

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**PROPUESTA DE GESTIÓN DEL PLANEAMIENTO DE OBRAS DE
EDIFICACIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE LÍNEAS DE FLUJO, EL
VALOR GANADO Y EL RESULTADO OPERATIVO PROYECTADO EN
PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS**

Tesis para optar el título de INGENIERO CIVIL, que presenta el bachiller:

JESÚS MANUEL DURAND TORRES

ASESOR: Ing. Luis Bravo Salomón

Lima, Julio del 2018

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores por su esclarecimiento,

A mis jefes y compañeros de trabajo por sus enseñanzas,

A mis amigos por la motivación,

Al ingeniero Adriano Ossola por sus enseñanzas respecto al resultado operativo proyectado,

Al PhD. Olli Seppänen por su colaboración respecto a las Líneas de Flujo,

A la empresa JJR DURAND S.A.C. por permitir iniciar el proceso de implementación del sistema de gestión,

A la empresa Aesa Constructora S.A.C. por su conocimiento acerca del valor ganado,

A la empresa Wescon S.A. y Abril Grupo S.A.C. por permitir analizar los datos de sus obras,

Finalmente agradecer especialmente a mi familia por el constante apoyo, paciencia y confianza para realizar la presente tesis.

RESUMEN

La presente tesis centra su atención en dos vértices del triángulo de hierro para la gestión de proyectos: costo y plazo. En base a ello, presenta herramientas y metodologías que pretenden reducir tiempos de ejecución, agilizar el aprendizaje, reducir el error y, sobre todo, tomar decisiones más certeras para la gestión de la obra.

El marco teórico rescata y complementa conceptos particulares de las filosofías, guías y metodologías actualmente usados. Particularmente sobre el PMBOK, Lean construction, Sistemas Integrados de gestión, conceptos de metodologías ágiles, metodologías de planeamiento y de control de costos.

Dentro de la gestión del tiempo, se explica la metodología del Sistema Last Planner (LPS) y su importancia en las obras de construcción. Así mismo, se presenta a las Líneas de Flujo (LF) como un método de programación complementario y no alternativo, y se enfoca en revisar las programaciones a nivel de partidas generales. En otras palabras, se introduce las LF al esquema de planeamiento del Last Planner.

Así mismo, la tesis ofrece un software gratuito de visualización de Líneas de Flujo que solo requiere la configuración de la programación de obra de acuerdo a un formato en Microsoft Excel (herramienta altamente divulgada y muy usada en el rubro de la construcción). Además, se presenta los componentes resultantes de la integración del LF al LPS.

Por otro lado, la tesis enfoca la gestión de costos mediante el desarrollo de la metodología del valor ganado y resultados operativos proyectados.

Adicionalmente, la tesis ofrece un video explicativo de los conceptos económicos detrás del resultado operativo proyectado (ROP) con la finalidad de aprender, reforzar los conceptos y aprender el uso de la herramienta.

Finalmente, se exponen tres casos de aplicación, uno para cada metodología desarrollada.

Palabras Clave: Líneas de Flujo (LF), Líneas de Balance (LoB), Sistema basado en la localización (LBMS), Método de diagrama de precedencia (PDM), Relaciones de precedencia de punto a punto (PTPRP), Visualización, Sistema Last Planner (LPS), Resultado Operativo (RO), Valor Ganado (VG), Resultado Operativo Proyectado (ROP), Sistema Integrado de Gestión de Construcción (SIGC), Enterprise Resource Planning (ERP).

CONTENIDO

ÍNDICE DE IMÁGENES.....	vi
CAPITULO 1: Objeto de la investigación.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación del estudio	2
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Generales	3
1.5. Específicos.....	3
MARCO TEÓRICO.....	5
CAPÍTULO 2: Lineamientos generales de la gestión de proyectos.....	5
2.1 Triángulo de Hierro	5
2.2 PMBOK.....	6
2.3 Filosofía Lean Construction.....	10
2.4 Planificación, control y ejecución.....	12
2.5 Sistema Integrado de Gestión de Construcción (SIGC).....	12
2.6 Consideraciones para la presente tesis.....	14
CAPÍTULO 3: Metodologías de gestión de proyectos más usadas actualmente.....	15
3.1 Diagrama de Gantt, Cuadro Pert y Cadena Crítica.....	15
3.2 Cadena crítica (CCM).....	16
3.3 Sistema Last Planner (LPS)	17
3.3.1 Planificación tradicional	17
3.3.2 Sistema de control Last Planner (LPS)	17
3.4 Líneas de Flujo.....	19
3.4.1 Historia	19
3.4.2 Concepto	22
3.4.3 Definición de Líneas de Balance (LoB)	25
3.4.4 Definición de Líneas de Flujo (LF)	26
3.4.5 Diferencias entre Líneas de Balance (LoB) y Líneas de Flujo (LF)	28
3.4.6 Ventajas y Desventajas de las Líneas de Flujo.....	28

3.4.7	Líneas de Flujo en la planificación y programación.....	32
3.5	Consideraciones más importantes de las metodologías Gantt, PERT/CPM y CCM	
	33	
	METODOLOGÍA.....	35
	CAPÍTULO 4: Metodología de Líneas de Flujo.....	35
4.1	Requisitos y/o restricciones.....	35
4.2	Introducción	35
4.3	Directivas	36
4.4	Estructura de descomposición del Trabajo (WBS)	37
4.5	Estructura de descomposición de la ubicación (LBS).....	38
4.6	Buffers.....	39
4.7	Sistema de relaciones de precedencia.....	40
4.8	Cronograma Maestro, Tren de actividades, Lookahead y Plan semanal	42
4.9	Lectura de Líneas	44
4.10	Indicadores de las LF.....	45
4.11	Software de visualización de Líneas de Flujo.....	46
4.11.1	Introducción.....	46
4.11.2	Requisitos técnicos para el uso del software	47
4.11.3	Presentación inicial.....	47
4.11.4	Datos de Entrada.....	47
4.11.5	Procesamiento de Datos.....	50
4.11.6	Datos de Salida	51
	CAPÍTULO 5: Metodología y Herramientas del control de Costos.....	52
5.1	Diferencias y relaciones entre el control económico de obra y el control económico-financiero de gerencia.....	52
5.2	Introducción a la metodología de control de costos con el Resultado Operativo – Valor Ganado (RO) y Resultado Operativo Proyectado (ROP)	54
5.3	Modelo de conversión de procesos para las metodologías de control de costos....	55
5.4	Componentes globales de la metodología.....	57
5.4.1	Plan de Fases o Partidas de Control (PC)	57

5.4.2	Estructura de descomposición de la Ubicación (LBS)	58
5.4.3	Matriz de verificación PC - LBS	60
5.4.4	Glosario	61
5.4.5	Responsabilidades	64
5.4.6	Información de ingresos (Venta)	66
5.4.7	Información de egresos (Costos)	67
5.4.8	Provisiones	69
5.4.9	Calendario de entregas.....	70
5.4.10	Conciliación con Contabilidad o Cierre Contable	71
5.5	Resultado Operativo – Gestión del Valor Ganado	72
5.5.1	Interpretación.....	72
5.5.2	Esquema general.....	73
5.5.3	Valor Planeado (VP)	75
5.5.4	Valor Ganado Total (VGT)	75
5.5.5	Costo Real.....	76
5.5.6	Índices de desempeño.....	76
5.5.7	Curva de Costos Acumulados (Curva S)	77
5.6	Resultado Operativo Proyectado (ROP).....	77
5.6.1	Consideraciones	78
5.6.2	Proyecciones	78
5.6.3	Costo de Stock de materiales	81
5.6.4	Margen Ponderado	81
5.6.5	Margen directo (M.D.) y Margen Real (M.R.)	83
5.6.6	Diferencia entre margen previsto y margen ponderado.....	85
5.6.7	Análisis del Resultado Pendiente.....	85
5.6.7.1	Análisis de margen (real y previsto) por fases en el acumulado actual de obra 86	
5.6.7.2	Diferencia de márgenes	87
5.6.7.3	Contingencia - Sinceramiento de margen ponderado.....	88

5.7	Elementos más importantes de las metodologías presentadas	90
5.8	Preguntas frecuentes	91
CASOS PRÁCTICOS		95
CAPÍTULO 6: Edificio Génova – Líneas de Flujo.....		95
	Descripción del caso de aplicación	95
	Características generales del proyecto	95
	Programación	96
	Resultado de aplicación.....	97
CAPÍTULO 7: Edificio Multifamiliar Condominio City – Valor Ganado.....		98
	Descripción del caso de aplicación	98
	Características generales del proyecto	98
	Resultado de aplicación.....	99
CAPÍTULO 8: El Olivar I – Resultado Operativo Proyectado		100
	Descripción del caso de aplicación	100
	Características generales del proyecto	100
	Resultado de aplicación.....	101
RESULTADOS.....		104
CAPÍTULO 9: Conclusiones, comentarios y recomendaciones		104
	Conclusiones generales.....	104
	Conclusiones en relación a la Gestión del tiempo.....	104
	Conclusiones en relación a la Gestión de Costos	109
	Comentarios sobre las herramientas	112
	Comentarios sobre los sistemas	113
BIBLIOGRAFÍA		115

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 2-1: Ejemplo de la forma del Triángulo de Hierro para tipos de proyectos Scrum y Kanban (Elaboración propia)	5
Imagen 2-2: Concepción de la gestión de un proyecto de construcción (Elaboración propia)	7
Imagen 2-3: Interacción de los grupos de procesos en una fase o proyecto (PMI, 2013)	12
Imagen 2-4: Propuesta de estructura de un SIGC (Elaboración propia)	13
Imagen 3-1: Esquema general del sistema Last Planner (Nieto, 2009)	18
Imagen 3-2: Componentes del LPS (Elaboración propia)	19
Imagen 3-3: Diagrama de Líneas de flujo del Edificio Empire State Building, inicio de su construcción el 17 de marzo de 1930 (Kenley & Seppänen, 2010).....	20
Imagen 3-4: Sistema Candy – Líneas de Balance en Edificaciones (Fuente: Timelink)	21
Imagen 3-5: Ejemplo de LoB indicando la cantidad de cuadrillas para cada tarea (Adaptado de (Kenley & Seppänen, 2010))	26
Imagen 3-6: Ejemplo de LoB tareas ejecutadas y planificadas (Elaboración propia)	26
Imagen 3-7: Dimensiones y parámetros de LF (Adaptado de Vico Trimble)	27
Imagen 3-8: Ejemplo de dibujo de LF sin la ayuda de un software (Elaboración propia)	29
Imagen 3-9: Ejemplo de dibujo de LF manual y en Excel (Elaboración propia)	30
Imagen 3-10: Ejemplo de dibujo de LF en Excel con serie de Datos (Elaboración propia) ...	30
Imagen 3-11: Ejemplo de dibujo de LF en Excel sin serie de datos (Orihuela & Estebes, 2013)	30
Imagen 4-1: Flujo de herramientas de programación (Elaboración propia).....	37
Imagen 4-2: WBS para la obra “Condominio City” (Elaboración propia)	37
Imagen 4-3: Formas de realizar un WBS (Elaboración propia)	38
Imagen 4-4: Ejemplo de niveles de LBS (Elaboración propia).	39
Imagen 4-5: Ejemplo de LBS para la tarea de Concreto y Acabados (Elaboración propia) adaptado de (Kenley & Seppänen, 2010).....	39
Imagen 4-6:Control de buffer de tiempo (Elaboración propia).....	40
Imagen 4-7: Modelado de actividades superpuestas con punto a punto (Hajdu, 2015)	41
Imagen 4-8: Ejemplo de tren de actividades de la estructura de un edificio (Brioso, Humero, & Calampa, Comparing Point-to-point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A housing project of highly repetitive processes case study, 2016).....	42
Imagen 4-9: Esperas y reinicios de trabajos (Elaboración propia). Adaptado de (Vico Software Trimble, 2010)	44
Imagen 4-10: Buffers de tiempo entre actividades (Elaboración propia).	44
Imagen 4-11: Trabajos paralelos (Elaboración propia).	44

Imagen 4-12: Interferencia de tareas en la misma ubicación (Elaboración propia)	45
Imagen 4-13: Ingreso al Software (Elaboración propia)	47
Imagen 4-14: Menú del Programa (Elaboración propia)	47
Imagen 4-15: Adaptación del Tren de actividades para su traspaso al “formato de importación” (Elaboración propia)	48
Imagen 4-16: Pestañas del archivo de importación (Elaboración propia)	48
Imagen 4-17: Hoja de configuración de datos (Elaboración propia).....	49
Imagen 4-18: Hoja de programación de obra (Elaboración propia).....	49
Imagen 4-19: Lógica para ingresar datos (Elaboración propia).....	49
Imagen 4-20: Lógica para ingresar datos cuando la tarea termina en el techo del LBS2 indicado (Elaboración propia)	50
Imagen 4-21: Tarea antes de modificar su fecha de fin (Elaboración propia)	50
Imagen 4-22: Tarea luego de modificar su fecha de fin (Elaboración propia)	50
Imagen 4-23: Filtro de visualización por Tarea y por ubicación (Elaboración propia).....	51
Imagen 4-24: Menú del programa - Descargar archivo (Elaboración propia)	51
Imagen 4-25: Tipos de archivos exportables del programa (Elaboración propia).....	51
Imagen 5-1: Interacción entre controles económicos para un proyecto de construcción (Elaboración propia)	53
Imagen 5-2: Ejemplo diferenciador de consideraciones del tiempo para el control económico (Elaboración propia).	54
Imagen 5-3: Lógica general de metodología de gestión de costos (Elaboración propia).....	55
Imagen 5-4: Componentes generales del RO y ROP (Elaboración propia).....	55
Imagen 5-5: Esquema de Resultado Operativo General de Obra (Elaboración propia).	56
Imagen 5-6: Línea de tiempo con los campos del ROP (Elaboración propia).	56
Imagen 5-7: Resultado de las metodologías de costo (Elaboración propia).....	57
Imagen 5-8: Vale de salida de almacén con campo de ubicación o destino (Elaboración propia).....	60
Imagen 5-9: Matriz de Verificación PC – LBS (Elaboración propia).	61
Imagen 5-10: Propuesta de organigrama de una obra en una empresa constructora; ejemplo para JJR DURAND S.A.C. (Elaboración propia).....	65
Imagen 5-11: Calendario de Entregas para la Elaboración de Resultado Operativo para la Obra “El Olivar I” (Elaboración propia).....	70
Imagen 5-12: Componentes generales del RO Valor Ganado (Elaboración propia).	73
Imagen 5-13: Descripción de las hojas de Cálculo para el Resultado Operativo - Valor Ganado (Elaboración propia).	74
Imagen 5-14: Orden de columnas para trabajar el RO Valor Ganado (Elaboración propia)..	75

Imagen 5-15: Fórmulas que relacionan los componentes del valor ganado (Elaboración propia).....	76
Imagen 5-16: Curva de costos acumulados (Schwarz, 17).....	77
Imagen 5-17: Hoja de datos generales y pestañas del formato para el ROP (Elaboración propia).....	77
Imagen 5-18: Requerimientos mínimos para realizar las Proyecciones (Elaboración propia).	80
Imagen 5-19: Proyecciones del Presupuesto – Es igual que el valor planeado (Elaboración propia).....	80
Imagen 5-20: Hoja Resumen de Proyecciones de costo por Fase o Partida de Control General (Elaboración propia).	81
Imagen 5-21: Elementos considerados en las proyecciones de ingreso y egreso (Elaboración propia).....	81
Imagen 5-22: Transformación de Provisiones en Proyecciones (Elaboración propia).....	82
Imagen 5-23: Histórico del Margen Ponderado y su desviación estándar acumulada – Obra en Lima (Elaboración propia).	83
Imagen 5-24: Explicación del Margen Directo y Margen Real (Elaboración propia).....	85
Imagen 5-25: Diferencia entre Margen Ponderado y Margen Previsto (Elaboración propia).	85
Imagen 5-26: Ejemplo del análisis de márgenes (Elaboración propia).....	86
Imagen 5-27: Proceso de cálculo de provisiones derivadas de la Diferencia del Margen Ponderado con el Margen previsto de cada fase (Elaboración propia).	88
Imagen 5-28: Análisis del Resultado Pendiente (Elaboración propia).....	90
Imagen 5-29: Componentes y resultados de la metodología de gestión de costos (Elaboración propia).	91
Imagen 6-1: Sectorizaciones de elementos horizontales y verticales (Elaboración propia)...	96
Imagen 6-2: Normal tecnológica de estructuras (Elaboración propia).....	97
Imagen 6-3: LF del Cronograma Meta Inicial (Elaboración propia).	97
Imagen 6-4: LF del Cronograma Meta Inicial Replanteado (Elaboración propia).	97
Imagen 7-1: Indicadores de gestión (Elaboración propia).....	99
Imagen 7-2: Curva S de los tres últimos periodos desde la fecha de corte (Elaboración propia).	99
Imagen 8-1: Materiales más incidentes (Elaboración propia).....	101
Imagen 8-2: Diagrama de Pareto del presupuesto venta (Elaboración propia).	101
Imagen 8-3: ROP del mes de octubre del 2015 (Elaboración propia).	102
Imagen 8-4: ROP de la Fase 3 - Estructuras (Elaboración propia).	103
Imagen 8-5: ROP de la Fase 4 - Arquitectura (Elaboración propia).	103

Imagen 7-1: Buffer de tiempo entre Estructuras y Acabados en Torre – inicial (Elaboración propia).....106

Imagen 7-2: Buffer de tiempo reducido entre Estructuras y Acabados (Elaboración propia).107

Imagen 7-3: Tareas de acabados exteriores – inicial (Elaboración propia).107

Imagen 7-4: Tareas de acabados exteriores – replanteado (Elaboración propia).108

Imagen 7-5: Tareas de acabados exteriores – inicial (Elaboración propia).108

Imagen 7-6: Tareas de acabados exteriores – replanteado (Elaboración propia).109



GENERALIDADES

CAPITULO 1: Objeto de la investigación

1.1. Introducción

La tesis no está dirigida para que aquellos que tienen sistemas cuasi-perfectos, aquellos que sus estándares de calidad no requieren de mayores cambios extraordinarios o para aquellos que en su mayoría de veces logran terminar lo proyectos a tiempo y en el costo esperado.

