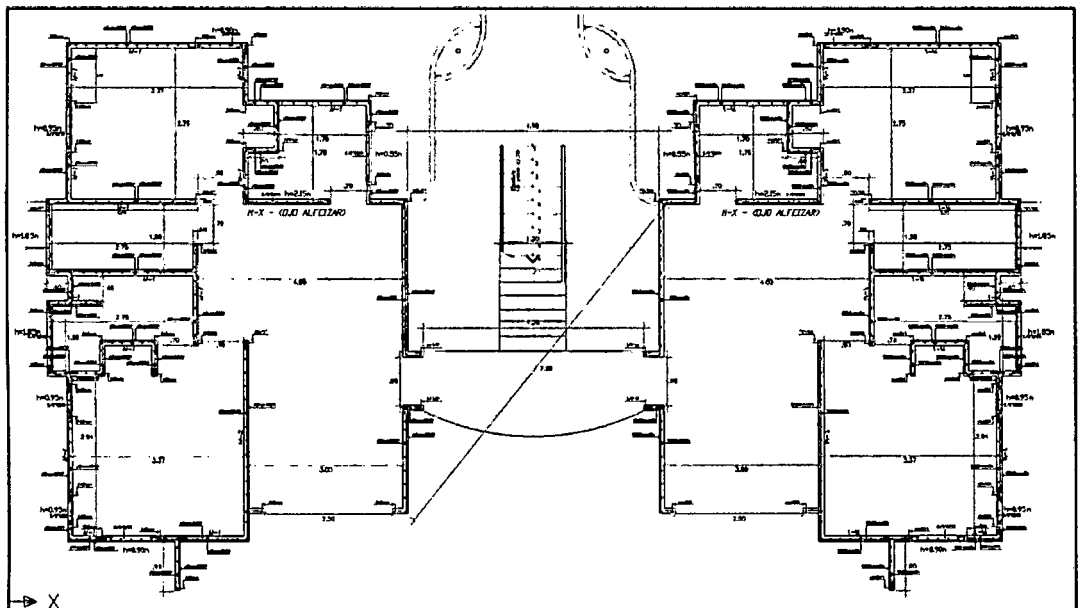


Figura 04-56 – Plano de planta para la verificación

Producción Real

Se programó que los contratistas empiecen sus actividades el 12 de septiembre del 2008 y esta fue la producción para cada contratista:

Ambos contratistas tuvieron problemas para modular los encofrados, perdiendo una semana desde el momento que colocaron el primer panel hasta la realización del primer vaciado.

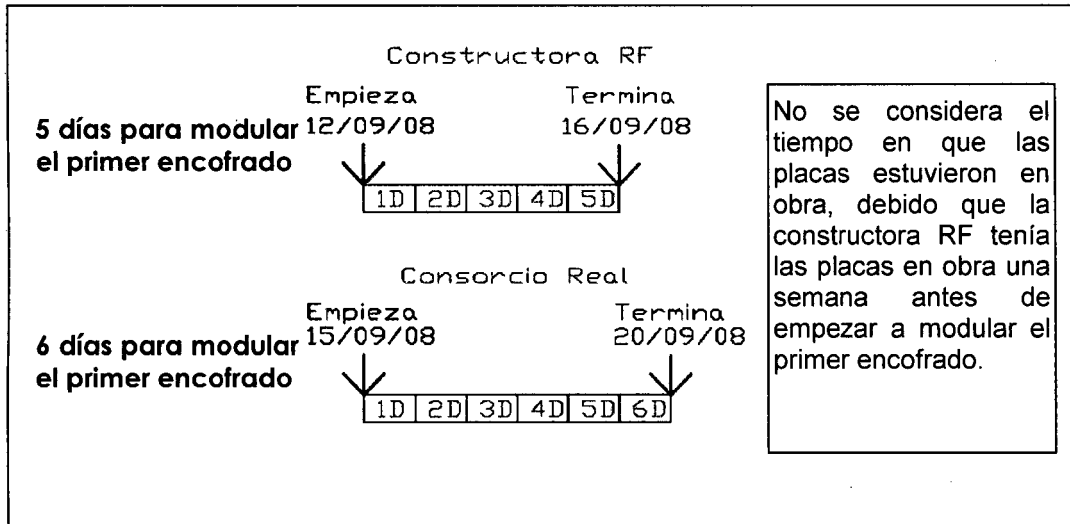


Figura 04-60– Tiempo empleado para modular el primer encofrado

Esto se puede evitar si el contratista tiene listo un plano de encofrado con todos los materiales que están incluidos en el proceso constructivo y así evitar el atraso por falta de piezas.

También se evitaría la pérdida de horas hombres, como se observa en el siguiente cálculo:

Contratista	Categoría	Cantidad obreros	Horas Diarias	Días	HH
Consorcio Real	Carpintero	7	8	6	336
	Ayudantes	7	8	6	336
Constructora RF	Carpintero	7	8	5	280
	Ayudantes	7	8	5	280

Figura 04-61 – Horas Hombre empleadas para modular el primer encofrado

Colocación y habilitación de Paneles

Desde la colocación del primer encofrado las cuadrillas adquirieron una eficiencia constante en habilitación de placas, siendo la frecuencia de encofrado y las horas hombres consumidas las siguientes:

Contratista	Categoría	Nº Placas	Cantidad obreros	Horas Diarias	Días	HH	Frecuencia de encofrado
Consortio Real	Carpinteros	7	7	8	16	6272	2.23días/Módulo
	Ayudantes	7	7	8	16	6272	
Constructora RF	Carpinteros	7	7	8	13	5096	1.85días/Módulo
	Ayudantes	7	7	8	13	5096	

Figura 04-62 – Tiempo para colocación de paneles

La diferencia entre los contratistas se debe al tipo de encofrado utilizado por Consortio Real, conformado por planchas de 0.6mx2.4m cuya marca es desconocida y con accesorios de madera fabricados de manera artesanal como se muestra a continuación:

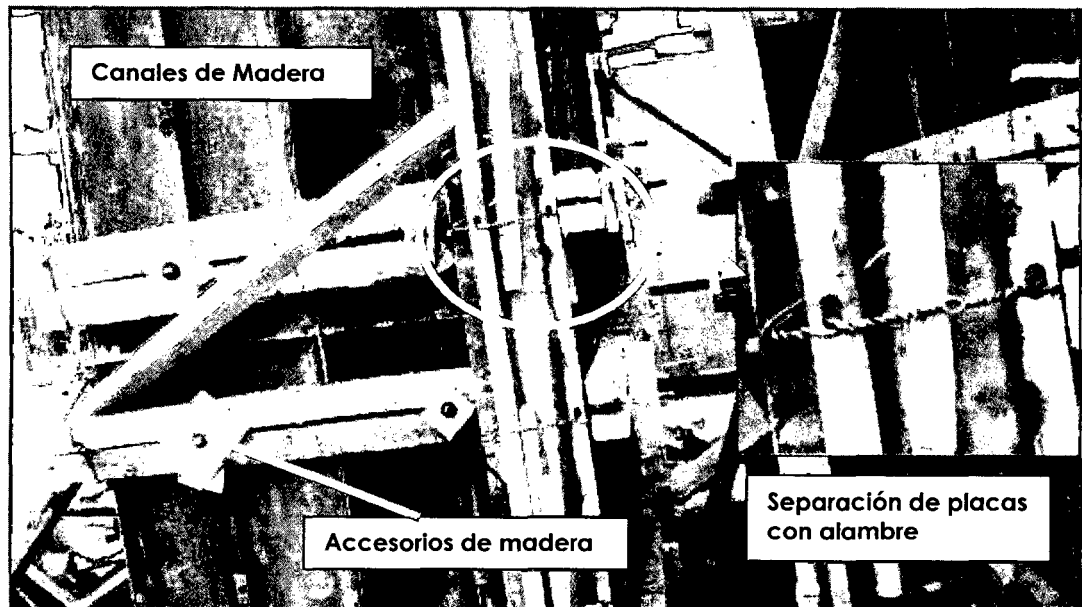


Figura 04-63 – Encofrado artesanal



Figura 04-64 – La eficiencia disminuye por la dificultad del trabajo.