Así mismo, las presentes metodologías aplican a todas las empresas sean grandes, medianas o de pequeño capital. Sin embargo, resultan más beneficiosas para aquellas de mediano y pequeño capital.

El método de la ruta crítica y la cadena crítica hoy en día se complementan para servir de base a las herramientas de planeamiento que nuestro sector demanda, todo ello en pro de una mejor gestión de proyectos. Estas metodologías centran sus mayores aportes en las dependencias de tareas, estimación de tiempos, caminos críticos, gestión de holguras a los niveles de tareas, recursos y duraciones, entre otras. Sin embargo, tienen sus limitaciones en los proyectos de construcción de viviendas, oficinas, carreteras, entre otras que tienen la repetitividad de ejecución de módulos de construcción como una característica en común, es decir, que posee unidades de producción similares con tiempos de ejecución también parecidos.

Por otro lado, la introducción reciente de nuevos conceptos y metodologías a la gestión del tiempo en nuestro medio ha permitido complementar y mejorar las prácticas de programación, es así como el Sistema Last Planner (LPS) se encuentra como una de las herramientas de mayor acogida y efectividad. Por otro lado, se viene desarrollando la metodología de Líneas de Flujo (LF) la cual aporta a la mejora continua al introducir una nueva dimensión: la ubicación, al permitir visualizar las velocidades de trabajo, sus interferencias y proyecciones, y al ayudar a evaluar visualmente el comportamiento de las tareas a lo largo del tiempo y espacio.

Con el complemento de estas metodologías, se ha logrado cambiar el enfoque de que, en vez de controlar el camino o ruta crítica, se debe controlar que se mantenga el flujo continuo de producción en toda ubicación, pero especialmente en aquellas consideradas críticas.

La gestión del tiempo resulta menos complicada en proyectos de construcción con flujos repetitivos independientemente de su magnitud a nivel económico. En contraste, la gestión de costos no discrimina la magnitud de los proyectos ya que los costos de materiales, mano de obra, servicios, equipos, entre otros, resultan similares y sus variaciones dependerán de la cantidad de trabajo a ejecutar.

Al igual que las líneas de flujo, las mejoras en las metodologías de gestión de costos están integrando la ubicación como una variable de control. De esta manera, el control de obra se hace más eficiente al contar mayor información para analizar.

Finalmente, un planeamiento exitoso resulta de la mejor combinación entre ambas gestiones.

1.2. Justificación del estudio

Todo negocio existe por la rentabilidad. En el rubro de construcción los márgenes esperados pueden ser sensibles a la variabilidad e incertidumbre del proyecto y, a la complejidad de su estandarización. Dadas ambas premisas, es importante enfocar esfuerzos en mejorar la productividad y controlar los costos, ambos en pro de justificar la existencia del negocio.

Muchos de los trabajos realizados por el *staff* de obra requieren de procesos no productivos que demandan horas hombres considerables. La presente tesis muestra herramientas que facilitarán la gestión del tiempo y de costos permitiendo generar espacios de tiempo para actividades estratégicas o de producción.

En muchos proyectos de construcción la programación inicial es solo un medio de satisfacción para el cliente o solo es una mera obligación contractual, convirtiéndose de esta forma en una actividad no productiva adicional que termina siendo un adorno de la oficina de reuniones. A manera de ejemplo se tiene que, para los proyectos de construcción con el Estado se presenta un despliegue de varias hojas para mostrar la programación en Gantt con más de 400 actividades; muchas veces no presentarlo de esa forma significa una observación que restringe el ingreso de los expedientes, cuando en su lugar sería más estratégico presentar un cronograma maestro o un plan de hitos bien planificado.

Es necesario dar a conocer conceptos de gestión de costos y del tiempo para promover la investigación con miras hacia la mejora de las metodologías actuales de gestión y la creación de nuevas herramientas al alcance de todos.

Algunas empresas de pequeño y/o mediano capital cuentan con recursos limitados como para invertir en sistemas informáticos que integren sus procesos. Actualmente, la línea a seguir de estas empresas para ser más competitivas es crecer económicamente rápido e invertir en “adaptar” un sistema de gestión. Dicha perspectiva debe ser cambiada y centrada a crecer elaborando su sistema de gestión, comenzado por gestionar sus costos y plazos de obra.

Muchos de los programas informáticos que el mercado ofrece para la gestión de proyectos de construcción, no tienen la mejor interfaz para los gráficos requeridos en obra. Es por ello que, con programas de uso común pueden lograrse los controles necesarios.

1.3. Objetivos

1.4. Generales

Presentar, desarrollar y aplicar la metodología de Líneas de Flujo (LF) como complemento al sistema de control “*Last Planner*” en obras de construcción de viviendas. Ello implica identificar, analizar y recopilar las funcionalidades de metodologías de gestión del tiempo existentes, que sirvan de complemento para la propuesta. Además, involucra reconocer las ventajas, desventajas y el desarrollo potencial de las LF. Así mismo, se pretende dar a conocer un software propio de visualización de LF mediante la importación de un archivo en formato Excel.

En relación a la gestión de costos, se pretende desarrollar una metodología que involucre el uso del valor ganado y la proyección de costos como una herramienta estandarizada. Con ello, se pretende evaluar el resultado económico de las operaciones calculando márgenes actuales y detectando la desviación de las proyecciones a través de resultados históricos, con la finalidad de tomar acciones preventivas. Para ello se propone el uso de las hojas de cálculo anexadas a la presente tesis.

1.5. Específicos

Gestión del Tiempo

- Conocer los sistemas de planificación más usados en los últimos años.
- Desarrollar una metodología de programación de obra con LF.
- Plantear el método de las LF como una herramienta complementaria al LPS.

- Plantear el uso del software creado para la tesis como medio de visualización de LF y al alcance de todos.
- Evidenciar la utilidad del concepto de flujo continuo de procesos de las actividades involucradas.
- Proponer indicadores de desempeño de la programación y seguimiento derivados de las líneas de flujo.

Gestión de Costos

- Desarrollar la metodología del Resultado Operativo – Valor ganado (RO)
- Desarrollar la metodología del Resultado Operativo Proyectado (ROP)
- Sugerir utilizar los formatos de proyección de costos.
- Sugerir utilizar los formatos del resultado operativo proyectado.
- Evaluar los indicadores desarrollados para la toma de decisiones en relación a costos y planear estrategias como ajustar precios, aumentar o reducir velocidades de producción, generar acuerdos comerciales, negociar con el cliente, eliminar riesgos, entre otras estrategias.
- Evaluar la situación actual acumulada del proyecto a través del margen real.
- Sincerar¹ los márgenes meta establecidos inicialmente.

¹ Se refiere al proceso de aproximación más cercana a lo real, este caso de los márgenes.

CAPÍTULO 2: Lineamientos generales de la gestión de proyectos

En este capítulo se va a tratar la base teórica de la gestión de proyectos y sus variables trascendentes para entender los objetivos de la presente tesis. Particularmente se detallarán variables de costo y tiempo.

2.1 Triángulo de Hierro

Como es sabido, en la gestión de proyectos ágiles, existe el mencionado y muy difundido “*triángulo de hierro*”, el mismo que se muestra a continuación:

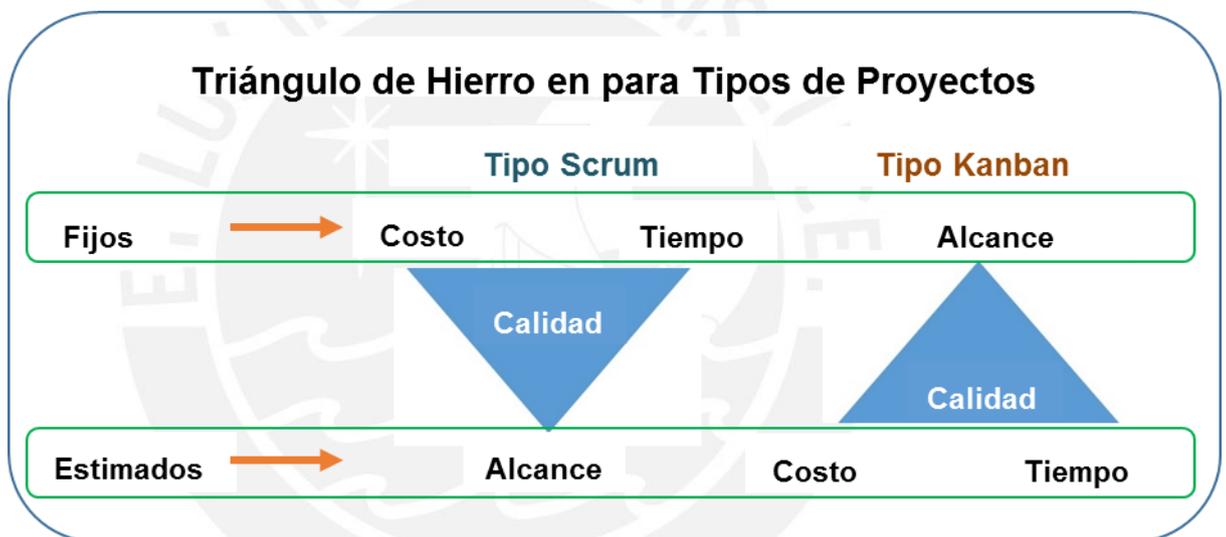


Imagen 2-1: Ejemplo de la forma del Triángulo de Hierro para tipos de proyectos Scrum y Kanban (Elaboración propia)

En cada proyecto, el *triángulo de hierro* define los siguientes componentes:

- Tiempo: las duraciones de las tareas y del proyecto en total.
- Alcance: las tareas que son necesarias de realizar.
- Costo: de los recursos que va a destinar el proyecto.

Su objetivo es gestionar los proyectos lo más eficientemente posible. Estas variables están siempre correlacionadas y su afectación o variación de cualquiera de ellas afecta a las otras, por ende, el mantener el equilibrio y enfoque en estos tres pilares es fundamental para llevar a cabo una adecuada gestión. En la construcción, por ejemplo, puede reducirse el tiempo de ejecución, pero pueden impactar en inversión

de mayor tecnología, mayor control y mayores recursos lo cual se refleja en mayores costos; lo mismo sucede si se modifica el alcance, podría afectar los costos y/o el tiempo de ejecución.

2.2 PMBOK

La relación entre las buenas prácticas y la gestión de proyectos

Antes de definir la gestión de proyectos y su importancia en la presente tesis, es necesario introducir el concepto de “*proyecto*”. Según el PMI, el proyecto se define como “*un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único*” (PMI, 2013)

La gestión de proyectos es una disciplina que debe asegurar que los proyectos se lleven a cabo de una manera eficiente, eficaz y sostenible, ya que representa una parte muy importante de las organizaciones. En otras palabras, es una disciplina de planeamiento, organización, motivación y gestión de recursos para alcanzar los objetivos.

Así mismo, define un propósito en particular y pretende lograrlo de la mejor forma posible a través de sus buenas prácticas. Al referir “*la mejor forma posible*”, quiero dar a entender que se trata de ser eficaz, al lograr los objetivos, y eficiente, al lograrlos con la menor cantidad de recursos y en el tiempo esperado; así mismo, una interpretación de las buenas prácticas es que son consejos para reducir las restricciones u obstáculos que se tiene para lograr la *eficacia y eficiencia*.

Para lograr una buena gestión de proyectos, es necesario implementar herramientas tecnológicas, metodologías de optimización de los procesos implicados y estrategias para la innovación.

En el marco de esta tesis, estas metodologías deben estar basadas en la compilación de buenas prácticas, por ejemplo, el *Project management* y el *Lean construction*. La gestión de proyectos a través de las líneas de flujo, la gestión de costos y el enfoque de integridad de procesos, procura reducir estas restricciones de eficiencia.

Para resumir las relaciones entre las definiciones de los términos empleados en los párrafos anteriores y, dentro del marco de construcción, se muestra la siguiente gráfica:

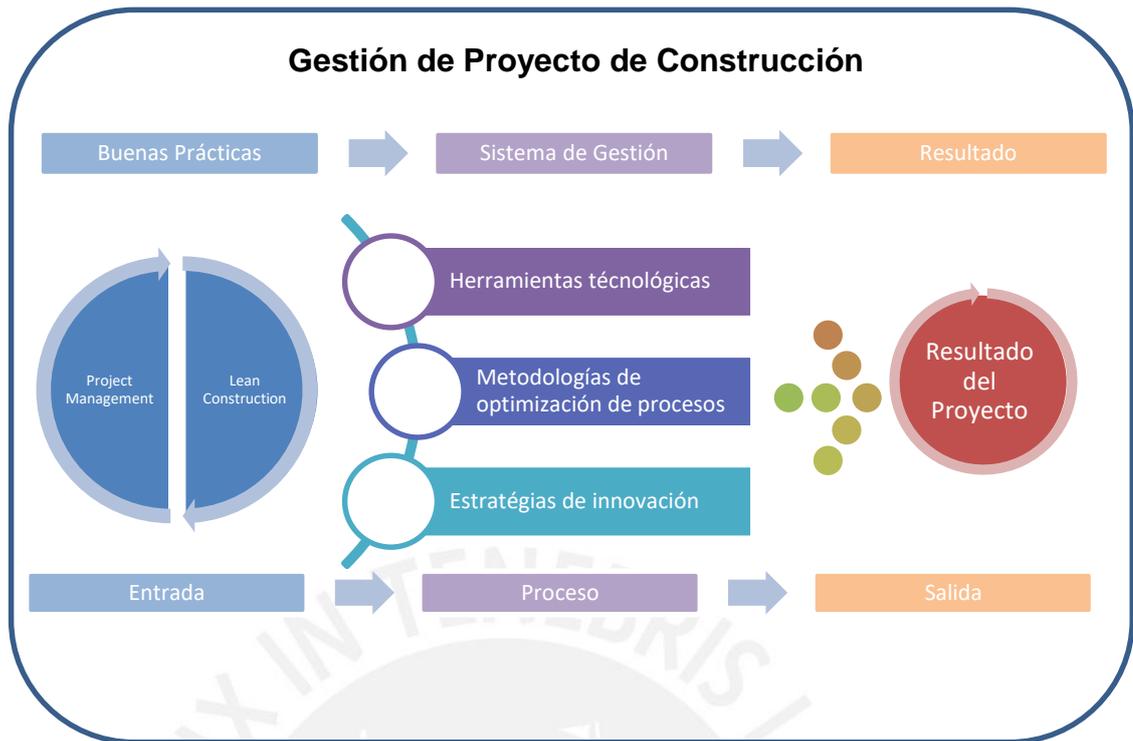


Imagen 2-2: Concepción de la gestión de un proyecto de construcción (Elaboración propia)

En la presente tesis, el enfoque del éxito para la gestión de proyectos de construcción viene dado por el flujo mostrado en la figura anterior, en el cual se tiene que enfatizar que en cada proceso debe generarse un sistema de gestión diseñado para cada proyecto.

Dado los lineamientos generales de la gestión de proyectos, pasaremos a definir algunos conceptos claves del mismo:

¿Qué es la dirección de proyectos?

Desde mi punto de vista y, en relación a la construcción, la gerencia de proyectos es la integración de las áreas de una organización relacionadas con el proyecto con el fin de lograr los objetivos del mismo mediante la aplicación de conocimientos, habilidades, técnicas y herramientas. Así mismo, implica planificar, programar, seguir y controlar las actividades que ésta involucra. Combina elementos de calidad, ingeniería, seguridad, logística, legal, comercial, administración, finanzas, recursos humanos, sistemas y dirección de empresas, entre otras complementarias.