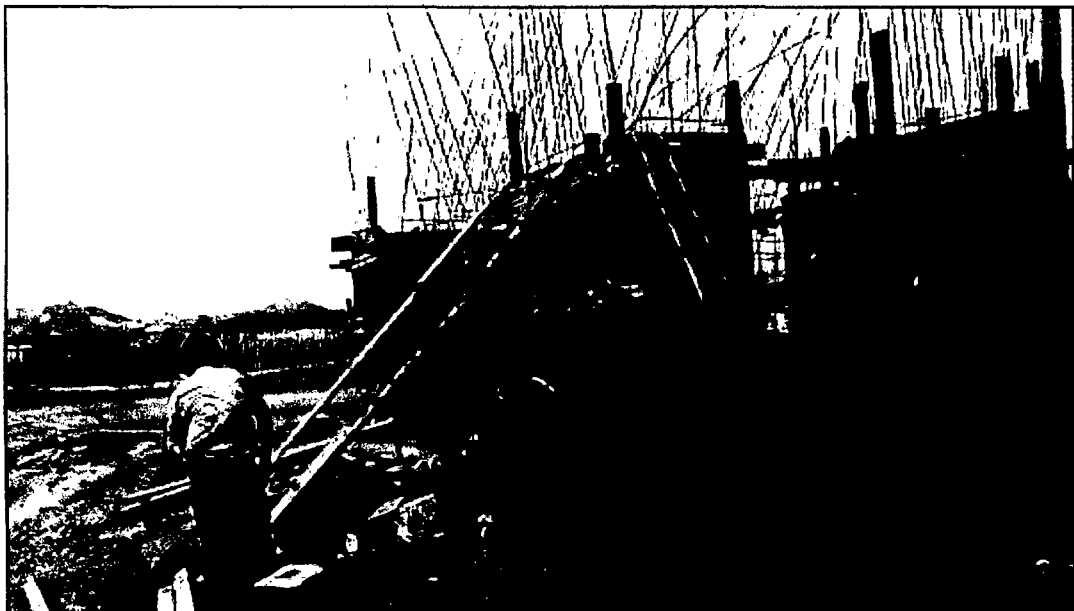


Figura 04-65– Puntales de madera utilizados para estabilizar las placas.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El sistema del Último Planificador es una herramienta para medir y monitorear interdependencias entre los procesos, reduciendo la variabilidad entre éstos, y asegurando el mayor cumplimiento de las actividades de la planificación dentro de la filosofía del “Lean Construction”(construcción sin pérdidas).

Esta herramienta tiene que ser aplicada siguiendo una clase de procedimientos que hemos mencionado en los capítulos anteriores, los cuales pueden ser optimizados aplicando un sistema de mejora continua que variará debido a las distintas metodologías de trabajo que desarrolla cada empresa.

Apoyados en nuestra experiencia implementando esta herramienta de planificación en obras de edificaciones e infraestructura, hemos alcanzado las siguientes conclusiones:

- En los proyectos que hemos analizados (Administración directa) se observa cuatro factores (Factibilidad, diseño, adquisiciones y procedimientos constructivos) para tener un proyecto exitoso. Según nuestra experiencia el primero es desarrollado por el dueño del proyecto o consultor externo, el segundo por los especialistas y los dos últimos por el constructo. Los dos primeros factores influyen directamente en el alcance, costo y tiempo de los dos últimos factores, siendo estos últimos los que tienen mayor impacto económico en el proyecto, por esa razón la interacción de la adquisición y los procedimientos constructivos no solo dependen de nuestra planificación, sino de cómo fueron creados en la factibilidad y el diseño.
- La identificación y disminución de restricciones aumenta la productividad al implementarlo en los procesos de mayor relevancia, por ese motivo afirmamos que es indispensable realizar el análisis de procedimientos en los principales procesos con el objetivo de aumentar la rentabilidad del proyecto.

- La restricción del proyecto se encuentra ubicada en la cadena de producción más larga, la cual se identifica como el conjunto de procesos interrelacionados que requieren mayor tiempo. La restricción es dividida en procedimientos de flujo y conversión, con el objetivo de identificar los flujos, porque son las actividades con mayor desperdicio de tiempo.
- El Plan Maestro de los proyectos que desarrollamos están compuestos por procesos con eficiencias ajustadas, evitando la colocación de plazos adicionales al final de los procesos, sin considerar la variabilidad de lo planificado. Esto se realiza con el objetivo de evitar el mal hábito de acumular el mayor porcentaje de la producción al final de los procesos. El plazo adicional que compensará la variabilidad se coloca al final de proyecto y según nuestra experiencia es el 10% del plazo de ejecución.
- Según nuestra experiencia la productividad de los procesos evolucionan con respecto al tiempo, comenzando con baja eficiencia, aumentando progresivamente hasta alcanzar su punto álgido y disminuye paulatinamente hasta que culmina el proceso.
- Involucrar a los ingenieros de mayor experiencia para realizar la Planificación Intermedia, debido que se necesita mayor conocimiento técnico para definir la secuencia de los procesos más importantes.
- Para la realización del Inventario de Trabajo Ejecutable (Planificación para abrir frentes de trabajo) tenemos que emplear mayor análisis en la identificación de procesos con restricciones liberadas, las que dependen generalmente de los recursos disponibles.
- Los involucrados del proyecto deben estar concientizados que la Planificación Semanal tiene como objetivo asegurar la ejecución de los trabajos que necesita el proyecto para desarrollar lo planificado y no de forma separada o aislada.
- La evolución del PAC (Porcentaje de actividades completadas) tiene que ser el principal punto de análisis en la planificación semanal y los involucrados del proyecto tienen que comprometerse con la superación de las causas de no cumplimiento que puedan generarse.
- Las acciones realizadas para superar las causas de no cumplimiento tienen que ser puntuales y con solución inmediata, para agilizar el avance del proyecto.

- La Planificación Intermedia, Planificación Semanal y el control de lo planificado mejora el proyecto en los siguientes aspectos:
 - Compromiso, al tomar en cuenta la intervención de los involucrados del proyecto (supervisores, contratistas, maestros) en la planificación.
 - Comunicación, ya que la planificación semanal se realiza conjuntamente en obra.
 - Cultura de medición, necesarias para poder tomar acción correctiva en el proyecto.
 - Mejora continua, al analizar el PAC y superar las causas de no cumplimiento.
- La herramienta del “Último Planificador” genera una mejora de la obra al revisar las causas de no cumplimiento del sistema, detectando el origen del problema que impide el cumplimiento de lo planificado y eliminar las actividades que no agregan valor.
- La reducción de la variabilidad al realizar una programación semanal confiable, simplificando la diferencia entre lo programado y ejecutado, dándonos una confiabilidad del 80% según nuestra experiencia.
- Al intentar implementar el sistema del Último Planificador en la construcción de bungalows de playa, rehabilitación de avenidas y construcción de muros pantalla para sótanos, creamos una secuencia de pasos a seguir en el último proyecto indicado (Anexo I) con el objetivo de que el lector pueda seguir los pasos y acoplarlos en el proyecto que desee realizar.
- La medición del PAC evolucionó desde la primera obra en la cual se implementó, mostrando mayor eficiencia en el transcurso del tiempo (Anexo II), siendo una herramienta fundamental para el alcance de los objetivos de la obra.