Los proyectos tienen características particulares, unas más especiales que otras dependiendo del enfoque adoptado. La más resaltante es su temporalidad, debido a que tiene una fecha de inicio y fin. Así mismo, son sui generis ya que no existen proyectos iguales; lo cierto es que existen similitud entre proyectos. Su similitud está

dada porque están hechas por personas, limitados por recursos, son planeados, ejecutados, seguidos y controlados. Por otro lado, son integradores debido al efecto que causa en las relaciones de las áreas de la empresa; lo que sucede es que empiezan a interactuar áreas como contabilidad, administración, finanzas, producción, comercial, sistemas, ingeniería, legal, seguridad, entre otras. Otra característica es que son dependientes de la oficina a la cual pertenecen, por ejemplo, un proyecto puede ser exitoso en el área de ingeniería, pero un fracaso en el de finanzas, sin embargo, este último enfoque es relativo y arraigado, ya que es complicado medir el éxito por áreas debido a la variabilidad de la distribución de cargas. Finalmente, son multidisciplinarios, ya que intervienen distintas especialidades o disciplinas.

Según el PMI, la gerencia de proyectos es *“la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo”* (PMI, 2013). Con ello, se definirá los siguientes parámetros con ejemplos asociados a la construcción:

Conocimientos

Cuando se emprende un proyecto, es menester tener claro cuál es el producto que vas a desarrollar, ya sea un edificio, carretera, presa, túnel, líneas de aducción, planta de tratamiento, puentes, etcétera; cuáles son las herramientas con las que se cuenta para llevarlo a cabo, como puede ser un software, hardware, maquinarias, herramientas o recursos en general y, sobre todo, tener presente la combinación entre la experiencia y la motivación para innovar.

Habilidades

Para la aplicación de la presente tesis es recomendable contar con habilidades blandas tales como el liderazgo y la comunicación.

El liderazgo tiene que ver con motivar a las personas y delegar funciones. No se trata solo de hacer, sino de dirigir el equipo, verificar el alcance del proyecto y suministrar información de los requerimientos del proyecto manteniendo la visión acorde a las estrategias de la empresa.

La comunicación es un aspecto muy importante ya que según estadísticas del PMI, el gerente del proyecto invierte el 90% de su tiempo comunicándose. Esta debe ser un intercambio de información clara, correcta, gráfica y breve. Sin embargo, esta estadística no es alta solo para el gerente de proyecto, sino para todos los

involucrados, debido a la cantidad de horas hombre empleadas en reuniones de obra o de conciliación con el área contable, por ejemplo.

Técnicas y herramientas

En primer lugar, las técnicas son procedimientos o conjunto de reglas o saberes prácticos para obtener un resultado deseado. Estas nos ayudarán a aproximarnos a la solución de problemas.

Por otro lado, la definición según los diccionarios de la palabra “herramienta” es:

- “Objeto que se utiliza para trabajar en diversos oficios o realizar un trabajo manual” (Unidad Editorial Información General S.L.U., s.f.)
- “Conjunto de estos instrumentos” (Unidad Editorial Información General S.L.U., s.f.)

Las herramientas son instrumentos necesarios para facilitar la realización de una actividad. En la presente tesis se presentarán herramientas diseñadas en con el software Microsoft Excel y un programa codificado en lenguaje PHP exclusivo para la visualización de las LF.

Grupos de procesos de la dirección de proyectos

El PMI define a un proceso como *“un conjunto de acciones y actividades, relacionadas entre sí, que se realizan para crear un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, por las herramientas y técnicas que se pueden aplicar y por las salidas que se obtienen”* (PMI, 2013).

Así mismo, define cinco grupos de procesos² y enfatiza en la interacción de los mismos, su integración y en el propósito de cada uno. Estos grupos son:

- Grupo de procesos de inicio.
- Grupo de procesos de planificación.
- Grupo de procesos de ejecución.
- Grupo de procesos de monitoreo y control.
- Grupo de procesos de cierre.

La presente tesis se enfoca en el *Grupo de Proceso de Planificación* y en el *Grupo de Proceso de Monitoreo y Control*.

² Ver imagen 2-3: Interacción de los grupos de procesos en una fase o proyecto

Es menester aclarar que estos grupos se aplican de manera global y que deben ser adaptados de acuerdo al enfoque y metodología a aplicar en determinado proyecto.

2.3 Filosofía Lean Construction

La filosofía “*Lean*” se dio a conocer debido a las mejoras desarrolladas en los sistemas de gestión implementados en el sector industrial alrededor de la década de los años 50. Tuvo como pionero a la empresa japonesa Toyota, quienes se enfocaron en diseñar un nuevo sistema de producción. Las mejoras se dieron gracias a la reducción de los inventarios a través de lotes de producción, reducción de tiempos de ciclo, planeación con los involucrados y la producción automatizada. A pesar de iniciarse en los años 50, esta filosofía fue trabajada por el sector industrial y tardó en llegar a los países occidentales, aproximadamente en los años 80 (Botero 2004: 21).

En la década de los 90, dicha filosofía había trascendido teóricamente y se vio reflejado en los nuevos sistemas de producción de muchas empresas y, como todo proceso innovador, fue recibiendo varios calificativos como “*lean production*”, “*reingeniería de procesos*”, “*nuevo sistema de producción*”, “*ingeniería concurrente*”, “*producción justo a tiempo*”, entre otros.

Su efectividad no fue ajena al rubro de la construcción, por lo que Lauri Koskela, basándose en las teorías de “*justo a tiempo (just in time)*” y los modelos de calidad, presentó un estudio de sus impactos en la construcción.

La nueva filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de producción en la práctica (Koskela, 1992):

- Reducción de las actividades que no agregan valor.
- Reducción de la variabilidad.
- Incremento del valor de la producción a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducción del tiempo de ciclos.
- Simplificación mediante la reducción de pasos, partes y relaciones.
- Incremento de la flexibilidad del producto terminado
- Incremento de la transparencia de procesos.
- Enfoque en el control de procesos completos.
- Introducción de procesos de mejoramiento continuo dentro de nuestros procesos.
- Balance del mejoramiento de los flujos con el mejoramiento de las conversiones.

- Comparaciones periódicas dentro y fuera de la empresa (benchmarking).

Esta filosofía proporciona conceptos claves que, comparado con el sistema tradicional, agregan valor a las conversiones y flujos a todas las actividades de transformación.

Además, hace énfasis en la reducción de pérdidas fundamentalmente a través del modelo de flujos y no en el modelo de conversión planteado en el enfoque tradicional³.

Tal como afirma Ghio, el modelo de flujo de producción permite:

“(...) visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no permite ver. En vez de mejorar únicamente los procesos, la nueva filosofía apunta a mejorar tanto los procesos como los flujos.” (Ghio 2001:31)

En otras palabras, el modelo se preocupa en que el proceso de conversión de un ingreso se transforme en un entregable.

Por otro lado, también fuerza a que la estructura de descomposición del trabajo sea diseñada de forma que las tareas sean fácilmente controladas, incidentes en el costo y perfeccionadas a través de estrategias de innovación⁴.

De lo mencionado en los párrafos anteriores, Ghio explica que el modelo de conversión de la siguiente manera:

“El modelo de conversión de procesos es la forma clásica en que se representan los trabajos individuales de la construcción. Este es, además, el formato mental mediante el cual muchos representamos el trabajo. Así este formato se usa para los conocidos CPM (Critical Path Method), WBS (Work Breakdown Structure) y otros formatos estándares de representación del trabajo. Cada actividad (digamos, asentar ladrillos, vaciar concreto, colocar encofrado, etc.) se enmarca dentro de un rectángulo u otra figura. Cada rectángulo lo representa una conversión de materiales en bruto en algún producto terminado o en un proceso intermedio.” (Ghio 2001:24)

En resumen, el resultado del análisis de la filosofía “lean construction” recae sobre el control de flujo productivo y reducción de pérdidas considerando todos los tipos de

³ Ver Sistema Last Planner (LPS)

⁴ Aporte de tecnología.

trabajos existentes en la planificación de obra, enfatizando potencialmente en la incursión de nuevas tecnologías.

2.4 Planificación, control y ejecución

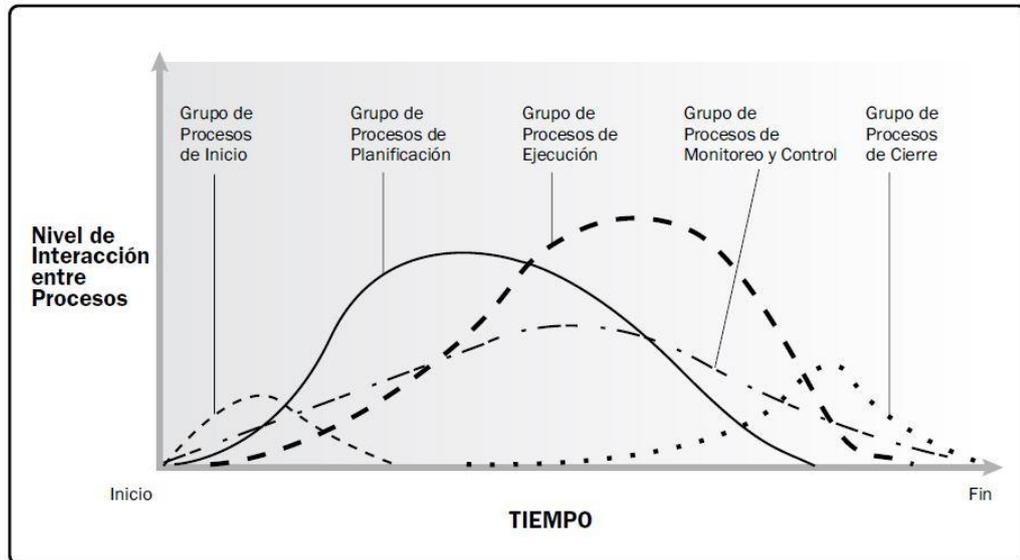


Imagen 2-3: Interacción de los grupos de procesos en una fase o proyecto (PMI, 2013)

Como se aprecia en la gráfica anterior, el nivel de actividad del “grupo de proceso de ejecución” es el mayor, no obstante, lo que pretendo rescatar de la imagen es la siguiente ecuación:

$$Ejecución = f(Planificación ; Control)$$

Esta función obedece más a temas de volúmenes bajo la curva, es decir, a la carga o trabajo. Lo grandioso de gestionar es poder controlar el balance de dicha ecuación. Técnicamente, mientras mayor sea la inversión en planificar (en términos de tiempo, detalle y costo), el control es vulnerable a no realizarse de la mejor forma y la ejecución pierde el foco ya que no será posible realizar proyecciones confiables; del mismo modo, invertir en control sin haber planificado lo suficiente resultará en herramientas innecesarias. En resumen, la planificación y el control son etapas y/o “actitudes” que encaminan el desarrollo del proyecto⁵.

2.5 Sistema Integrado de Gestión de Construcción (SIGC)

El sistema integrado de gestión de construcción (SIGC) es una herramienta que tiene como objetivo contribuir con la mejora organizacional a través del orden, archivamiento, análisis y mejoramiento de sus procesos de forma integral, lo cual se

⁵ En el Capítulo 3 se define la planificación y programación en relación a la metodología de Líneas de Flujo (LF)

reflejará en el incremento de calidad, en agregar valor, en la delegación de poderes y/o responsabilidades, en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa, entre otros derivados.

En muchas empresas constructoras de mediano y pequeño capital, el sistema de gestión es visto como una necesidad burocrática para satisfacer los caprichos de la alta gerencia o de los accionistas. El problema radica principalmente en los siguientes aspectos:

- La buena práctica de documentar o generar históricos es visto como un proceso que no agrega valor,
- El SIGC puede estar bien estructurado, pero no es adecuadamente difundido.
- Las herramientas con las que cuenta el SIGC no están articuladas entre sí.
- Si bien la empresa cuenta con un ERP (Enterprise Resource Planning), en el rubro de la construcción, este no logra articular eficientemente la gestión de producción dentro del sistema.
- Dejades del personal por capacitarse con el SIGC.
- El SIGC no es estático, va a cambiar de acuerdo a la evolución de sus procesos y al crecimiento de la empresa. Por lo tanto, debe estar siempre actualizado, una buena práctica que no se suele aplicar.

La importancia del SIGC para la presente tesis es que las metodologías de gestión de costos y gestión del tiempo de una obra se integren a dicho sistema, agilizando las gestiones entre los subsistemas. La siguiente imagen muestra una propuesta estructurada del SIGC en órganos o subsistemas para una empresa constructora.



Imagen 2-4: Propuesta de estructura de un SIGC (Elaboración propia)

Este desglose del SIGC está detallado en el primer nivel y, solo menciona dos órganos para el segundo nivel. Estos últimos serán tratados en la presente tesis.

2.6 Consideraciones para la presente tesis

Existe una gran variedad de conceptos que en la práctica y en el día a día de la gestión de un proyecto deben ser consideradas en el momento adecuado. Sin embargo, existen otros puntos y/o ideas que tienen mayor relevancia para la presente tesis como lo son:

- Aseguramiento del flujo continuo de producción.
- Reducción de los tiempos de ciclos y/o flujos productivos eficientes.
- Estrategias de innovación: incursión de nuevas tecnologías en los procesos.
- Gestión de las habilidades del personal involucrado directamente en la obra, sobre todo del staff de obra.
- Creación de nuevas herramientas de acuerdo a las solicitudes del proyecto.
- Seguir los lineamientos del sistema integrado de gestión de la empresa.
- Integración de las áreas de producción y costos.

La presente tesis centrará su atención en la gestión de costos y la gestión del tiempo respecto al sistema de gestión de construcción, para ello empleará los conocimientos del PMBOK como un marco de referencia por el grado de flexibilidad que presenta, centrándose en los grupos de procesos de planificación, monitoreo y control; por otro lado, se inspira en la filosofía Lean Construction al considerar la reducción de pérdidas tanto en costo y plazo los mismos que son de gran relevancia en la concepción del triángulo de hierro.

CAPÍTULO 3: Metodologías de gestión de proyectos más usadas actualmente

Como se mencionó en el capítulo anterior, los proyectos no son iguales, pero intrínsecamente se parecen; estas similitudes dependerán de factores como es el alcance, participantes, expectativas financieras, variabilidad, incertidumbre, temporalidad, limitación de recursos, entre otros varios.

Por otro lado, existen metodologías de gestión adecuadas para ciertos proyectos o que la combinación de algunas de ellas es la idónea para un proyecto en particular. Dentro de las metodologías más usadas actualmente en el rubro de construcción, explicaré brevemente el Gantt, PERT/CPM y CCM, de las cuáles se rescatarán los aspectos necesarios para establecer una metodología orientada a la gestión del planeamiento:

3.1 Diagrama de Gantt, Cuadro Pert y Cadena Crítica

Diagrama de Gantt

Es un gráfico que muestra dos dimensiones. La primera dimensión es el tiempo y se grafica en la horizontal; la segunda son las tareas o actividades y se ubican en el eje vertical. Los plazos de las tareas son dibujados con barras horizontales.

En nuestro entorno, son utilizados generalmente en los cronogramas de hitos o los cronogramas maestros, donde se agrupa gran cantidad de tareas.

Cuadro Pert y CPM

El Pert actúa como complemento del CPM y del Diagrama de Gantt. El método consiste básicamente en determinar las dependencias de las tareas para calcular el tiempo de ejecución mediante una función probabilística en escenarios optimistas, pesimistas o moderados, que combinadas nos permiten determinar el tiempo estimado para cada actividad. Tiene las siguientes características:

- Se presenta de forma tabular y en diagramas tipo Gantt.
- Aporta la probabilidad de cumplir exitosamente los plazos propuestos.
- Calcula las fechas tardías y tempranas, las cuales sirven para determinar las holguras totales.
- Ante cualquier cambio dado por el programador, por ejemplo, modificar la duración de una actividad, el software de CPM recalcula tanto el ensayo hacia adelante como el ensayo hacia atrás en su totalidad, mostrando nuevas fechas, holguras, etcétera.

- Los computadores nivelan los recursos a través de búsqueda de datos históricos y clasifican en función a reglas de orden/prioridad pre-establecido sin importar el contexto.
- Al contar con una secuencia de actividades condicionadas por las predecesoras y las fechas previstas en la línea base, un retraso se transmite a la actividad siguiente y consecuentemente puede desequilibrar el planeamiento, ya que puede suceder que se hayan tenido fechas específicas para con los proveedores, subcontratistas, tareas con los operarios, entre otros.