El objetivo principal de la implementación del Sistema del Último Planificador es mostrar al lector una nueva metodología de planificación de proyectos y la forma de controlarlos para que pueda realizar una mejora continua en las obras que éste ejecute, con el objetivo de obtener mayor rentabilidad sin perjudicar la calidad, el alcance y el plazo del proyecto.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

El objetivo es dar el alcance del presente documento para que el lector utilice las herramientas en sus respectivos proyectos y aumente su rango de conocimiento, tal como se indica a continuación:

- Se tiene que hacer la mejora continua en aquellos procesos que sean relevantes en el proyectos, debido que si realizamos esta metodología en otros procesos no relevantes, el trabajo no se reflejará en utilidades para la empresa.
- Para estimar el plazo de protección para la variabilidad, hemos considerado 10% del plazo total, lo cual puede variar según las necesidades de premura que pueda tener el cliente en un proyecto.
- Cuando se desarrolló el Inventario de Trabajo Ejecutable, tuvimos dificultades en diseñar un modelo eficiente que sirva en forma práctica a la planificación, por lo cual recomendamos se profundice más en la aplicación de este método, con el objetivo de tener un panorama más amplio de acción.
- Los involucrados del proyecto están concentrados en la producción sin importarles si se está ejecutando lo que se planificó. Se recomienda ejercer liderazgo para guiar al personal en cumplir los objetivos de la planificación, aunque esto implique en una menor producción en el corto plazo.
- Realizamos el análisis de construcción de bungalows de playa, rehabilitación de avenidas, construcción de sótanos y transporte de materiales, por lo cual recomendamos al lector seguir las investigaciones con otro tipo de proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

Díaz Montesino Daniela Andrea, Aplicación del Sistema de Planificación 'Last Planner' a la Construcción de un Edificio Habitacional De Mediana Altura, Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2007.

Glenn Ballard Herman, The Last Planner System of Production Control, University of Birmingham, California, 2000.

Goldratt Eliyahu, La Carrera En busca de las Ventajas Competitivas, Ediciones Castillo, México, 2004.

Goldratt Eliyahu, La Meta, Ediciones Castillo, México, 2004.

Goldratt Eliyahu, No Fue la Suerte, Ediciones Castillo, México, 2004.

Koskela Lauri, Application of the New Production Philosophy to construction, Stanford University, Finland, 1992.

Alberto Suñé torrents, Manual Práctico de diseños de Sistemas Productivos, Ediciones Díaz de Santos, España, 2004.

Raúl Rojas Vera, La Construcción, Universidad Andrés Bello, Chile, 2009

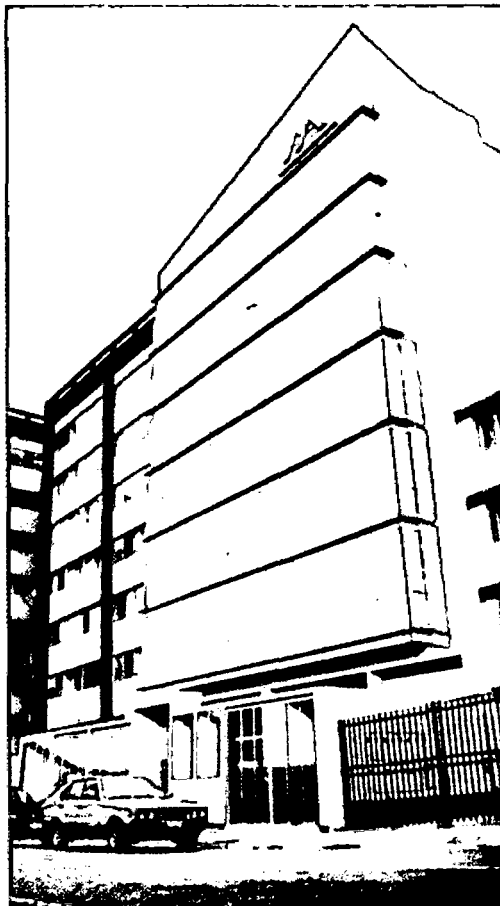
ANEXO I

PROCESOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ÚLTIMO PLANIFICADOR EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN (EJEMPLO DE APLICACIÓN)

I. Generalidades

Consiste en la construcción de edificio multifamiliar y de oficinas denominado "Edificio Arica", y que contará con un área techada de 4,219.31 m².

El proyecto está conformado por un edificio de 7 pisos, de los cuales serán 3 pisos para 10 departamentos y 4 pisos para 14 oficinas, contando con 40 estacionamientos en tres sótanos.



II. Plan Maestro

II.1. Desarrollo de la planificación por partidas.

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
01.00.00	ESTRUCTURAS										
01.01.00	Obras provisionales										
01.02.00	Trabajos Preliminares										
01.03.00	Movimiento de Tierras										
01.04.00	Obras de Concreto Simple										
01.05.00	Obras de Concreto Armado										
	Muro Pantalla										
	Cisterna										
	Zapata										
	Columnas										
	Vigas										
	Placas										
	Escaleras										
	Losa Macisa										
	Losa Aligerada										
02.00.00	ARQUITECTURA										
02.01.00	TABICUERÍA										
02.02.00	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS										
02.03.00	PISOS Y PAVIMENTOS										
02.04.00	CONTRAZOCALOS										
02.05.00	ZOCALO										
02.06.00	PINTURA										
02.07.00	CARPINTERÍA DE MADERA										
02.10.00	BISAGRAS										
02.11.00	CERRADURAS										
02.08.00	CARPINTERÍA METÁLICA										
02.09.00	VENTANA DE ALUMINIO										
03.00.00	II.SS.										
04.00.00	INSTALACIONES ELÉCTRICAS										
05.00.00	AIRE ACONDICIONADO Y EXTRACCIÓN DE AIRE										
06.00.00	INSTALACIONES DE GAS										
07.00.00	SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN										
08.00.00	SISTEMA DE ASCENSORES										

II.2. Desarrollo de avance porcentual por partidas

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	PARCIAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
01.00.00	ESTRUCTURAS	1,587,895.93										
01.01.00	Obras provisionales	15,000.00	100%									
01.02.00	Trabajos Preliminares	44,190.00	100%									
01.03.00	Movimiento de Tierras	129,147.67	20%	40%	40%							
01.04.00	Obras de Concreto Simple	6,915.40			100%							
01.05.00	Obras de Concreto Armado	1,370,442.86										
	Muro Pantalla	222,548.00	30%	70%								
	Cisterna	39,317.45			100%							
	Zapata	13,098.68			100%							
	Columnas	100,716.90			10%	20%	20%	20%	20%	10%		
	Vigas	198,594.79			10%	20%	20%	20%	20%	10%		
	Placas	388,699.79	25%	25%	5%	10%	10%	10%	10%	5%		
	Escaleras	16,302.51				20%	20%	20%	20%	20%		
	Losa Macisa	131,493.64			10%	60%	30%					
	Losa Aligerada	259,671.10				15%	30%	30%	25%			
02.00.00	ARQUITECTURA	707,129.41										
02.01.00	TABICUERÍA	63,796.28					15%	20%	25%	20%	20%	
02.02.00	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS	208,770.21						15%	30%	30%	25%	
02.03.00	PISOS Y PAVIMENTOS	176,061.48							15%	30%	40%	15%
02.04.00	CONTRAZOCALOS	9,099.54								35%	50%	15%
02.05.00	ZOCALO	20,788.09								35%	50%	15%
02.06.00	PINTURA	60,217.16								80%	20%	
02.07.00	CARPINTERÍA DE MADERA	17,188.00								40%	40%	20%
02.10.00	BISAGRAS	2,052.00								40%	40%	20%
02.11.00	CERRADURAS	4,445.00								40%	40%	20%
02.08.00	CARPINTERÍA METÁLICA	29,014.68								40%	40%	20%
02.09.00	VENTANA DE ALUMINIO	23,871.80								80%	80%	20%
02.12.00	OTROS (Muro Cortina)	80,817.20								40%	60%	
02.13.00	VARIOS (Limpieza y resanes)	11,000.00			5%	12%	12%	12%	12%	12%	25%	10%
03.00.00	II.SS.	353,024.52										
04.00.00	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	431,508.00										
05.00.00	AIRE ACONDICIONADO Y EXTRA	157,785.75								15%	30%	50%
06.00.00	INSTALACIONES DE GAS	43,139.40							15%	20%	20%	20%
07.00.00	SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN	28,080.00								25%	40%	35%
08.00.00	SISTEMA DE ASCENSORES	80,000.00								55%	40%	5%