3.2 Cadena crítica (CCM)

Se trata de identificar los recursos críticos o también llamados *recursos cuello de botella*, los cuales determinan el ritmo de trabajo o producción; por lo tanto, al condicionar el rendimiento del sistema, lo principal será explotar al máximo su capacidad. Esta optimización de su capacidad está ligada con la mejora de los procesos y el diseño de planta; ambos direccionados bajo el mismo principio: mejora continua (Goldratt, 2001).

Por otro lado, recomienda no programar las fechas de inicio y fin de una actividad para evitar la presión psicológica de los trabajadores en relación al cumplimiento de fechas. En su lugar, recomienda controlar en base a las duraciones de cada actividad y se reducen las holguras entre actividades que no pertenecen a la cadena crítica; ambas medidas aliviarán en cierto grado la congestión mental de los trabajadores.

Así mismo, identifica la multitarea como un proceso ineficiente ya que aumenta la variabilidad, riesgo e incertidumbre. En consecuencia, practica el principio de flujo continuo de procesos.

La Cadena Crítica es la cadena más larga de tareas que considera, tanto las dependencias entre las tareas, como las dependencias de los recursos. Esto es diferente de la definición del Camino Crítico, que se define como la cadena más larga de tareas basada sólo en las dependencias de las tareas. La Cadena Crítica reconoce que una demora en la disponibilidad de los recursos afecta a la actividad necesitada por ellos y esta –a su vez- retrasa a la actividad consecuente.

3.3 Sistema Last Planner (LPS)

3.3.1 Planificación tradicional

La planificación tradicional se basa en definir un plan de trabajo previo al inicio, en términos de lo que DEBE ser ejecutado. Por ende, define las actividades a ejecutar, estima sus duraciones y determina la relación entre dichas actividades. De esta forma, antes de iniciar los trabajos, ya se tiene un cronograma general detallado. Sin embargo, lo que no considera es si una actividad determinada PUEDE ser ejecutada en el intervalo de fechas que ha sido planificado. Así mismo, se asume que los recursos siempre están disponibles cuando se necesiten (Nieto, 2009).

Existen varios motivos para lo cual una planificación tradicional no se cumple (Orihuela & Ulloa, 2011) :

- La planificación tradicional se basa en la destreza del profesional a cargo de la programación.
- Se mide lo realizado contra lo programado en la obra, pero no se mide el desempeño de la habilidad y la destreza para planificar.
- No se analizan los errores de planificación y sus causas y, por lo tanto, no se genera un aprendizaje.
- La gestión del tiempo se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo.

Cabe mencionar que, en nuestro país, aún existen algunas entidades Estatales que solicitan a los proyectistas un cronograma general detallado a nivel de partidas del presupuesto.

3.3.2 Sistema de control Last Planner (LPS)

LPS es un sistema de control de proyectos en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales con la finalidad de reducir la brecha entre lo que DEBERÍA hacerse y lo que se HIZO, esto a través de información confiable proveniente de los últimos planificadores, quienes son los que están directamente relacionados a los trabajos; de tal manera que se pueda visualizar en un plazo intermedio lo que en la práctica se PUEDE hacer, y en un plazo más corto, lo que con mayor certeza se HARÁ (Orihuela & Ulloa, 2011).

Glenn Ballard, propone el sistema Last Planner, basado en los siguientes principios (Nieto, 2009):

- Las actividades no deben comenzar antes de que todos los requerimientos, para la realización de las mismas, estén satisfechos.
- Se debe medir y monitorizar la realización de las actividades.
- Las causas por las que una actividad no se puede realizar deben ser identificadas y eliminadas.
- Se debe evitar la pérdida de productividad, reasignando actividades cuando las inicialmente asignadas no se pueden ejecutar.
- Debe realizarse una programación a corto plazo, considerando aquellas actividades cuyas restricciones para ser ejecutadas, hayan sido eliminadas.

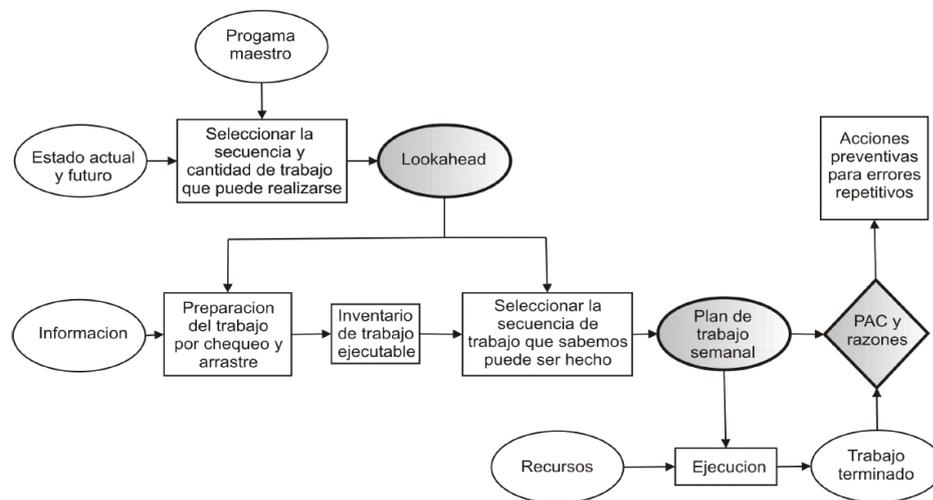


Imagen 3-1: Esquema general del sistema Last Planner (Nieto, 2009)

Dentro de un LPS se muestran las actividades y sus concatenaciones, sus restricciones, los responsables y las personas sobre las cuales estos responsables dependen, en temas de aprobaciones de cambios en ingeniería, logística de recursos, gestión de riesgos, entre otros temas que sean necesarios para conseguir las metas pactadas.

La presente tesis recomienda usar las siguientes herramientas del LPS:



Imagen 3-2: Componentes del LPS (Elaboración propia)

3.4 Líneas de Flujo

3.4.1 Historia⁶

Este concepto fue desarrollado por George E. Fouch en los años 40 con la finalidad de controlar la producción en Goodyear Tire & Rubber Company durante la segunda guerra mundial. Así mismo, fue usado por la marina de Estados Unidos de Norteamérica durante conflictos bélicos. Desde ese entonces, la aplicación de esta concepto ha tenido varias aplicaciones en la industria de la construcción. Los registros indican que en 1968 Lumsden modifica la técnica y la aplica a la programación de viviendas, en 1970 Khisty las utiliza en el sentido clásico para un proceso de manufactura (Loria, 2011).

Así mismo, Loria indica en su artículo una serie de investigaciones y ensayos al respecto:

- En 1974, Carr y Meyer se apoyan en el trabajo realizado por Khisty para encontrar las cantidades de recursos necesarios en las líneas de balance en cualquier momento en el transcurso del proyecto.
- Entre 1975 y 1984, O'Brien concluyó que los edificios repetitivos se programan mejor con las líneas de balance debido a la pendiente que forman sus líneas.
- En 1986, Arditiy y Albulak realizaron un experimento con las líneas de balance programando un proyecto de construcción de una carretera, permitiéndoles acelerar el ritmo original del proyecto.

⁶ Se define el concepto de Líneas de Balance (LoB) y Líneas de Flujo (LF) en los acápites 3.4.3, 3.4.4 y sus diferencias en el 3.4.5.

- En 1990, Al Sarraj presenta un desarrollo formal de la Línea de Balance.
- Desde entonces hasta el 2010, se han publicado varios resultados acerca de la efectividad del uso de esta metodología. Se ha diferenciado las líneas de balance de las líneas de flujo y se ha adoptado por esta última para la programación basada en la ubicación.

Cabe resaltar que el padre de la programación basada en la localización es Karol Adamiecki (1931), seguido por Edward R.Marsh (1975) quienes proporcionaron y reforzaron el pensamiento temprano en la gestión basada en la ubicación (Kenley & Seppänen, 2010)

A lo largo de los años, una de las limitantes más grandes para poder implementar la metodología de líneas de flujo fue su complejidad al dibujarlas. Durante muchos años la mejor práctica era realizarlo de forma manual. Tal es el caso, por ejemplo, del cronograma de líneas de flujo para una estructura de acero del proyecto “Empire State Building”. La siguiente imagen, recolectada del libro de Olli Seppänen y Russell Kenley, es una muestra de lo explicado:

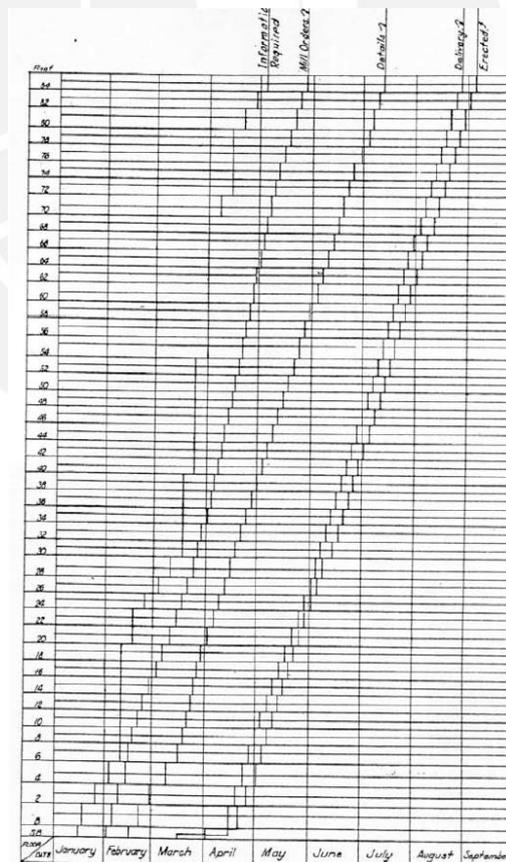


Imagen 3-3: Diagrama de Líneas de flujo del Edificio Empire State Building, inicio de su construcción el 17 de marzo de 1930 (Kenley & Seppänen, 2010)

Por este motivo, desde el 2010, se ha ido desarrollando la metodología y creando nuevas herramientas y/o software que permitan la facilidad de su uso. Por ejemplo, aproximadamente entre el 2004 y 2006, la empresa portuguesa Timelink implementó el concepto de líneas de flujo a su sistema de gestión de proyectos llamado “Sistema Candy”, disponiendo interfaces tanto para carreteras como edificaciones. Las siguientes imágenes son las proporcionadas por el “Sistema Candy”:

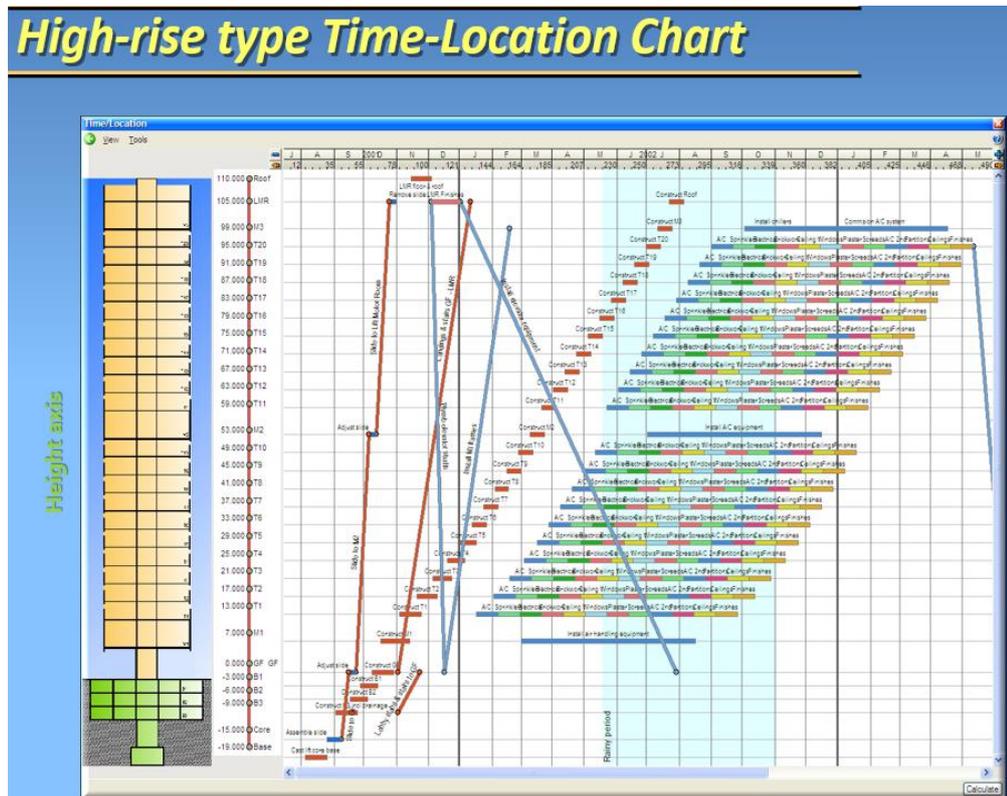


Imagen 3-4: Sistema Candy – Líneas de Balance en Edificaciones (Fuente: Timelink)

Por otro lado, alrededor del año 2004 en Helsinki, Finlandia, se desarrolló otro software llamado Dynaroad, el cual fue un gran avance para el desarrollo de esta metodología.

Así mismo, desde el 2004 hasta la actualidad se han desarrollado varios softwares que incluyen la ubicación dentro de su programación, tal es así que el programa más conocido en la actualidad es el Vico Trimble con su módulo “Schedule Planner Standard”, exclusivo para los cronogramas de obra, el mismo que tuvo como nombre antecesor “Vico Office Schedule Planner” que fue publicado en el año 2007. Otro conocido es el programa “Tilos”, también de la empresa Trimble, diseñada especialmente para la programación de obras de carreteras.

En el Perú, la complejidad en la elaboración de las LF no ha limitado los esfuerzos por la investigación, tal es así que la primera propuesta para dibujar las LF con el software Microsoft Excel coadyuvó a la creatividad de investigadores para proponer alternativas de visualización de las LF (Calampa Vega, 2014).

El desarrollo de la metodología de LF está pasando de ser una herramienta para la visualización de flujos a lo largo de la ubicación, a ser un sistema de control integrado de proyectos adoptando e integrando al mismo planeamiento los modelos en 3D, 4D y 5D.

En la coyuntura peruana, ya se ha demostrado el potencial de la misma al someter a un grupo de estudiantes a evaluaciones progresivas de los métodos de diseño de la producción; iniciando con herramientas tradicionales como hojas de cálculo Excel y dibujos 2D, continuando con las líneas de flujo y las relaciones de precedencia punto a punto, y finalmente, empleando modelos 3D, 4D y 5D. Los resultados han sugerido ampliar el campo de enseñanza en la malla curricular de la Universidad Católica del Perú (Brioso, Murguía, & Urbina, Teaching Talk-Time, Flowline and Point-to-Point Precedence Relations: A Peruvian case study, 2017)

Su nombre ha tomado distintas formas como “*Sistema de Líneas de Balance (LBS)*”, “*Gráfico Tiempo-Camino (GTC)*”, “*Método de Líneas de Balance (LSM)*”, “*High rise Time Location Chart*”, “*Linear type Time-Location Chart*”, “*Line of Balance Scheduling Technique (LOBST)*”, “*Lines Balance Management System (LBMS)*”, entre otros. Finalmente, el nombre ha quedado estandarizado por el uso común y se le llama “Líneas de Flujo (LF)”.

3.4.2 Concepto

El concepto nace en la industria manufacturera cuando los ingenieros industriales deciden controlar sus procesos a través del balanceo de cargas de trabajo. Para ello, en dicha industria el producto se iba transformando a medida que pasaba por las llamadas “*estaciones de trabajo*”. Caso contrario sucede con la construcción, donde los recursos “*viajan*” a través del producto y las estaciones de trabajos son temporales dependiendo del tipo de proyecto. La finalidad de los industriales es equilibrar el flujo de producción en una instalación repetitiva u orientada al producto.

Para ello, plantearon que su problema principal es de distribuir físicamente las tareas o procesos individuales entre estaciones o celdas de trabajo, con el objetivo idóneo que ninguna estación de trabajo esté ociosa. Bajo este concepto, se afirma que un balance perfecto radica en que todas sus estaciones de trabajo tengan la misma

carga de trabajo y que el producto fluya sin retrasos. El mismo concepto es utilizado en la construcción al realizar la sectorización del proyecto, en la cual se busca balancear las cargas de trabajo para que no exista retrasos o para obtener el flujo más eficiente.

Así mismo, se enfocan en reducir los desequilibrios de rendimientos entre las maquinarias y el personal. Además, se concentran en minimizar el número de estaciones de trabajo ya que de alguna forma el espacio es una forma de inventario y, por ende, un egreso en el flujo de costos. Similarmente en nuestro medio, las obras buscan agilizar los tiempos de producción, pero estos tienen que ser coordinados y coherentes con la ritmicidad global de la obra, de tal forma de no obtener tiempos de espera entre actividades; en otras palabras, de qué me serviría acelerar una tarea si la tarea predecesora tendrá un ritmo menor y en cierto punto, la tarea acelerada tendrá que esperar a que la tarea consecuente termine sus trabajos para poder continuar.

Otro concepto importante, es que ponen de manifiesto y como punto de partida el tiempo global del proceso con la finalidad de encontrar la mejor distribución posible para lograr dicho tiempo. De esta forma, pueden existir distribuciones que impliquen trabajos en paralelo. Además, buscan que las estaciones de trabajo pasen el producto en proceso todas a la vez o todas al mismo tiempo, esto es en otras palabras, que ninguna estación de trabajo puede pasar el producto hasta que la siguiente estación haya terminado su proceso (esté libre), es decir, el concepto de *"Justo a tiempo"*.

Del párrafo anterior, se puede hacer una analogía en la construcción cuando se define el plazo total del proyecto y se tiene que definir la cantidad de frentes. Así mismo, de no poder contar con el tiempo suficiente, a veces es necesario realizar trabajos en paralelo para cumplir con el plazo estimado ya sea porque es muy corto o porque durante la ejecución de obra se han suscitado problemas que lo retrasen. En relación al concepto de *"justo a tiempo"*, lo ideal en construcción es que inmediatamente después de terminar una actividad y se libere el espacio, los recursos destinados a la tarea consecuente estén disponibles de forma inmediata, de esta forma el espacio siempre estará en constante trabajo, logrando así un flujo continuo de producción.

Nuevamente, en el rubro industrial entonces, se puede decir que el sistema progresa a la velocidad de la estación de trabajo más baja o más lenta. Así mismo, existe el tiempo de ciclo, el cual se define como el tiempo en el que permanece cada producto

en proceso en cada estación. Así mismo, este determina la velocidad de procesamiento del producto y cada vez que se cumple el tiempo de ciclo, el producto debe pasar a la siguiente estación. En construcción, el análisis es diferente, se tiene un tiempo de ciclo, pero es el recurso el que tiene que pasar a la siguiente estación o ubicación. De esta forma, se introduce el concepto de velocidades de producción en la construcción. A manera de ejemplo se tienen estos casos:

Industria manufacturera:

Se desea ensamblar 100 tuercas por jornada; cada jornada dispone de 8 horas:

$$V = 100 \frac{\text{tuercas}}{\text{jornada}}$$

$$d = 8 \frac{\text{horas}}{\text{jornada}}$$

$$\text{ciclo} = \frac{d}{V} = 4.8 \frac{\text{min}}{\text{tuerca}}$$

Industria de la Construcción:

Se desea vaciar con concreto 1 departamento por jornada, donde cada jornada dispone de 8 horas:

$$V = 1 \frac{\text{departamento}}{\text{jornada}}$$

$$d = 8 \frac{\text{horas}}{\text{jornada}}$$

$$\text{ciclo} = \frac{d}{V} = 8 \frac{\text{horas}}{\text{departamento}}$$

El ejemplo es bien sencillo, pero tiene como finalidad reconocer que para el balanceo de líneas de producción es necesario contar con una unidad de producción estándar. En el caso de la industria manufacturera, su unidad de producción son las tuercas; en contraste, en la industria de la construcción, su unidad de producción son los departamentos. Cabe resaltar que las tuercas viajan a través de las estaciones y la variabilidad en controlar su recorrido es menor comparado con la variabilidad de controlar los recursos en construcción que son lo que viajan a través del producto.

Posteriormente se define el concepto de Líneas de Balance y Líneas de Flujo, así como sus diferencias y la selección de las Líneas de Flujo para la gestión del tiempo.

Así mismo, en el ejemplo solo se ha analizado una tarea, que es el vaciado de concreto, y tuvo como finalidad lo indicado en el párrafo anterior. El enfoque de las LF es más global y no se puede apreciar en el ejemplo; las LF promueve que tareas deben estar balanceadas de tal forma que dicho ciclo definido para vaciar concreto, sea idóneamente igual a los ciclos de las otras tareas. Lograr ello, es planificar a nivel global las velocidades de trabajo de cada tarea.

3.4.3 Definición de Líneas de Balance (LoB)

La línea de balance (LoB)⁷ es una técnica de programación de la producción y se ha adoptado al rubro de la construcción, especialmente en proyectos que contengan trabajos repetitivos (Lumsden, 1968).

Puntualmente, la LoB define que para cada tarea existe dos líneas. La coordenada de la primera línea representa los inicios en cada ubicación, mientras que las coordenadas de la segunda línea representan el fin. Por lo tanto, una línea horizontal es la producción una unidad de ubicación.

Para la planificación bajo las LoB, se pretende que las doble líneas de cada tarea sean paralelas, de esta forma se asegura un ritmo de producción constante y las cuadrillas pueden viajar entre las ubicaciones de forma continua.

LoB fue una técnica gráfica que se basaba en procesos repetitivos, por lo que se entiende como trabajo repetitivo que las operaciones idénticas se llevan a cabo repetidamente en unidades sucesivas por los mismos operarios (Lumsden, 1968)

El eje vertical en las LoB representa la cantidad de producción, que para la programación basada en la ubicación es más práctico implementarla a procesos repetitivos. Este concepto es la limitante de las LoB ya que para procesos no repetitivos es más complicado calcular los cambios en las circunstancias y diferentes ubicaciones (Kenley & Seppänen, 2010).

⁷ Información detallada acerca de la historia, autores, conceptos previos, entre otros acerca de las LoB y LF en (Kenley & Seppänen, Capítulo 3, 2010).

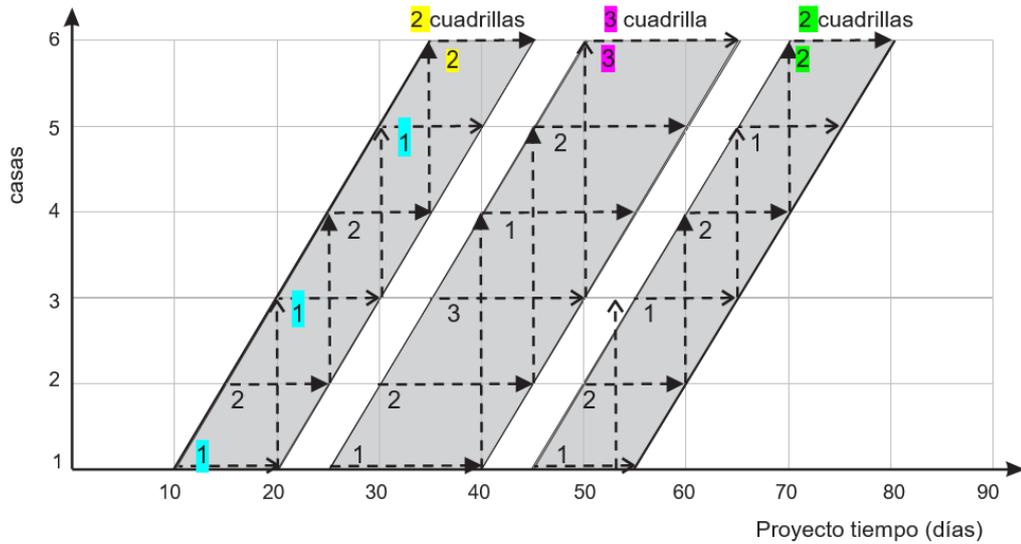


Imagen 3-5: Ejemplo de LoB indicando la cantidad de cuadrillas para cada tarea (Adaptado de (Kenley & Seppänen, 2010))

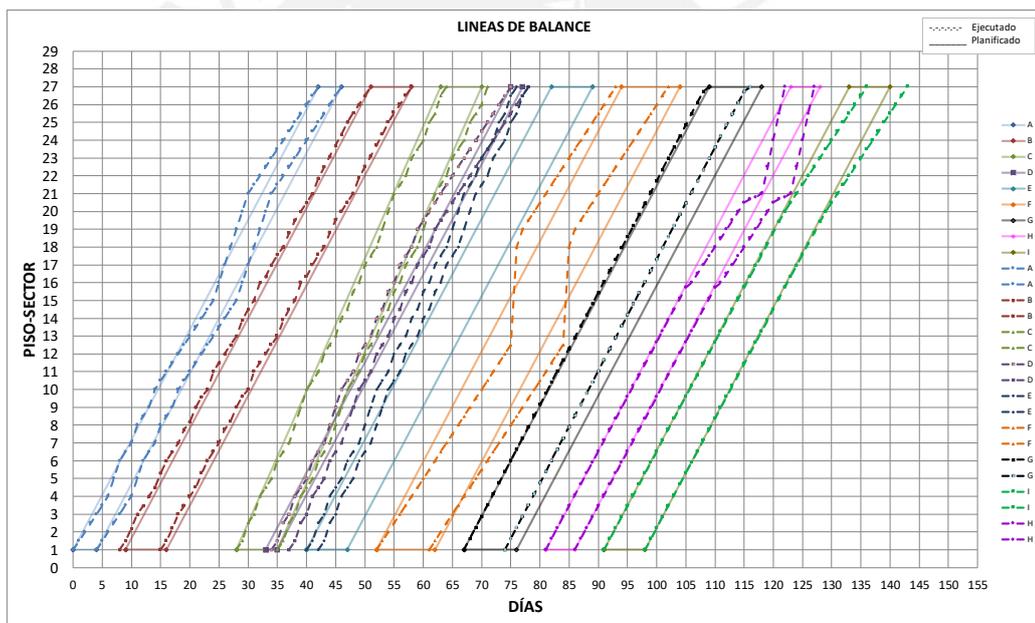


Imagen 3-6: Ejemplo de LoB tareas ejecutadas y planificadas (Elaboración propia)

3.4.4 Definición de Líneas de Flujo (LF)

Es un método de planificación representado gráficamente en un conjunto de líneas debidamente ordenadas que representan las tareas o actividades de un proyecto, las cuales están delimitadas en una escala de tiempo y asignadas a una determinada localización o ubicación, tomando en cuenta los principios de distribución en planta, sectorización, balance de cargas y, sobre todo, el principio de circulación o flujo de trabajo continuo.

La potencialidad de esta metodología radica principalmente en la visualización de las actividades más representativas en el tiempo y lugar, es decir, se logra visualizar los ritmos o velocidades de los flujos de trabajo del proyecto, facilitando el entendimiento de la secuencia constructiva y permitiendo realizar un mejor análisis global de la distribución de cargas a lo largo del tiempo y ubicación, un aspecto que no se podía realizar tan fácilmente con el CPM y el Gantt.

El gráfico de LF es una herramienta de planeamiento utilizada mayormente en obras lineales tales como: carreteras, gasoductos, túneles, edificaciones repetitivas, entre otras. Se diferencia del CPM (Método de la ruta crítica) ya que tiene un enfoque hacia los recursos y su locación dentro del proyecto durante el tiempo. Poderosas y ampliamente usadas herramientas como el diagrama de Gantt, trenes de actividades y otros no permiten la visualización del manejo de recursos a lo largo de un proyecto (Kenley & Seppänen, 2010).

Estas líneas representan las actividades derivadas de la Estructura de descomposición del trabajo (WBS, por sus siglas en inglés); así mismo, las unidades de producción representan a la Estructura de descomposición de la Ubicación definidas en el (LBS, por sus siglas en inglés).

Básicamente, las líneas de flujo están compuestas de dimensiones y parámetros:

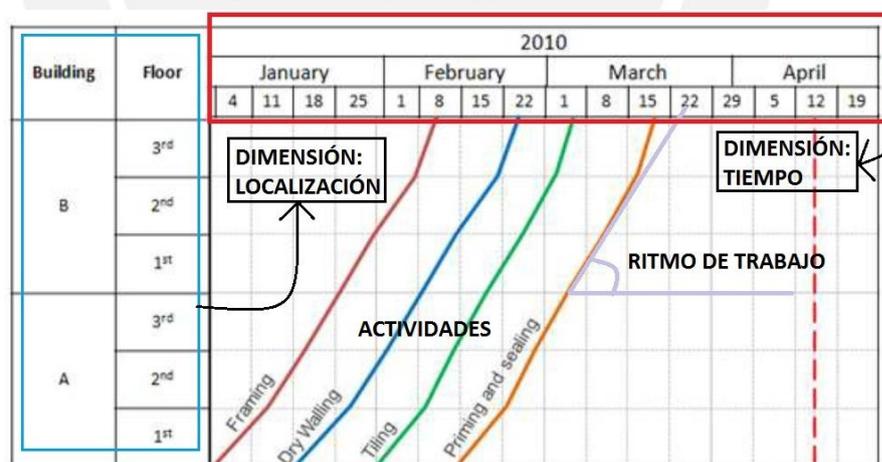


Imagen 3-7: Dimensiones y parámetros de LF (Adaptado de Vico Trimble)

Dimensiones

- Tiempo
- Actividad
- Localización

Parámetros

- Ritmo de trabajo
- Tiempo unitario
- Unidad de producción

3.4.5 Diferencias entre Líneas de Balance (LoB) y Líneas de Flujo (LF)

El flujo de trabajo a través de las ubicaciones puede representarse de dos formas: a través de las Líneas de Balance (LoB) y las Líneas de Flujo (LF). La presente tesis enfoca la gestión del tiempo basado en la LF. Por tal motivo, es importante señalar sus diferencias más significativas.

En las LoB, cada tarea se representa con dos líneas, mientras que en la LF basta dibujar una sola línea.

Por otro lado, en LoB, la producción de una unidad de ubicación se representa mediante una línea horizontal, mientras que en las LF esta es representada por la pendiente de la línea.

Las LF se concentra en visualizar los movimientos de las cuadrillas a través de las ubicaciones, mientras que la LoB se concentra en la producción acumulada.

El potencial de la programación basado en la ubicación es la visualización de las tareas en el tiempo y a través de las ubicaciones, en tal sentido, las LoB presenta una visualización muy densa desvirtuando el objetivo principal de la programación basada en la ubicación⁸. En contraste, las LF resultan más prácticas de dibujar, interpretar y manipular. Puede indicarse que la LF es una representación más limpia que las LoB (Kenley & Seppänen, 2010).

Otra diferencia es que el eje vertical de la LoB representa la cantidad de línea de balance (la producción acumulada), en cambio, la LF presenta la ubicación como segmento, indicando un inicio y fin de ubicación (Kenley & Seppänen, 2010).

3.4.6 Ventajas y Desventajas de las Líneas de Flujo

Si no se cuenta con un software que permita su fácil realización encontramos complicaciones que harían de la metodología poco práctica. Consecuentemente, las desventajas independientemente si se cuenta con un software o no, son las siguientes:

- No permite un seguimiento eficiente a detalle. Puede actuar como una línea base, pero necesita de otras herramientas para un correcto seguimiento.

⁸ Ver imagen 3-6 donde se aprecia la densidad de las líneas solo para 9 tareas.

- Si se pretende realizar una programación detallada, una reprogramación puede demandar mucho tiempo debido a la gran cantidad de líneas.
- En una programación detallada, existirán una amplia variedad de colores de líneas para las distintas tareas, dificultado la visualización del flujo general de la obra.
- No se ha definido una metodología completamente correcta para diseñar las relaciones de precedencia entre las actividades.

Así mismo, en relación al contexto de la construcción en el Perú, podemos indicar lo siguiente:

- Existe difusión de la metodología, pero en la práctica no se utiliza por el tiempo requerido para dibujarlas.
- Su aplicación requiere de inversión de un programa por lo que muchas de las medianas y pequeñas empresas deciden no invertir en estos programas.
- Requiere un software especializado. Los gratuitos están disponibles con fines académicos.
- Resistencia al cambio de los especialistas debido a diversos factores como: pretender que la metodología resuelva los problemas de ingeniería inmediatamente, los tiempos empleados en su realización, desconocimiento de una adecuada metodología, confort con el sistema que actualmente usan, temor al cambio, entre otras.

De las desventajas mencionadas, la de mayor incidencia es el no contar con una herramienta que permita su fácil elaboración.