II.3. Desarrollo de la valorización por partidas

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	PARCIAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
01.00.00	ESTRUCTURAS	1,567,695.93										
01.01.00	Obras provisionales	15,000.00	15,000									
01.02.00	Trabajos Preliminares	44,190.00	44,190									
01.03.00	Movimiento de Tierras	129,147.67	25,830	51,659	51,659							
01.04.00	Obras de Concreto Simple	8,915.40			8,915							
01.05.00	Obras de Concreto Armado	1,370,442.86										
	Muro Pantalla	222,548.00	66,764	155,784								
	Cisterna	39,317.45			39,317							
	Zapata	13,098.68			13,099							
	Columnas	100,716.90			10,072	20,143	20,143	20,143	20,143	10,072		
	Vigas	198,594.79			18,859	39,719	39,719	39,719	39,719	18,859		
	Placas	388,699.79	97,175	97,175	32,392	32,392	32,392	32,392	32,392	32,392		
	Escaleras	16,302.51				3,261	3,261	3,261	3,261	3,261		
	Losas Estructa	131,493.64			13,149	78,899	39,448					
	Losas Aligerada	259,671.10					38,951	77,901	77,901	64,918		
02.00.00	ARQUITECTURA	712,223.02										
02.01.00	TABICERIA	63,786.28					9,569	12,759	15,949	12,759	12,759	
02.02.00	REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLURAS	208,770.21						31,316	62,631	62,631	52,193	
02.03.00	PISOS Y PAVIMENTOS	176,061.48							26,409	52,818	70,425	26,409
02.04.00	CONTRAZOCALOS	14,193.15								4,968	7,097	2,129
02.05.00	ZOCALO	20,788.06								7,275	10,393	3,118
02.06.00	PINTURA	60,217.16									48,174	12,043
02.07.00	CARPINTERIA DE MADERA	17,188.00								6,878	6,878	3,440
02.10.00	BISAGRAS	2,052.00								821	821	410
02.11.00	CERRADURAS	4,445.00								1,778	1,778	889
02.08.00	CARPINTERIA METALICA	29,014.88								11,606	11,606	5,803
02.09.00	VENTANA DE ALUMINIO	23,871.80									19,097	4,774
02.12.00	OTROS (Muro Cortina)	80,817.20									32,327	48,490
02.13.00	VARIOS (Limpieza y resanes)	11,000.00			550	1,320	1,320	1,320	1,320	1,320	2,750	1,100
03.00.00	II.SS.	353,024.52										
04.00.00	INSTALACIONES ELECTRICAS	431,508.00										
05.00.00	AIRE ACONDICIONADO Y EXTRACCIÓN	157,785.75							23,668	47,336	78,893	7,893
06.00.00	INSTALACIONES DE GAS	43,139.40						6,471	8,628	10,785	8,628	8,628
07.00.00	SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN	26,080.00								6,520	10,432	9,128
08.00.00	SISTEMA DE ASCENSORES	80,000.00								44,000	32,000	4,000
	COSTO DIRECTO	3,371,456.62	240,958.88	304,617.62	194,611.49	189,167.57	203,745.09	280,934.47	422,649.24	557,623.95	708,762.30	260,389.01
	GASTOS GENERALES	467,000.00	34,484.74	42,194.35	26,956.77	26,202.70	26,221.91	38,913.86	58,543.60	77,230.73	98,174.78	36,097.58
	GASTO TOTAL	3,838,456.62	283,443.62	346,811.97	221,568.25	215,370.27	231,967.00	319,848.33	481,192.84	634,863.67	806,937.08	296,486.59
	IGV	729,306.76	53,854.29	65,894.27	42,097.97	40,820.33	44,073.33	60,771.18	91,426.64	120,024.10	153,316.05	56,326.18
	TOTAL INC. IGV	4,567,763.37	337,297.91	412,706.24	263,666.22	256,209.62	276,040.33	380,619.51	572,619.47	755,487.77	960,253.12	352,772.77
	PORCENTAJE PROGRAMADO	100.00%	7.38%	9.04%	5.71%	5.61%	6.04%	8.33%	12.54%	16.54%	21.02%	7.22%
	PORCENTAJE ACUMULADO		7.38%	16.42%	22.19%	27.80%	33.85%	42.18%	54.71%	71.25%	92.28%	100.00%

II.4. Definimos los procesos en base a las partidas y desarrollamos el cronograma de procesos, colocando el metrado en el transcurso del tiempo.

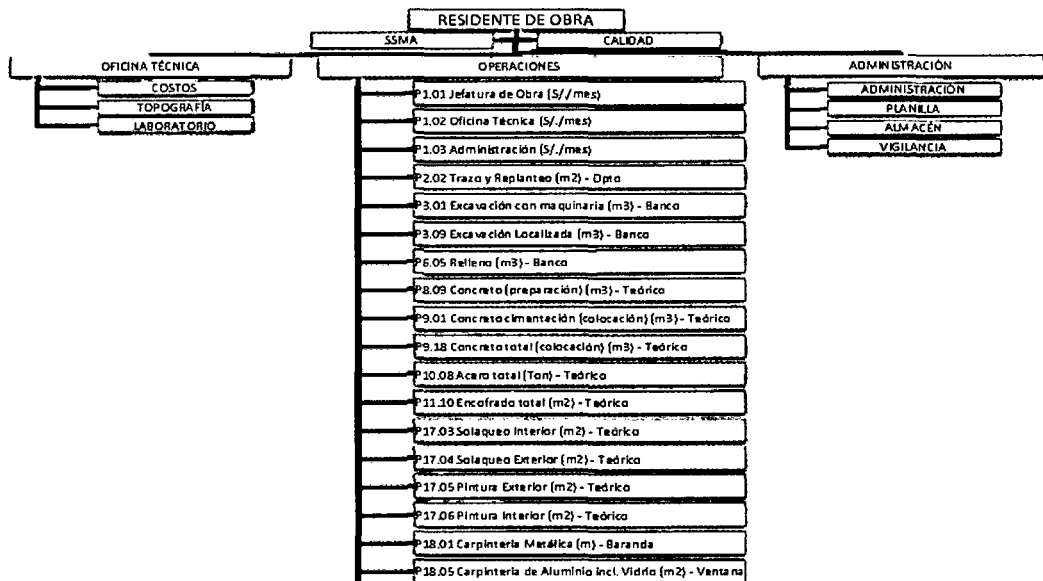
PROCESO	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
01.00 OBRAS PROVISIONALES	GLB	1.00	28,000.00	28,000.00	0.40			0.03	0.07	0.07	0.07	0.07	0.15	0.06
02.00 TRAZO Y REPLANTEO	M2	4,219.00	10.00	42,190.00	4,219.00									
03.00 CORTE DE TERRENO	M3	4,399.97	5.57	24,507.83	879.99	1,759.99	1,759.99							
04.00 ELIMINACIÓN MATERIAL EXCEDENTE	M3	6,100.25	14.25	86,928.56	1,220.05	2,440.10	2,440.10							
05.00 EXCAVACIÓN, RELLENO Y COMPACTAC	M3	652.96	26.44	22,556.13	129.99	259.99	259.97	27.11	27.11	27.11	27.11	27.11	56.48	22.59
06.00 CONCRETO	M3	1,498.03	288.16	431,676.23	112.99	112.99	182.98	223.23	210.05	208.86	208.85	163.48		
07.00 ANCLAJE MURO PANTALLA	M2	943.00	236.00	222,548.00	282.90	660.10								
08.00 ENCOFRADO	M2	9,638.95	35.04	337,720.92	676.50	676.50	1,614.73	1,267.85	1,361.54	1,455.24	1,455.24	1,131.35		
09.00 ACERO	KG	97,592.00	3.75	365,970.01	5,576.91	9,576.91	136,806.59	76,080.72	75,218.65	74,356.17	134,545.39			
10.00 LADRILLOS DE TECHO	UND	10,211.00	2.10	21,443.10					1,531.65	3,063.30	3,063.30	2,552.75		
11.00 MURO DE SOGA	M2	1,306.42	39.05	51,028.46					195.24	260.32	325.41	262.00	262.72	0.72
12.00 MURO DE DRYWALL	M2	220.90	59.00	13,033.10					33.14	44.18	55.23	44.18	44.18	
13.00 TARRAJEO Y DERRAMES	M2	9,553.23	21.85	208,770.21						1,433.28	2,866.57	2,866.57	2,388.81	
14.00 PISO PORCELANATO	M2	1,123.42	105.00	117,959.10							168.51	337.03	449.37	168.51
15.00 PISOS Y ZOCALOS DE CERÁMICO Y CEM	M2	2,208.78	42.02	92,816.31							233.52	695.23	948.71	331.32
16.00 EMPASTADO, LIJADO Y PINTURA	M2	10,355.24	5.81	60,217.16									8,292.19	2,073.65
17.00 PUERTAS DE MADERA	UND	75.00	315.93	23,695.00								30.00	30.00	15.00
18.00 PUERTAS METÁLICAS	M2	129.42	224.19	29,014.68								15.60	15.60	7.60
19.00 VENTANA Y PUERTAS DE ALUMINIO Y V	M2	780.88	134.07	104,689.00								181.60	533.89	65.37
20.00 APARATOS SANITARIOS	PZA	148.00	431.65	63,884.55										148.00
21.00 SALIDAS DE DESAGUE Y VENTILACIÓN	PTO	316.00	149.38	47,205.64			15.80	37.92	37.92	37.92	37.92	37.92	79.00	31.60
22.00 SALIDA DE AGUA FRIA Y CALIENTE	PTO	176.00	340.48	59,923.69			8.80	21.12	21.12	21.12	21.12	21.12	44.00	17.60
23.00 SALIDA DE AGUA CONTRA INCENDIOS	PTO	13.00	13,626.14	177,165.79							3.25	3.90	4.55	1.30
24.00 CONEXIONES ELECTRICAS EXTERIORES	M	7,031.00	25.32	178,018.00						1,065.65	1,428.20	1,422.70	2,768.40	346.65
25.00 AIRE ACONDICIONADO	GLB	1.00	157,785.75								0.15	0.30	0.50	0.65
26.00 PUNTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS	UND	1,569.00	85.16	135,210.00					76.80	230.40	307.20	307.20	538.80	108.60
27.00 ARTEFACTOS ELECTRICOS	UND	603.00	196.15	118,280.00										603.00
28.00 SALIDAS DE GAS	PTO	30.00	1,437.98	43,139.40						4.50	6.00	7.50	6.00	6.00
29.00 EQUIPOS DE EMERGENCIA	UND	165.00	642.91	106,080.00								41.25	66.00	52.75
30.00 GASTOS GENERALES	MES	10.00	46,700.00	467,000.00	1.15	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.64