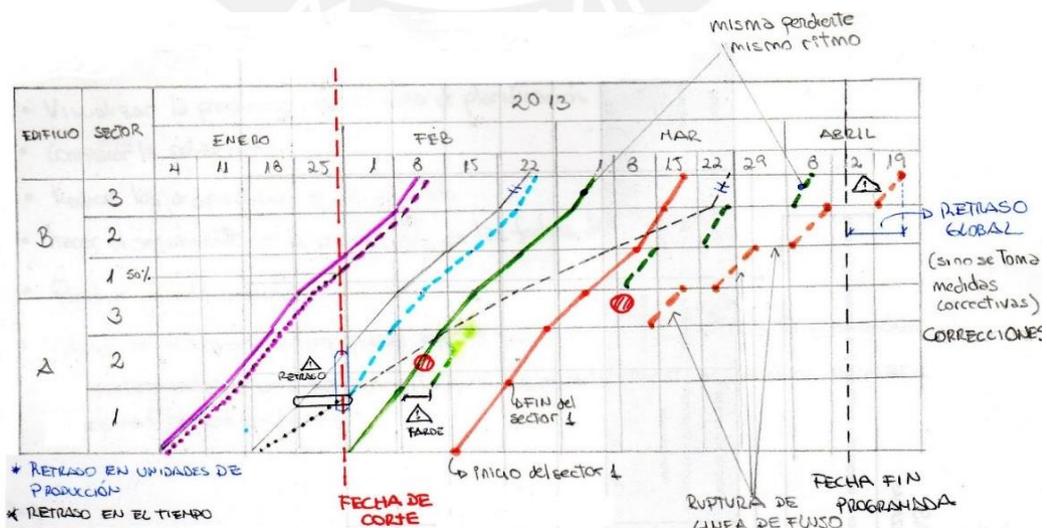


Imagen 3-8: Ejemplo de dibujo de LF sin la ayuda de un software (Elaboración propia)



Imagen 3-9: Ejemplo de dibujo de LF manual y en Excel (Elaboración propia)

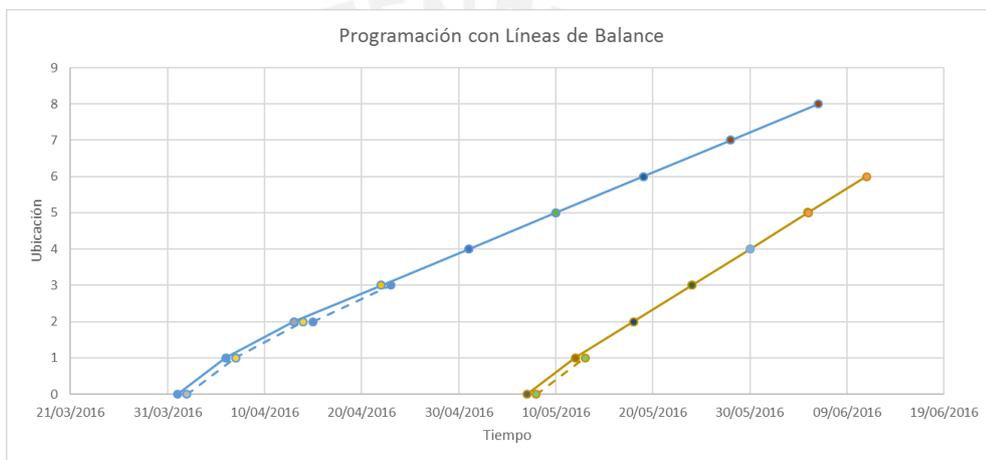


Imagen 3-10: Ejemplo de dibujo de LF en Excel con serie de Datos (Elaboración propia)

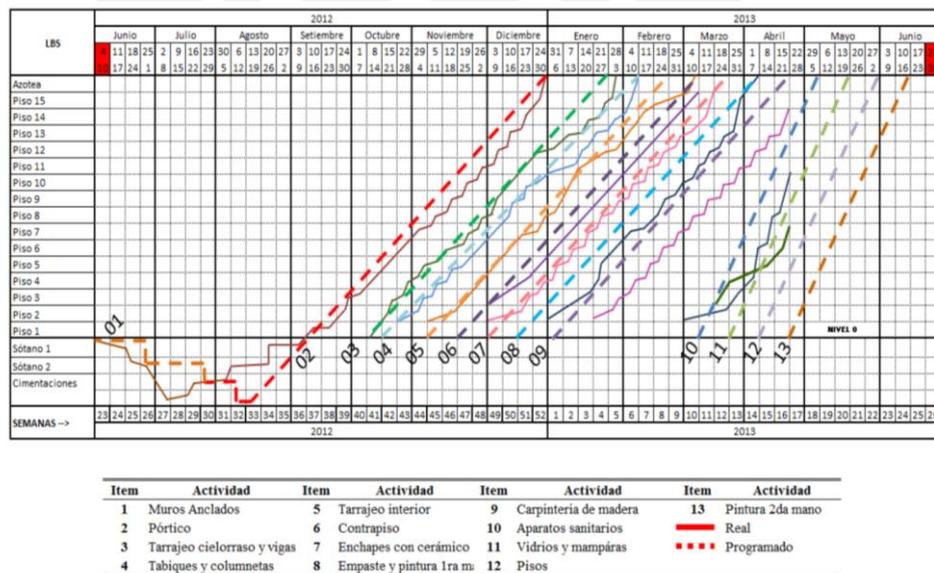


Imagen 3-11: Ejemplo de dibujo de LF en Excel sin serie de datos (Orihuela & Esteves, 2013)

La importancia de contar con un software de planificación de Líneas de Flujo es su rapidez para realizarlo (Kenley & Seppänen, 2010).

De nada sirve dibujar las LF y realizar el análisis cuando ya se ejecutaron los procesos. Estos programas permitirán detectar las interferencias entre actividades, es decir, si se cruzan en un mismo lugar y es necesario reprogramar o se tiene el espacio suficiente para que ambas actividades puedan realizarse en el mismo lugar y al mismo tiempo, dependiendo del riesgo asumido; también cuando se tiene que realizar el control de avance, ayuda a visualizar rápidamente el consumo de los buffers de tiempo entre tareas a lo largo de las ubicaciones; detecta visualmente los posibles cuellos de botella permitiendo gestionar acciones de contingencia; también permite rápidamente ver el volumen de trabajo y cuestionarse si se tiene los recursos presupuestados para poder controlar la obra, entre otras ventajas.

Puntualmente las LF agregan valor al permitir visualizar la interacción de las tareas en el tiempo y la ubicación. Las ventajas que esta metodología presenta son:

Ventajas principales:

- Asegurar el flujo continuo de trabajo.
- Visualizar las velocidades de producción de las tareas en un solo plano.
- Fácil modelación de distintos planes de ataque para la ejecución del proyecto.
- Detectar desviaciones en la programación.
- Controlar e identificar los buffers de tiempo.
- Evaluar los volúmenes de producción para determinar la cantidad de recursos necesarios para su control.
- Determinar interferencias. Esto quiere decir cuando dos o más tareas tienen que realizarse en una misma ubicación y al mismo instante.
- Enfoque hacia los recursos y su locación dentro del proyecto durante el tiempo:
 - Generar un correcto calendario de recursos, de manera que un recurso no se asigna a dos actividades al mismo tiempo.
 - Facilitar la optimización de cuadrillas a través de la detección de ritmos.
 - Mejorar la distribución de recursos en el tiempo evitando grandes dispersiones.

Ventajas secundarias:

- Eliminar las paradas y reinicios de actividades.

- Tomar decisiones en función a los indicadores de Líneas de Flujo.
- Visualizar los cronogramas planificados y reales.
- Medir la eficiencia y eficacia del programador y/o del avance de obra.
- Proyectarse en el flujo de caja.
- Realizar pronósticos más acertados.

Con todo ello, la reingeniería de la línea base del proyecto entonces se hace mucho más sencilla. Es sabido que los cambios son parte de la naturaleza misma de los proyectos, y las LF provee la facilidad de cambiar la estrategia de una manera ágil cuando sea necesario.

Al ser una metodología en proceso de mejora, por ende, las potenciales ventajas se darán con el transcurso de las investigaciones. Una mejora sustancial es, por ejemplo, la integración de los modelos 3D, 4D y 5D.

Durante la fase de planeamiento y de diseño a detalle del proyecto, es posible realizar diferentes modelaciones con diversos planes de ataque para el proyecto. En caso el modelo esté integrado en términos de tiempo y costo, estos modelos pueden ser comparados y se puede hallar la mejor estrategia de una manera sencilla.

En términos de integración, es también posible integrar a la Gestión del Riesgo dentro de la LF. Desde la fase de planeamiento se puede modelar diversos escenarios, de acuerdo a los riesgos identificados y puntualizados en una matriz de riesgos. Los planes de contingencia podrían ser entonces más cercanos a la realidad, ya que con un software que integre la LF con un modelo 5D en BIM podría arrojar el costo y plazo adicional del proyecto en caso se suscitasen los riesgos identificados. De ser así, sería también posible modelar riesgos asociados, y analizar qué es lo que sucedería en caso dos o más riesgos sucedieran al mismo tiempo. En definitiva, tener una integración de la LF con la matriz de riesgos permitiría generar una reserva de contingencia ante riesgos mucho más exacta.

En resumen, las LF se está integrando a un sistema de planeamiento cada vez más sólido que deriva sus decisiones gracias a las ventajas de esta metodología, puede comprobarse con las prácticas de enseñanza realizadas en la Universidad Católica del Perú (Brioso, Murguía, & Urbina, Teaching Talk-Time, Flowline and Point-to-Point Precedence Relations: A Peruvian case study, 2017).

3.4.7 Líneas de Flujo en la planificación y programación

De acuerdo al PMI, el Grupo de Procesos de Planificación está compuesto por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y

refinar los objetivos, y desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos. Los procesos de Planificación desarrollan el plan para la dirección del proyecto y los documentos del proyecto que se utilizarán para llevarlo a cabo (PMI, 2013).

En tal sentido, la planificación consiste en trazar la estrategia y las tácticas, así como la línea de acción o ruta para completar con éxito el proyecto (PMI, 2013).

Por otro lado, la programación toma como entrada parte de lo que fue definido durante la planificación y lo transforma en un documento que será utilizado como parámetro de medición durante la ejecución del proyecto.

Las líneas de flujo pueden ser empleadas tanto a nivel de planificación como de programación. Para ambos casos, la metodología de implementación es la misma, sin embargo, el enfoque y análisis es distinto.

Respecto a la planificación, las líneas de flujo tienden a tener mayores cambios debido a que el proceso de planificación es iterativo y pretende lograr el objetivo de la forma más eficiente posible. Como se menciona líneas arriba y como se verá a detalle en el capítulo 4, la planificación abarca a la programación, es decir, es la guía para poder programar⁹.

Respecto a la programación, la gráfica resultante presenta mayor densidad de LF, con relaciones de interdependencia, asignación de planes específicos, asignación de recursos, fechas, entre otros. Todo ello para poder realizar el seguimiento y control del proyecto.

3.5 Consideraciones más importantes de las metodologías Gantt, PERT/CPM y CCM

En la presente tesis se utilizarán estos conceptos como parte de la metodología de planificación de las obras, sin embargo, para un análisis de velocidades de producción, para el control de avance respecto a su ubicación, entre otras, esta metodología no es visualmente preferida y esclarecedora por los siguientes puntos:

- Muestra solo dos dimensiones que son las tareas y el tiempo,
- Cada tarea es repetida de acuerdo a la cantidad de veces que tiene que ser ejecutada en determinada ubicación.

⁹ Ver imagen 4-1: Flujo de herramientas de programación

- Por lo anterior mencionado, se tiene que asignar recursos a cada uno de ellas dificultando la visualización de continuidad de recursos.
- Las velocidades de producción no son fácilmente detectables.
- La dependencia de sus tareas y su repetición hace que la susceptibilidad a cambios en la programación sea más engorrosa de controlar y percibir.
- Por lo anterior mencionado, las reprogramaciones demandan mayores horas hombre y aumenta la probabilidad del error.
- Presenta una ruta crítica para ciertas actividades, considerando holguras en las otras restantes que desde el enfoque Lean se tratan de pérdidas.

Por tales motivos, se va a considerar como una herramienta de planificación que posteriormente tiene que ser validada mediante la herramienta de visualización de Líneas de Flujo que se detallará en el Capítulo 4.

La CCM reconoce la importancia de gestionar de forma integrada la holgura, por lo que considera sus efectos reales: disponibilidad de recursos, actividades y tiempo. El CPM solo considera a las actividades. En ese sentido, los parámetros que se utilizarán en la metodología de la presente tesis son los amortiguadores de recursos, amortiguadores de tiempo o buffers, amortiguadores de alimentación o de tareas, flujo continuo de procesos, y la identificación de la cadena crítica.

Dado estas metodologías podemos decir que todas comparten una idea en particular la cual es optimizar y lograr el éxito del proyecto mediante la mejora continua.

Sistema Last Planner (LPS)

El LPS aporta lo siguiente en relación a la gestión del tiempo:

- Permite un control eficiente y proporciona datos para el aprendizaje a través de sus análisis de causas de incumplimiento.
- Su metodología escalonada y relacionada con el “último planificador” permite realizar planificaciones más confiables.
- Permite identificar riesgos y/o restricciones en un plazo intermedio.
- No requiere de herramientas costosas.
- Considera el efecto de flujos.
- Permite mantener un inventario de trabajo ejecutable.

CAPÍTULO 4: Metodología de Líneas de Flujo

4.1 Requisitos y/o restricciones

La presente tesis ha requerido de las siguientes herramientas para su desarrollo:

Herramientas de amplia divulgación

- Software de hojas de cálculo, de preferencia Microsoft Excel.
- Software para graficar diagramas de Gantt, Microsoft Project o Excel.
- Plataforma de lectura de códigos fuente, Herokuapp.
- Software de para dibujos 2D, Autocad.

Herramientas particulares

- Software que controle los ingresos y salidas de almacén.
- Software que permita graficar las LF sin demandar tiempos excesivos.
- Software contable, de tesorería y/o finanzas.

4.2 Introducción

El Sistema Last Planner (LPS) y las Líneas de Flujo (LF):



Ilustración 4-1: Engranaje del planeamiento (Elaboración propia)

Si las metas a corto plazo se cumplen, entonces las metas a mediano y largo plazo se estarán cumpliendo indirectamente.

La diferencia en proponerse metas a mediano o largo plazo, es que las de corto plazo funcionan como pequeños esfuerzos rítmicos a lo largo del tiempo, y la suma de estas constituyen el esfuerzo total necesario para cumplir las mayores en el tiempo y costo esperado. Sin embargo, si no se cuenta con un buen plan general a largo plazo, es posible que el sistema no funcione. En la presente tesis, la analogía sería que el LPS es el engranaje en sí, y el “*lubricante*” que facilita el movimiento del sistema es las LF.

4.3 Directivas

Las LF, por la dificultad de su elaboración quizá no sea la herramienta ideal para un correcto seguimiento detallado durante su ejecución, es decir, la tesis recomienda emplearlo para el control a nivel macro (cronograma maestro). Por lo tanto, necesita de otras herramientas para poder controlar la productividad y la correcta conducción de la obra. Es aquí donde aparece LPS. El LPS es una de las herramientas más poderosas para realizar un seguimiento sesudo y a detalle de la construcción hoy en día. Se enfoca en etapas muy cortas de tiempo, normalmente semanas. Es recomendable generar este documento en los últimos dos días de la semana, para poder capturar la condición real de la obra. Además, debe ser generado por la última persona que se encuentra a cargo de la ejecución de actividades. Esto es sumamente importante debido a que sólo la persona que se encuentra en el campo tiene el conocimiento sobre la actualidad de la obra semana a semana.

Dentro de un LPS se muestran las actividades y sus concatenaciones, sus restricciones, los responsables y las personas sobre las cuales estos responsables dependen, en temas de aprobaciones de cambios en ingeniería, logística de recursos (M.O., Equipos y Personal) entre otros temas que sean necesarios para conseguir las metas semanales pactadas. Estas metas están diseñadas en base al Look Ahead Planning.

A continuación, se muestra las herramientas que se propone a utilizar para gestionar el tiempo:

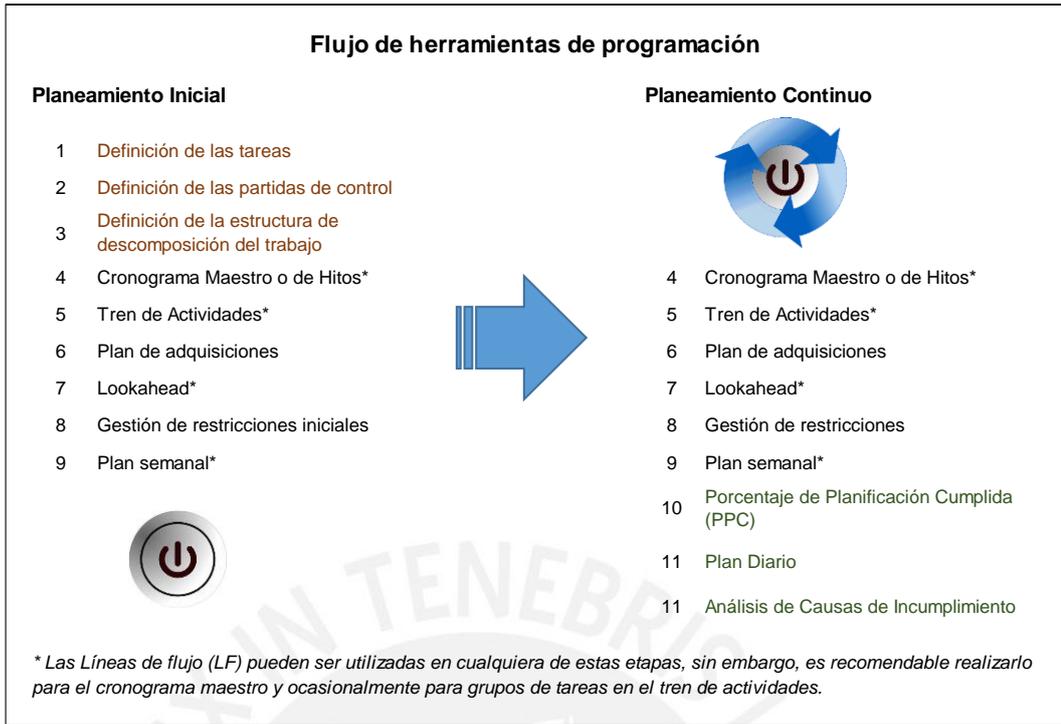


Imagen 4-1: Flujo de herramientas de programación (Elaboración propia)

4.4 Estructura de descomposición del Trabajo (WBS)

La estructura de descomposición del trabajo es una estructura en la cual se divide el alcance en entregables lo suficientemente pequeños con la finalidad de hacer más clara la definición del alcance. Por lo tanto, está relacionado con la productividad ya que al ejecutar una tarea estamos construyendo un entregable y para ello es que la realizamos. (Esterkin, 2007)

El WBS no tiene nombres, fechas ni dependencias; estos están definidos en las tareas del cronograma. En el WBS no se define aun la secuencia constructiva, ya que puede existir una tarea que agrupe varios entregables del WBS, y es lo que ocurre muchas veces en construcción. (Esterkin, 2007)

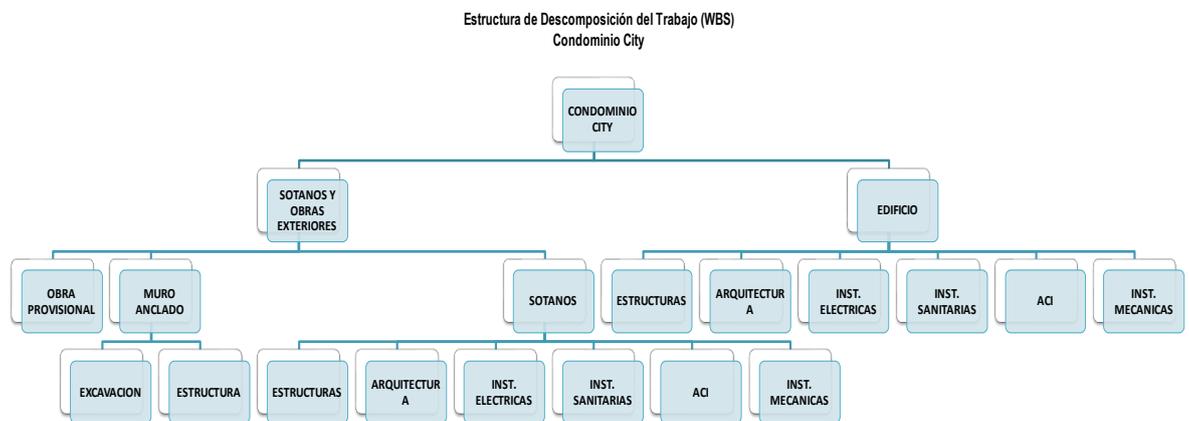


Imagen 4-2: WBS para la obra "Condominio City" (Elaboración propia)

En nuestro medio, se conocen mayormente dos metodologías para definir el WBS:

- Norma técnica peruana
- Uniformat II

A continuación, se muestra un gráfico que muestra las diferencias principales de estas dos metodologías:

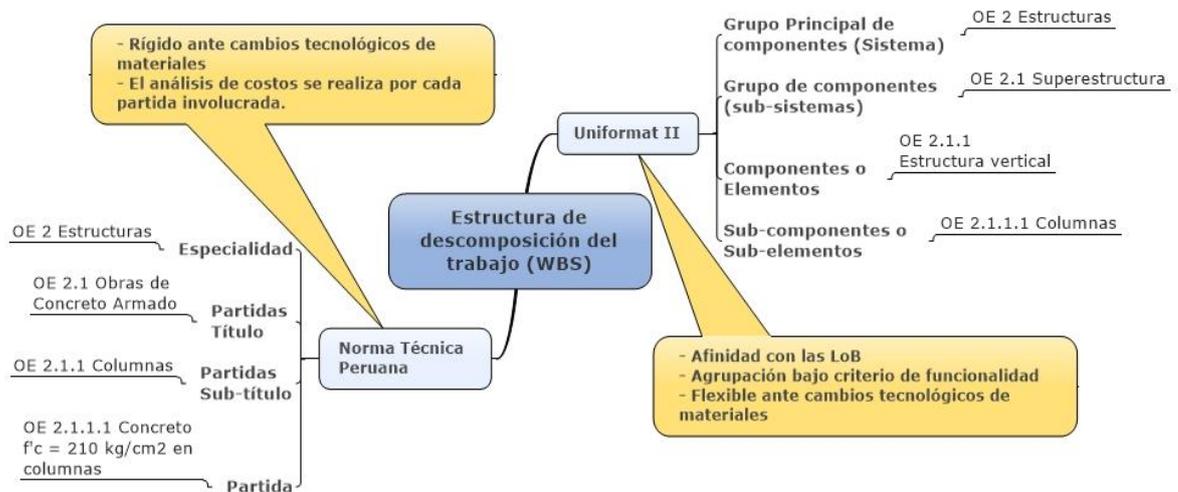


Imagen 4-3: Formas de realizar un WBS (Elaboración propia)

Cabe resaltar que, en Finlandia, en los proyectos evaluados por el software Vico, se ha utilizado el Uniformat II, indicando que tiene afinidad con el LBS y facilita las programaciones de LF.

4.5 Estructura de descomposición de la ubicación (LBS)

Es la estructura determinada para los entregables de ubicación. Consiste en determinar los entregables por ubicación a un nivel que sea controlable. Es recomendable tener niveles de control no muy detallados.

Así mismo, para cada nivel del LBS se le asigna una escala, la cual refleja la magnitud de la carga de trabajo que este representa. Por ejemplo, el piso 1 y el piso 2 de un edificio pueden tener la misma área techada, sin embargo, la doble altura del piso 1 hace que sea más complicado de realizarlo, por lo tanto, la escala del piso 1 será mayor a la del piso 2.

Por otro lado, puede tenerse distintos LBS de acuerdo al tipo o grupo de actividades, sin embargo, se recomienda tener la menor cantidad posible.

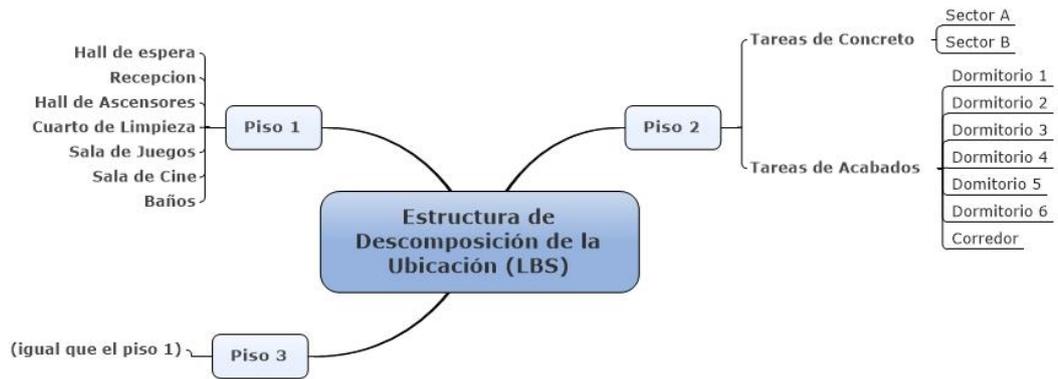


Imagen 4-4: Ejemplo de niveles de LBS (Elaboración propia).

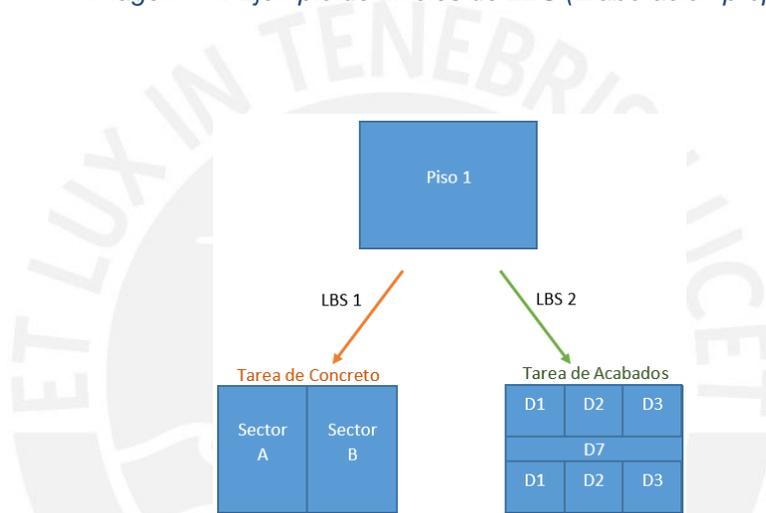


Imagen 4-5: Ejemplo de LBS para la tarea de Concreto y Acabados (Elaboración propia) adaptado de (Kenley & Seppänen, 2010).

4.6 Buffers¹⁰

Así como el LPS detalla un inventario de trabajo, la estrategia de *buffers* considera tres tipos de *buffers* para asegurar la continuidad del flujo de producción:

- *Buffer* de tiempo
- *Buffer* de trabajos
- *Buffer* de recursos

Un buen control de estos garantiza un proceso continuo. Para ello, en cada planificación intermedia y de detalle es necesario reconocerlas y controlarlas. Para

¹⁰ *Buffer* es un término inglés que, en el medio de construcción, es empleado para referirse a reservas contingentes para determinado proceso. Tiene como finalidad mejorar el flujo de producción mediante la reducción de la variabilidad e incertidumbre (Gonzales & Alarcon, 2003). También se conoce como “colchones”.

el caso del control de *buffer* del tiempo se muestra un formato que fue inspirado en la Cadena Crítica de Goldratt:

FECHA	10-ago-15	17-ago-15	24-ago-15	31-ago-15	07-sep-15	14-sep-15	21-sep-15	28-sep-15	05-oct-15	12-oct-15	19-oct-15	26-oct-15
BUFFER CONSUMIDO	1	0	1	1	0	0	1	0	2	0	1	2
ACUMULADO (DÍAS)	1	1	2	3	3	3	4	4	6	6	7	9
	5.9%	5.9%	11.8%	17.6%	17.6%	17.6%	23.5%	23.5%	35.3%	35.3%	41.2%	52.9%
DÍAS TRANSCURRIDOS DE	7	13	19	25	31	37	43	49	55	59	65	71
PROYECTO	5.6%	10.3%	15.1%	19.8%	24.6%	29.4%	34.1%	38.9%	43.7%	46.8%	51.6%	56.3%

SETUP:

Fecha de Inicio de Obra	03-ago
Fecha Fin Meta (Sin Buffers)	10-dic
Fecha Fin Compromiso	31-dic
BUFFER (DÍAS)	17
PLAZO PROYECTO (DÍAS)	126
FECHA PREVISTA DE ENTREGA	12-dic

DATOS:

FECHA DE ÚLTIMO REPORTE:	26-oct-2015
BUFFER CONSUMIDO (DÍAS)	9 / 17
DÍAS TRANSCURRIDOS DE PROYECTO	71 / 126
% VALORIZADO DE PROYECTO (ACUMULADO)	35.1%
% TIEMPO TRANSCURRIDO A LA ÚLTIMA VALORIZACIÓN	38.9%
% TIEMPO TRANSCURRIDO A LA FECHA DE REPORTE	56.3%

Imagen 4-6: Control de buffer de tiempo (Elaboración propia)

Cabe resaltar que el control del de este colchón corresponde al colchón del proyecto y no a los de alimentación (PMI, 2013). En otras palabras, es el control de *buffer* de la ruta crítica.

4.7 Sistema de relaciones de precedencia

La precedencia entre actividades necesaria para poder definir su secuencia y asegurar su continuidad actualmente es un tema en discusión por muchos investigadores (Brioso, Humero, & Calampa, Comparing Point-to-point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A housing project of highly repetitive processes case study, 2016).

Las investigaciones actuales del tema citan tres referencias para las relaciones de precedencia. La primera es el Método de Diagrama de Precedencia (PDM) conocido como el método tradicional en la cual se presentan las precedencias clásicas (Fin-Comienzo, Fin-Fin, Comienzo-Fin y Comienzo-Comienzo); luego se cita a la de “fragmentación” que consiste en dividir las actividades en subactividades y usar relaciones Fin-Comienzo sin retrasos (FS0) entre cada una. Finalmente, las “relaciones de precedencia de punto a punto” (PTPRR, por sus siglas en inglés) se basa en que cualquier punto de las actividades relacionadas se puede conectar (Hajdu, 2015).

El PDM presenta limitaciones para modelar actividades superpuestas de manera adecuada. Por otro lado, las relaciones de punto a punto recientemente desarrolladas son mejores desde el punto de vista teórico y práctico, sin embargo, aún no pueden proporcionar una solución teóricamente perfecta (Hajdu, 2015)¹¹.

Los factores a evaluados para la discriminación de la mejor alternativa son (1) el tiempo empleado en la planificación, (2) la consistencia de las relaciones con la continuidad y (3) advertencia sobre las anomalías de la programación. A este nivel es preciso acotar que las relaciones punto a punto aun no satisfacen el tercer factor.

La siguiente imagen muestra la conceptualización de las relaciones punto a punto.

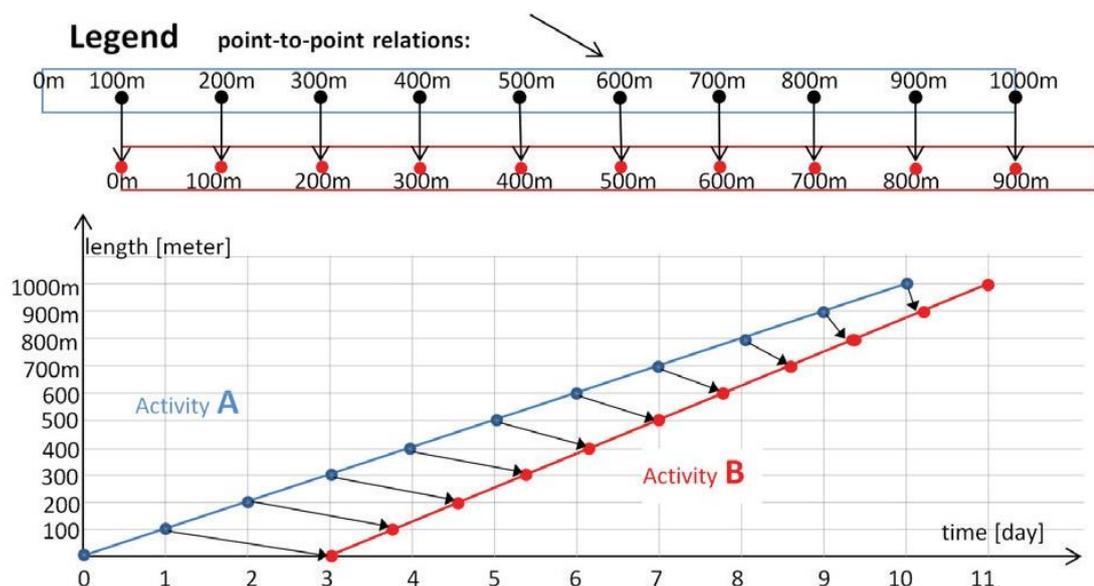


Imagen 4-7: Modelado de actividades superpuestas con punto a punto (Hajdu, 2015)

En el contexto de Perú, los trenes de actividades de los proyectos llevan un gran volumen de trabajo, con procesos altamente repetitivos y son divididas diariamente y de forma secuencial con lo cual son compatibles con el método LBMS y PTPPR (Brioso, Humero, & Calampa, Comparing Point-to-point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A housing project of highly repetitive processes case study, 2016).

¹¹ Se puede profundizar las razones en las publicaciones de los profesores Hajdu y Brioso.