II.5. Desarrollamos el cronograma valorizado de los procesos.

PROCESO	UNIDAD	METRADO	PU	PARCIAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
01.00 OBRAS PROVISIONALES	GLB	1.00	28,000.00	28,000.00	17,000.00		550.00		1,320.00	1,320.00	1,320.00	1,320.00	2,750.00	1,100.00
02.00 TRAZO Y REPLANTEO	M2	4,219.00	10.00	42,190.00	42,190.00									
03.00 CORTE DE TERRENO	M3	4,395.97	5.57	24,507.83	4,901.57	9,903.13	9,903.13							
04.00 ELIMINACIÓN MATERIAL EXC	M3	6,100.25	14.25	86,928.50	17,385.71	34,771.42	34,771.42							
05.00 EXCAVACIÓN, RELLENO Y CO	M3	652.96	25.44	22,556.13	3,542.26	7,084.51	7,326.75	581.38	581.38	581.38	581.38	581.38	1,211.71	484.49
06.00 CONCRETO	M3	1,456.03	288.18	431,676.23	34,201.43	34,201.43	60,233.83	66,659.92	64,199.38	61,738.84	61,738.84	48,702.41		
07.00 ANCLAJE MURO PANTALLA	M2	943.00	236.00	222,548.00	66,764.40	155,783.60								
08.00 ENCOFRADO	M2	9,638.95	35.04	337,720.92	27,060.10	27,060.10	32,772.03	49,952.02	51,992.20	53,912.38	53,912.38	41,119.71		
09.00 ACERO	KG	97,592.00	3.75	365,970.01	35,913.42	35,913.42	43,797.76	57,298.73	54,565.20	51,331.67	51,331.67	35,318.14		
10.00 LADRILLOS DE TECHO	UND	10,211.00	2.10	21,443.10					3,216.47	6,432.93	6,432.93	5,360.78		
11.00 MURO DE SOGA	M2	1,306.42	39.06	51,028.46					7,614.48	10,152.64	12,690.80	10,245.48	10,285.28	39.79
12.00 MURO DE DRYWALL	M2	220.90	59.00	13,033.10										
13.00 TARRAJEO Y DERRAMES	M2	9,555.23	21.85	208,770.21						31,315.53	62,631.06	62,631.06	52,192.55	
14.00 PISO PORCELANATO	M2	1,123.42	105.00	117,959.10										
15.00 PISOS Y ZOCALOS DE CERÁMI	M2	2,208.78	42.02	92,616.31										
16.00 EMPASTADO, LIJADO Y PINTU	M2	10,365.24	5.81	60,217.16										
17.00 PUERTAS DE MADERA	UND	75.00	315.93	23,695.00										
18.00 PUERTAS METÁLICAS	M2	129.42	224.19	29,014.68										
19.00 VENTANA Y PUERTAS DE ALU	M2	780.86	134.07	104,689.00										
20.00 APARATOS SANITARIOS	PZA	148.00	431.65	63,894.55										
21.00 SALIDAS DE DESAGUE Y VENT	PTO	220.90	149.38	47,205.64					2,160.28	5,664.68	5,664.68	5,664.68	11,801.41	4,720.56
22.00 SALIDA DE AGUA FRIA Y CALI	PTO	176.00	340.48	59,923.69					2,290.18	7,190.84	7,190.84	7,190.84	14,960.92	5,992.37
23.00 SALIDA DE AGUA CONTRAINC	PTO	13.00	13,628.14	177,165.79										
24.00 CONEXIONES ELECTRICAS EX	M	7,031.00	25.32	178,018.00										
25.00 AIRE ACONDICIONADO	GLB	1.00	157,785.75	157,785.75										
25.00 PUNTOS DE INSTALACIONES	UND	1,569.00	85.18	135,210.00										
25.00 ARTEFACTOS ELECTRICOS	UND	603.00	196.15	118,280.00										
26.00 SALIDAS DE GAS	PTO	30.00	1,437.96	43,139.40										
27.00 EQUIPOS DE EMERGENCIA	UND	165.00	642.91	106,080.00										
28.00 GASTOS GENERALES	MES	10.00	46,700.00	467,000.00	56,383.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	42,863.64	67,717.27

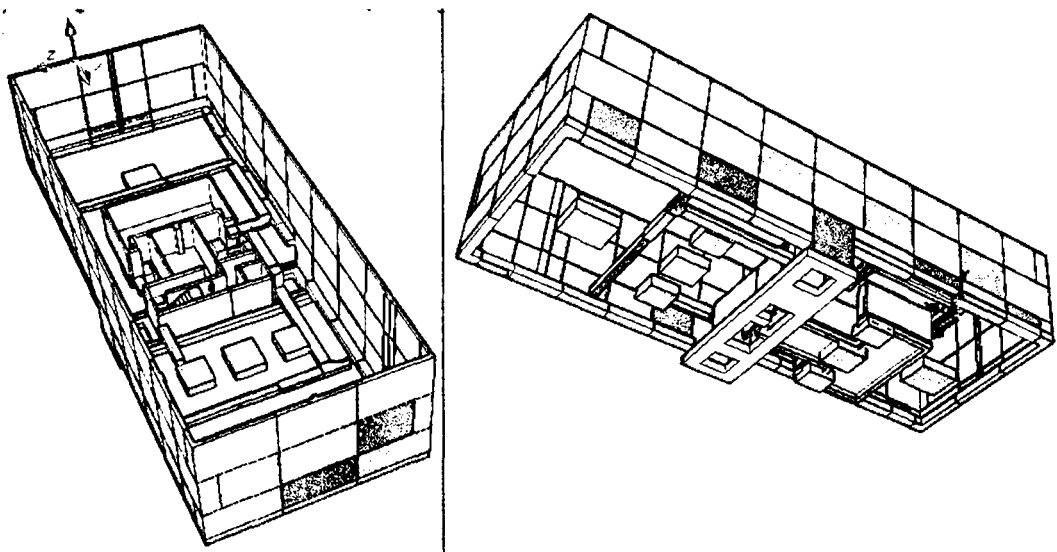
II.6. Nombramiento de los responsables por proceso y desarrollo de organigrama por procesos.

PROCESO	RESPONSABLES	CARGO
01.00 OBRAS PROVISIONALES	Alberto Clebes	Logística
02.00 TRAZO Y REPLANTEO	José Palomino	Topógrafo
03.00 CORTE DE TERRENO	Mario Chirinos	Contra. Mov. Tierra
04.00 ELIMINACIÓN MATERIAL EXC	Mario Chirinos	Contra. Mov. Tierra
05.00 EXCAVACIÓN, RELLENO Y CO	Mario Chirinos	Contra. Mov. Tierra
06.00 CONCRETO	Mario Rodriguez	Contra. UNICON
07.00 ANCLAJE MURO PANTALLA	Fernando Estrada	Contra. Geotécnica
08.00 ENCOFRADO	Carlos Oliva	Contra. Peri
09.00 ACERO	Roberto Chiullari	Contra. Incaferro
10.00 LADRILLOS DE TECHO	Antonio Vargas	Contra. General
11.00 MURO DE SOGA	Antonio Vargas	Contra. General
12.00 MURO DE DRYWALL	Antonio Vargas	Contra. General
13.00 TARRAJEO Y DERRAMES	Antonio Vargas	Contra. General
14.00 PISO PORCELANATO	Virgilio Lima	Contra., Mayolicas
15.00 PISOS Y ZOCALOS DE CERÁMI	Virgilio Lima	Contra., Mayolicas
16.00 EMPASTADO, LIJADO Y PINTU	Virgilio Lima	Contra., Mayolicas
17.00 PUERTAS DE MADERA	Pedro Baez	Carpintero
18.00 PUERTAS METÁLICAS	Pedro Baez	Carpintero
19.00 VENTANA Y PUERTAS DE ALU	Wilder Chavez	Contra. Metalix
20.00 APARATOS SANITARIOS	Roy Dianderas	Contra. Sanitario
21.00 SALIDAS DE DESAGUE Y VENT	Roy Dianderas	Contra. Sanitario
22.00 SALIDA DE AGUA FRIA Y CALI	Roy Dianderas	Contra. Sanitario
23.00 SALIDA DE AGUA CONTRAINC	Roy Dianderas	Contra. Sanitario
24.00 CONEXIONES ELECTRICAS EX	Roy Dianderas	Contra. Sanitario
25.00 AIRE ACONDICIONADO	Alberto Andrade	Contra. Electrico
25.00 PUNTOS DE INSTALACIONES	Alberto Andrade	Contra. Electrico
26.00 ARTEFACTOS ELECTRICOS	Alberto Andrade	Contra. Electrico
26.00 SALIDAS DE GAS	Alberto Andrade	Contra. Electrico
27.00 EQUIPOS DE EMERGENCIA	Alberto Andrade	Contra. Electrico
28.00 GASTOS GENERALES	José Mujica	Administrador



III. Planificación Intermedia

III.1. Realizamos un diagrama en tres dimensiones para identificar la secuencia de los procesos.

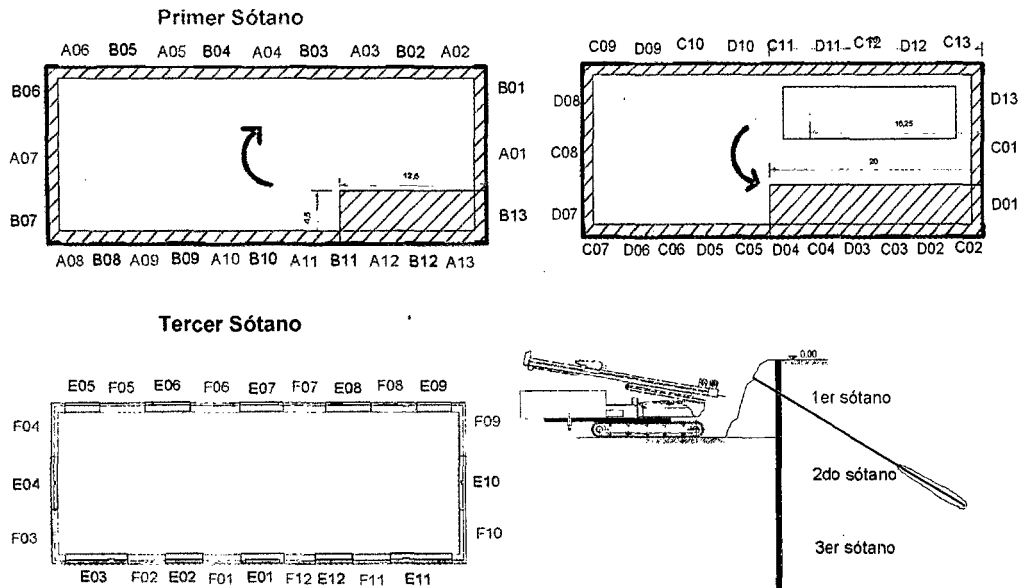


III.2. Desarrollamos una programación tentativa por las primeras semanas.

PROGRAMACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS PANTALLA									
	Semana1	Semana2	Semana3	Semana4	Semana5	Semana6	Semana7		
	12/04-18/04	19/04-25/04	26/04-02/05	03/05-09/05	10/05-16/05	17/05-23/05	24/05-30/05		
Primer Nivel	C	C							
Segundo Nivel			A B	C	C				
Tercer Nivel					A	A	C	C	

A	Escavación Masiva
B	Anclaje de Muros
C	Construcción de Muros

III.3. Dividimos la estructura por lotes para poder identificarlos y programarlos.



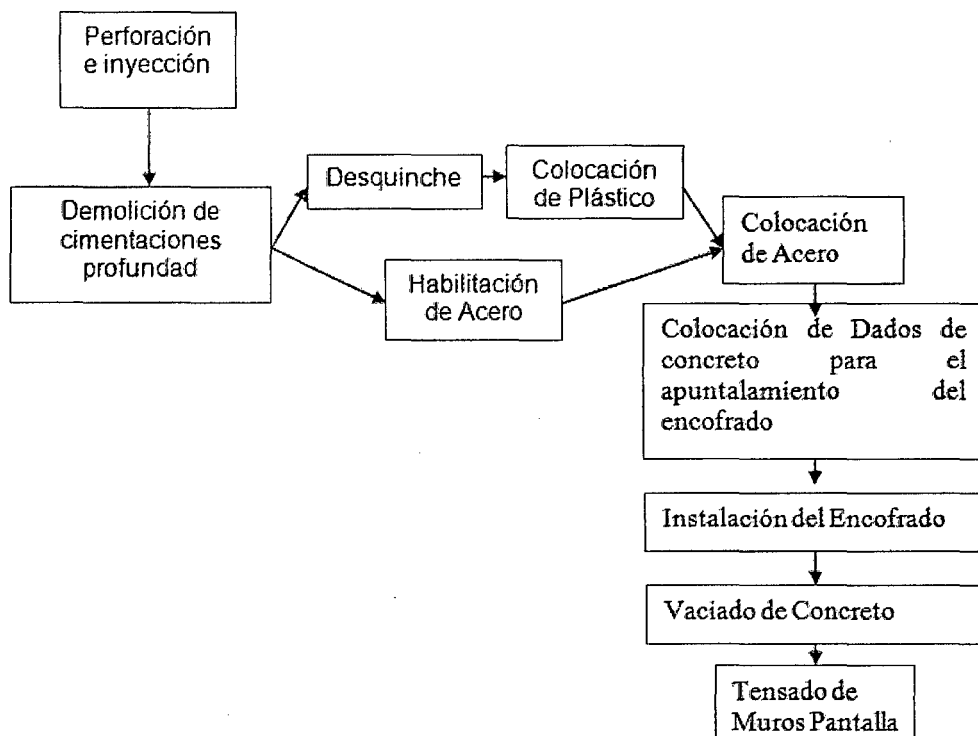
IV. Último Planificador

IV.1. Se realiza una reunión de obra con todos los responsables de los procesos con el objetivo de definir la programación semanal.

- Ing. Residente:** Virgilio Vitteri
- Ing. Producción:** Christian Altamirano
- Ing. Seguridad:** Kinyi Lima
- Maestro Obra:** Roberto Urquiza
- Administrador:** Pedro Vargas

Almacenero: Bejar Moreno

IV.2. Definimos la secuencia de procesos que involucra cada lote de trabajo, en este caso es la construcción de un paño del muro pantalla.



IV.3. Definimos el metrado y el tiempo de los procesos de cada lote de trabajo.

Proceso	Metrado	Tiempo
Perforación e Inyección	01.0 uni	3.5 horas
Demolición de cimentación profunda	03.0 m3	3.0 horas
Desquinche de talud	17.0 m3	1.0 horas
Colocación de plástico en talud	11.2 m2	0.5 horas
Habilitación de Acero	270.0 kg	1.0 horas
Colocación de Acero	270.0 kg	1.0 horas
Colocación de Dados	5 uni	0.3 horas
Instalación de Encofrado	11.2 m2	2.5 horas
Vaciado de concreto	4.5 m3	1.0 hora

IV.4. Revisamos lo que finalmente se ejecutó para solucionar la causa de no cumplimiento de la semana antepasada.

SEMANA:01 INICIO: 12/04/2010 FINAL: 17/04/2010

Causa de no cumplimiento	Solución Propuesta	Solución Ejecutada	Responsable
Luz del Sur demoró tres días en realizar el aumento de carga	Mandar carta de queja de servicio a la empresa eléctrica	Igual a lo propuesto	Administrador Pedro Vargas
No se puede desquinchar un día antes por tener interferencia de desmontes	Realizar la eliminación de material en las primeras horas de la mañana	Se empleó dos días completos para la eliminación de material.	Contratista de maquinarias Alberto Chirinos
La máquina perforadora tubo una avería en obra, paralizando los trabajos por dos días	Pedir el cambio de perforadora por una que tenga como mínimo dos años de antigüedad	Se realizó un mantenimiento general para la perforadora con el objetivo de evitar averías.	Contratista de perforación Carlos Arrollo

IV.5. Hacemos la comparación de lo planificado y ejecutado de la semana anterior.

SEMANA: 02 INICIO: 19/04/2010 FINAL: 24/04/2010

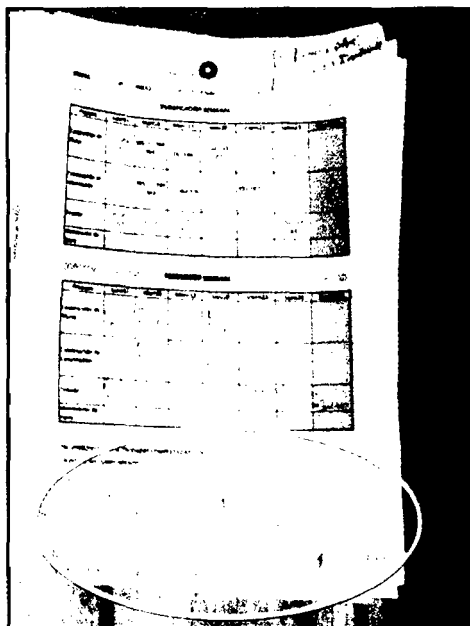
PLANIFICACIÓN SEMANAL

Procesos	Lune19	Mart20	Mierc21	Juev22	Viern23	Saba24	Domin25
Anclaje e inyección							
Desquínche y Acero	B08 B05 B07 B09	B12 B13 A10	B06	A11 A12 A13	A06 B04		
Encofrado y Concreto	B01 B08	B05 B07 B09	B12 B13 A10	B06	A11 A12 A13	A06 B04	
Tensión	A07 B03 B02		B01 B08	B05 B07 B09	B12 B13 A10	B06	
Movimiento de tierra							

PRODUCCIÓN SEMANAL

Procesos	Lune19	Mart20	Mierc21	Juev22	Viern23	Saba24	Domin25
Anclaje e inyección							
Desquínche y Acero	B08 B05 B07 B09	B07 B10	B13 B12 A13	B06 A06	A12 A10		
Encofrado y Concreto	B01 B08	B05 B04	B07 B09 B10	B13 B12 A13	B06 A06	A12 A10	
Tensión	A07 B03 B02		B01 B08	B05 B04	B07 B09 B10		
Movimiento de tierra							

IV.6. La planificación semanal se coloca en un lugar visible para que los involucrados puedan ver su desarrollo en el transcurso de la semana y puedan colocar las causas de no cumplimiento que suceden diariamente.



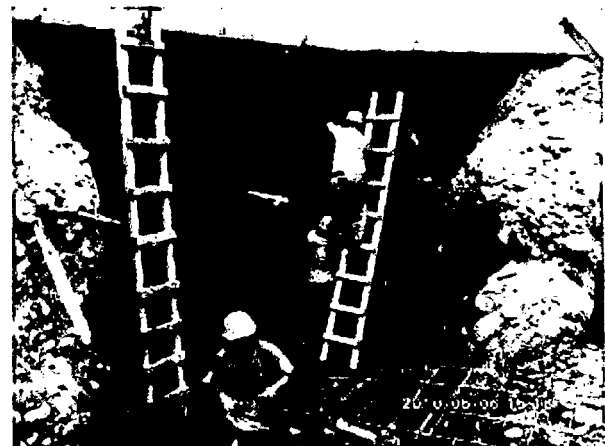
IV.7. Definimos los procedimientos de cada proceso con el objetivo de identificar las causas de no cumplimiento y poder mejorar los trabajos.

Antecedente: Previamente se realiza el P01 Proceso de desquinche	
P02A Construimos andamios para colocar el acero dimensionado en forma ordenada.	P02B Identificamos las piezas de acero según la cartilla del proveedor, tenemos que asegurar que los operarios entiendan las nomenclaturas.

P02C Una vez realizada la excavación de un paño se prepara la lechada de concreto para evitar el desmoronamiento del talud.



P02D Se procede en colocar plástico para impermeabilizar el terreno para evitar que tenga contacto con el muro de concreto.



P02E Se preparan las mallas de acero dimensionado paralelamente al desquinche del talud.



P02F Después de colocar la primera malla acoplamos refuerzos más pequeños en medio del paño para contrarrestar el punzonamiento producido por la tensión de los anclajes.



P02G Si fuera el caso colocamos las columnas para después adicionarle varillas de acero con el propósito de estabilizar la malla.



P02H Colocamos la segunda malla teniendo cuidado en dejar espacio para el anclaje que se encuentra en el centro del muro pantalla.



IV.8. Al final de la semana enumeramos las causas de no cumplimiento y calculamos el porcentaje de actividades cumplidas, con el objetivo de tomar acciones correctivas, estas acciones son expuestas en la reunión de obra de la semana siguiente y se pide la opinión de los involucrados para realizar su pronta ejecución.

PAC= Actividades Completadas/ Actividades Programadas=37/39=95%

IV.9. Determinamos el origen de las causas de no cumplimiento y proponemos una solución.

Causas de no cumplimiento	Origen	Solución Propuesta
Los operarios invierten una hora diaria en escoger el acero para armaduras.	El acero dimensionado llega a obra en paquetes y los operarios tienen que alzar cada paquete para escogerlos	Preparar andamios con distintos niveles para que el acero pueda encogerse cuando sea requerido
Dificultad en colocar acero por las cimentaciones profundas	Se descubrió cimentaciones profundas de la antigua edificación.	Contratar a tres especialistas en demolición para evitar interferencias

IV.10. Definimos todas las tareas que podemos realizar la siguiente semana.

Procesos	Lotes de trabajo disponibles	Restricción
Anclaje	26 und	Tiene que haber espacio para la correcta ubicación de la perforadora.
Inyección	26 und	Depende del anclaje y del oportuno aprovisionamiento de aditivo para la inyección.
Desquinche	20 und	La excavadora tiene que estar disponible para evitar demoras en el desquinche
Habilitación de Acero	20 und	El acero dimensionado tiene que estar oportunamente en obra.
Colocación de Acero	15 und	Depende del desquinche y la habilitación de acero
Encofrado y Concreto	15 und	Depende de la colocación de acero y del tiempo oportuno para no pasarse del Horario de trabajo
Tensión	12 und	Tiene que haber pasado tres días para poder tensar los muros

IV.11. Desarrollamos el cronograma de la semana siguiente.

SEMANA: 03 INICIO: 03/05/2010 FINAL: 08/05/2010

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Procesos	Lune03	Mart04	Mierc05	Juev06	Viern07	Saba08
Anclaje	C07 D06 C06 D05	C08 D07 C04 D04	C03 D03 C02 D02	C01 C09 D09 C10	C11 D11 C12 D12	C13 D13
Inyección			C05 C06 C07 C08	C04 C03 C02 C01	C09 C10 C11	D06 D05 D04 D03
Construcción de Muros			C05 C06 C07 C08	C04 C03 C02 C01	C09 C10 C11	D06 D05 D04 D03
Tensión					C05 C06 C07 C08	C04 C03 C02 C11

ANEXO II

Planificación Vs Producción Semanal

SEMANA: 02 INICIO: 19/04/2010 FINAL: 24/04/2010

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Procesos	Lune19	Mart20	Mierc21	Juev22	Viern23	Saba24
Anclaje e inyección						
Desquinche y Acero	B08 B05 B07 B09	B12 B13 A10	B06	A11 A12 A13	A06 B04	
Encofrado y Concreto	B01 B08	B05 B07 B09	B12 B13 A10	B06	A11 A12 A13	A06 B04
Tensión	A07 B03 B02		B01 B08	B05 B07 B09	B12 B13 A10	B06
Movimiento de tierra						

PRODUCCIÓN SEMANAL

Procesos	Lune19	Mart20	Mierc21	Juev22	Viern23	Saba24
Anclaje e inyección						
Desquinche y Acero	B08 B05 B07 B09	B07 B10	B13 B12 A13	B06 A06	A12 A10	
Encofrado y Concreto	B01 B08	B05 B04	B07 B09 B10	B13 B12 A13	B06 A06	A12 A10
Tensión	A07 B03 B02		B01 B08	B05 B04	B07 B09 B10	
Movimiento de tierra						

PAC (PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS): 95 %

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

Las columnas interiores reducen la eficiencia de los fierros

Los fierros restringen las operaciones porque tienen que escoger el acero dimensionado

SEMANA: 03 INICIO: 26/04/2010 FINAL: 30/04/2010

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Procesos	Lune26	Mart27	Mierc28	Juev29	Viern30	Saba01
Demolición de cimentaciones	50%	50%				
Solaqueo de Muros	A01 B01 A02 B02 A03 B03	A04 B04 A05 B05 A06 B06	A07 B07 A08 B08 A09 B09	A10 B10 A11 B11 A12 B12	A13 B13	
Anclaje e inyección			Traslado de maquinas	C01 D01 C02 D02 C03 D03	C04 D04 C05 D05 C06 D06	
Movimiento de tierra	50%	50%				

PRODUCCIÓN SEMANAL

Procesos	Lune26	Mart27	Mierc28	Juev29	Viern30	Saba01
Demolición de cimentaciones	50%	50%				
Solaqueo de Muros	A01 B01 A02 B02 A03 B03 A04 B04 A05 B05	A06 B06 A07 B07 A08 B08 A09 B09 A10 B10	A11 B11 A12 B12 A13 B13			
Anclaje e inyección				Traslado de maquinas		
Movimiento de tierra		10%	25%	25%	25%	

PAC (PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS): 44%

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

Contratista de Movimiento de Tierra no transportó su maquinaria a obra el lunes 26

El día 27 en la mañana se malogró la excavadora

La perforadora de Geotécnica llegó el jueves 29 y se malogró todo el día

Nueva resolución municipal que limita el tránsito de camiones desde las 9:00am hasta las 5:00pm

Geotécnica no trajo todos los materiales para el día viernes 30 y no realizó ninguna perforación

SEMANA: 04 INICIO: 03/05/2010 FINAL: 08/05/2010

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Procesos	Lune03	Mart04	Mierc05	Juev06	Viern07	Saba08
Anclaje	C07 D06 C06 D05	C08 D07 C04 D04	C03 D03 C02 D02	C01 C09 D09 C10	C11 D11 C12 D12	C13 D13
Inyección			C05 C06 C07 C08	C04 C03 C02 C01	C09 C10 C11	D06 D05 D04 D03
Construcción de Muros			C05 C06 C07 C08	C04 C03 C02 C01	C09 C10 C11	D06 D05 D04 D03
Tensión					C05 C06 C07 C08	C04 C03 C02 C11

PRODUCCIÓN SEMANAL

Procesos	Lune03	Mart04	Mierc05	Juev06	Viern07	Saba08
Anclaje	C07 D06 C06 D05	D04 C04 D03	C03 C02 C01	D01 C05	C09 D09 D08	C10
Inyección				C08 C06 C05	C07 D07 C04	D05 D04 D03 C03
Construcción de Muros			C08 C06 C05	C07 C04	C02 C03	C09 D08

PAC (PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS): 60 %

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

Luz del Sur demoró hasta el Miércoles para colocar el aumento de carga
Recién se desquíncha en la mañana porque no hay espacio para avanzar un día antes
No hay suficiente espacio y los procesos se restringen entre sí.
EL Jueves se malogró la perforadora de geotécnica
El viernes se rompió una de las mangueras de la perforadora de geotécnica

SEMANA: 05 INICIO: 10/05/2010 FINAL: 15/05/2010

PLANIFICACIÓN SEMANAL

Procesos	Lune10	Mart11	Mierc12	Juev13	Viern14	Saba15
Anclaje	D04 C11		D11 C12 D12 C13 D13			
Inyección		D02 C02 D01 D08 C09 C10		D11 C12 D12 C13 D13		
Construcción de Muros		C10 D07 D06 D05	D04 D03 D02 D01	D09 C11 D10	C01 D11 D12	D13 C13 C12
Tensión	C06 C05 C08			D02 C02 D01 D08 C09 C10		

PRODUCCIÓN SEMANAL

Procesos	Lune10	Mart11	Mierc12	Juev13	Viern14	Saba15
Anclaje	D04 C11		D11 C12	D12 C13	D13	
Inyección		D04 C11		D11 C12	D12 C13	D13
Construcción de Muros		D10 D07 D06 D05	D02 D01	D04 D03		
Tensión	C06 C05 C08			D02 C02 D01 D08	C09 C10	

PAC (PORCENTAJE DE ACTIVIDADES COMPLETADAS): 70%

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

El volumen de material impide el movimiento de maquinarias

No se puede desquincar un día antes debido que la excavadora no tiene espacio para las operaciones

El miércoles en la tarde se malogró la excavadora restringiendo los trabajos

Se estuvo trabajando con la excavadora de manera parcial

El viernes en la mañana recién se arregló la excavadora

Devuelta se malogró la excavadora el viernes en la tarde

Se tuvo que cancelar los vaciados de concreto del Viernes y el sábado por no tener excavadora disponible