TASKS	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed
	Oct 26	Oct 27	Oct 28	Oct 29	Oct 30	Oct 31	Nov 1	Nov 2	Nov 3	Nov 4	Nov 5	Nov 6	Nov 7	Nov 8	Nov 9	Nov 10	Nov 11
STRUCTURING PHASE																	
VERTICAL REBAR				S1-P2	S2-P2	S3-P2		S4-P2	S5-P2	S1-P3	S2-P3	S3-P3	S4-P3		S5-P3	S1-P4	S2-P4
VERTICAL PIPING INSTALLATION				S1-P2	S2-P2	S3-P2		S4-P2	S5-P2	S1-P3	S2-P3	S3-P3	S4-P3		S5-P3	S1-P4	S2-P4
VERTICAL ELECTRICAL INSTALLATION				S1-P2	S2-P2	S3-P2		S4-P2	S5-P2	S1-P3	S2-P3	S3-P3	S4-P3		S5-P3	S1-P4	S2-P4
VERTICAL FRAMEWORK	S2-P1	S3-P1	S4-P1	S5-P1	S1-P2	S2-P2		S3-P2	S4-P2	S5-P2	S1-P3	S2-P3	S3-P3		S4-P3	S5-P3	S1-P4
VERTICAL CONCRETE POURING	S2-P1	S3-P1	S4-P1	S5-P1	S1-P2	S2-P2		S3-P2	S4-P2	S5-P2	S1-P3	S2-P3	S3-P3		S4-P3	S5-P3	S1-P4
HORIZONTAL FRAMEWORK	S1-P1	S2-P1	S3-P1	S4-P1	S5-P1	S1-P2		S2-P2	S3-P2	S4-P2	S5-P2	S1-P3	S2-P3		S3-P3	S4-P3	S5-P3
HORIZONTAL REBAR	S1-P1	S2-P1	S3-P1	S4-P1	S5-P1	S1-P2		S2-P2	S3-P2	S4-P2	S5-P2	S1-P3	S2-P3		S3-P3	S4-P3	S5-P3
HORIZONTAL PIPING INSTALLATION		S1-P1	S2-P1	S3-P1	S4-P1	S5-P1		S1-P2	S2-P2	S3-P2	S4-P2	S5-P2	S1-P3		S2-P3	S3-P3	S4-P3
HORIZONTAL ELECTRICAL INSTALLATION		S1-P1	S2-P1	S3-P1	S4-P1	S5-P1		S1-P2	S2-P2	S3-P2	S4-P2	S5-P2	S1-P3		S2-P3	S3-P3	S4-P3
HORIZONTAL CONCRETE POURING			S1-P1	S2-P1	S3-P1	S4-P1		S5-P1	S1-P2	S2-P2	S3-P2	S4-P2	S5-P2		S1-P3	S2-P3	S3-P3

Imagen 4-8: Ejemplo de tren de actividades de la estructura de un edificio (Brioso, Humero, & Calampa, Comparing Point-to-point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A housing project of highly repetitive processes case study, 2016)

La presente tesis tiene en consideración las relaciones de precedencia para la programación, sin embargo, no es un parámetro de ingreso para la utilización del software de visualización de líneas de flujo propuesto¹².

4.8 Cronograma Maestro, Tren de actividades, Lookahead y Plan semanal

Son las herramientas que utiliza el LPS para programar y controlar los tiempos de ejecución de tareas. Están basadas en el “engranaje del planeamiento”¹³.

Cronograma Maestro

El cronograma maestro obedece a la planificación de actividades generales que agrupan varias partidas. Esta programación es la que proporciona las directivas generales para entrar al planeamiento a detalle, por lo tanto, está sujeta a modificaciones de acuerdo al avance del proyecto. Es en este tipo de programación que las Líneas de Flujo (LF) se desarrollan con mayor potencialidad, ya que permite identificar rápidamente espacios de tiempos desperdiciados, evaluar *buffers* de tiempo, evaluar superposición de tareas, entre otras ventajas que han sido detalladas en el acápite 3.4.4.

Tren de Actividades

El Tren de actividades es lo más parecido a las LF, ya que se trata de una programación lineal basada en lograr volúmenes de producción similares para cada día, en cada cuadrilla. Así mismo, la cantidad de trabajo que se ejecuta en cada una de las estaciones debe ser aproximadamente la misma. La capacidad de cada estación está diseñada para la cantidad de trabajo asignada y, por lo tanto, todos los días se debería tener el mismo avance¹⁴ (Graña y Montero, 2008).

¹² Ver acápite 4.11

¹³ Ver imagen N° 4-1: Engranaje del planeamiento

¹⁴ Revisar Capítulo 3, acápite 3.4.3 acerca de la definición de líneas de balance

Para realizar el tren de actividades es necesario definir previamente la secuencia constructiva para que una cuadrilla específica pueda realizar este mismo trabajo todos los días y solo cambie de ubicación. Su elaboración consiste en los siguientes pasos (Graña y Montero, 2008):

- Sectorización: dividir el área de trabajo en sectores con cantidades de trabajo similares, de tal forma que puedan ser construidos en un día. Al tener trabajos repetitivos se consigue aprovechar las ventajas de la curva de aprendizaje.
- Listar: se debe detallar las tareas a realizar en cada sector.
- Secuenciar las actividades previamente listadas de modo que se cubran todos los sectores de trabajo. Este es el paso que toma más tiempo y es muy común que las primeras secuencias que se consideren no sean las mejores, estas se irán mejorando a lo largo del proyecto. Se incluirán *buffers* en función a la variabilidad de las actividades. Siempre se tiene que tomar en cuenta que la duración del tren debe encajar dentro de los hitos del plan general. De no encajar, revisar la secuencia constructiva diaria, y ver la manera de ajustarla. Tal vez sea necesario, por ejemplo, disponer de mayor cantidad de recursos.
- Dimensionar la cantidad de recursos necesarios considerando los metrados del sector más representativo, la velocidad de avance o rendimiento de la cuadrilla básica y el número de cuadrillas básicas necesarias para completar el sector en 1 día.

Al hacer ello, todas las tareas se convierten en críticas, por dicho motivo, suelen emplearse más en proyectos sin mucha variabilidad.

Lookahead, Análisis de Restricciones, Plan Semanal y Plan Diario

Estas tres herramientas son “cortes” del cronograma basado en el tren de actividades. Su finalidad es identificar restricciones en el mediano plazo mediante el lookahead; dimensionar recursos y preparar “trabajos de reserva” mediante el Plan Semanal, y finalmente controlar la productividad diaria mediante el Plan Diario. Es recomendable que semanalmente pueda verificarse y/o actualizarse el tren de actividades. Sin bien resulta engorroso actualizar el tren para evaluar las velocidades globales de las tareas, esto puede realizarse con mayor facilidad a través de las LF.

El análisis de restricciones es la herramienta que acompaña al lookahead y lleva el control de la liberación de las tareas restringidas. Es una alerta constante del levantamiento de estas.

4.9 Lectura de Líneas

A continuación, se muestran casos particulares acerca de la lectura de las LF:



Imagen 4-9: Esperas y reinicios de trabajos (Elaboración propia). Adaptado de (Vico Software Trimble, 2010)



Imagen 4-10: Buffers de tiempo entre actividades (Elaboración propia).



Imagen 4-11: Trabajos paralelos (Elaboración propia).



Imagen 4-12: Interferencia de tareas en la misma ubicación (Elaboración propia)

4.10 Indicadores de las LF

Los indicadores propuestos en la presente tesis se presentan de forma teórica ya que su implementación no es del todo práctica para los fines del presente documento, todo ello debido al tiempo que conlleva calcularlos. Sin embargo, es importante reconocerlos y desarrollar complementos al software que permitan determinar sistemáticamente dichos indicadores.

Son indicadores que permiten al programador tener una visión más clara de la calidad de cronograma; entendiéndolo como calidad al grado de superioridad con respecto a otras versiones de cronogramas del mismo proyecto. Por lo tanto, es un medio que facilita acercarse a los límites o condiciones ideales.

Velocidad Ponderada (VP): es la velocidad ponderada para una tarea en particular. Es determinado para las tareas programadas y reales.

$$VP = \frac{\sum_i^n \frac{(Fecha Fin_i - Fecha Inicio_i)}{Escala del LBS_i}}{\frac{Fecha Fin - Fecha Inicio}{\sum_i^n Escala del LBS_i}}$$

Donde:

- Fecha Fin y Fecha Inicio: corresponden a las fechas de la tarea por cada segmento del LBS.

- Escala del LBS: es la escala asignada a cada LBS de acuerdo a la cantidad de carga de trabajo¹⁵ la cual dependerá del criterio de equipo de programación.

Paralelismo (PL): Representa la variación de ritmos entre las tareas. Es la desviación estándar de las velocidades ponderadas de las “n” tareas. Se determina el indicador PL como un parámetro de dispersión.

$$PL = Desv. Estandar \left(\sum_i^n VP_i \right)$$

Ritmicidad Global (RG): Es la velocidad total del cronograma. Es un indicador referencial y es útil para comparar con otros proyectos de similares condiciones.

$$RG = Promedio \left(\sum_i^n VP_i \right)$$

Continuidad de actividad (CA): Porcentaje que determina la cantidad de discontinuidades por unidad de tiempo que tiene una actividad. Es una medida de la discontinuidad del flujo.

Es menester resaltar que estos indicadores tienen características particulares:

- Rango: Define los límites posibles y establece criterios para su evaluación.
- Correlación: Ciertos indicadores no pueden ser interpretados por sí solos por lo que es necesario establecer intervalos de clasificación para su adecuada interpretación.
- Sistemáticos: Los cálculos deben ser sistematizados, de lo contrario, puede resultar engorroso e improductivo.

4.11 Software de visualización de Líneas de Flujo

4.11.1 Introducción

La presente herramienta ha sido creada exclusivamente para la presente tesis. Con ella se pretende incentivar al uso de la metodología de LF, removiendo así la limitante más incidente para su uso: su dificultad para dibujarlas y el tiempo que se emplea (practicidad).

¹⁵ Ver acápite 4.5: Estructura de descomposición de la ubicación (LBS)

4.11.2 Requisitos técnicos para el uso del software

El presente programa requiere de lo siguiente para funcionar:

- La última actualización de cualquier navegador de internet.
- Software Microsoft Excel.
- Conexión a internet

Como se aprecia, no requiere de una inversión costosa.

4.11.3 Presentación inicial

Se debe ingresar al siguiente link con los siguientes datos:

- Link : <http://civildigram.herokuapp.com/>
- Usuario : planner
- Clave : jesus.durand

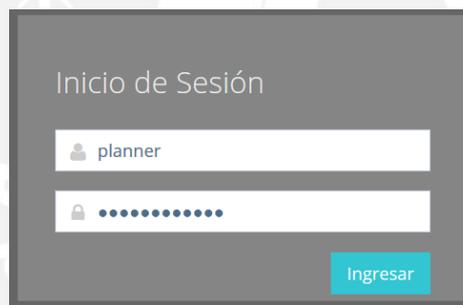


Imagen 4-13: Ingreso al Software (Elaboración propia)

El programa presentará el siguiente menú:



Imagen 4-14: Menú del Programa (Elaboración propia)

En la opción “*Descargar Formato*” se encontrará el “**formato de importación**” donde se ingresarán los datos del cronograma a dibujar. Con la opción “*Subir archivo*” se cargará el cronograma de obra.

4.11.4 Datos de Entrada

El software requiere del ingreso de la información en una plantilla de Excel debidamente ordenada. Para completar dicho formato será necesario contar

previamente con el cronograma que indique las ubicaciones iniciales y finales por cada tarea, así como sus respectivas fechas de inicio y fin¹⁶:

TREN DE ACTIVIDADES							Versión Inicial (sin aplicar LoB)													
LoB	Tarea	Descripción de Partidas	LBS inicio (pis)	LBS fin (pia)	Cierre	Inicio	Fin	Semana 43					Semana 44					19		
								09-12-15	10-12-15	11-12-15	12-12-15	13-12-15	14-12-15	15-12-15	16-12-15	17-12-15	18-12-15			
								X	J	V	S	D	L	M	X	J	V			
x	T076	Enchape de baños y cocinas	1	20	x	21-jul-15	09-nov-15													
	T077	Acabado-exterior Dptos.																		
x	T078	Tarrajeo de fachada	1	20	x	23-oct-15	02-dic-15													
x	T079	colocación de marcos de aluminio ventanas y mamparas	1	20	x	04-nov-15	03-dic-15													
x	T080	secado de tarrajeo de fachada	1	20	x	04-nov-15	23-dic-15	S	F3	S			S	F4	S	S	F5			
x	T081	Pintura en Fachada	1	20	x	20-nov-15	28-dic-15	F2	F2	F3			F3	F3	F4	F4	F4			
	T082	Acabado-interior Dptos.																		
x	T083	Amolado de imperfecciones en muros(3xd)	1	20	x	02-dic-15	22-mar-16	P2	P2	P2			P3	P3	P3	P3	P4			
	T084	Encintado y blanqueado para recibir escarchado en cielos(3xd)				03-dic-15	23-mar-16	P2	P2	P2			P2	P3	P3	P3	P3			
	T085	Blanqueado de baños y cocinas (3xd)				07-dic-15	25-mar-16	P1	P1	P2			P2	P2	P2	P3	P3			
	T086	Empastado de baños y cocinas (3xd)				07-dic-15	25-mar-16	P1	P1	P2			P2	P2	P2	P3	P3			
x	T087	Blanqueado y empaste para papel mural (3xd)	1	20	x	08-dic-15	28-mar-16	P1	P1	P1			P2	P2	P2	P2	P3			
	T088	Empaste de aristas para recibir papel mural (3xd)				08-dic-15	28-mar-16	P1	P1	P1			P2	P2	P2	P2	P3			
x	T089	Colocación de puertas (3xd)	1	20	x	09-dic-15	29-mar-16	P1	P1	P1			P1	P2	P2	P2	P2			
	T090	Cableado eléctrico en departamentos (3xd)				10-dic-15	30-mar-16			P1			P1	P1	P2	P2	P2			
x	T091	Muebles de melamine (3xd)	1	20	x	14-dic-15	01-abr-16						P1	P1	P1	P1	P2			
x	T092	Colocación de aparatos sanitarios lavaderos y griferías (3xd)	1	20	x	16-dic-15	05-abr-16								P1	P1	P1			
x	T093	Escarchado de cielo raso (Sala, comedor y dormitorio) (3xd)	1	20	x	17-dic-15	06-abr-16									P1	P1			
	T094	Levantamiento de observaciones y cierre de protocolo Escarchado (3xd)				18-dic-15	07-abr-16													
x	T095	Primera mano de pintura en marcos y puertas (3xd)	1	20	x	21-dic-15	08-abr-16													
x	T096	Colocación de papel mural (3xd)	1	20	x	22-dic-15	11-abr-16													
	T097	Levantamiento de observaciones y cierre de protocolo papel mural (3xd)				23-dic-15	12-abr-16													
	T098	Colocación de placas eléctricas y extractor de aire				24-dic-15	13-abr-16													
	T099	Lijado y primera mano de pintura en baños y cocinas(3xd)				25-dic-15	14-abr-16													
x	T100	Segunda mano de pintura en baños cocinas y terrazas(3xd)	1	20	x	28-dic-15	15-abr-16													
x	T101	Pintado de barandas	1	20	x	29-dic-15	18-abr-16													

Imagen 4-15: Adaptación del Tren de actividades para su traspaso al “formato de importación” (Elaboración propia)

El formato de importación es una hoja de cálculo que contiene dos hojas (o pestañas) por llenar:



Imagen 4-16: Pestañas del archivo de importación (Elaboración propia)

En la pestaña de “Configuración”, el programa permite configurar la LBS en dos niveles (LBS1 y LBS2). Así mismo, se definen las tareas y sus respectivas fases o partidas de control. Finalmente, permite definir los títulos y nombres del eje del gráfico de LF:

¹⁶ La presente tesis adjunta en sus anexos la hoja de cálculo de la imagen 4-13 para que el lector pueda utilizar las fórmulas matriciales que calculan las fechas de inicio y fin, evitando el trabajo manual del mismo.

LBS 1		LBS 2			
Código	Nombre	Código LBS 1	Código LBS 2	Nombre LBS 2	Escala
CS	Cisterna	CS	CS	Cisterna	0.8
SOT1	Sotano 1	SOT1	SOT1	Sotano 1	1.1
SM	Semisotano	SM	SM	Semisotano	0.8
1	Piso 1	1	1	Piso 1	1
2	Piso 2	2	2	Piso 2	1
3	Piso 3	3	3	Piso 3	1
4	Piso 4	4	4	Piso 4	1

Tareas			
Código Tarea	Nombre	Color	Fase
T001	obras pre-liminares	#CEE523	Obras Preliminares
T005	Montaje de nueva sala de ventas	#434EEE	Sala de Ventas
T012	Desmontaje de caseta de ventas	#CE22DD	Sala de Ventas
T017	Calzadura	#32AE22	Calzadura
T021	Muro pantalla	#F6E3C2	Muro pantalla
T022	Movimiento de Tierras	#1A1E2A	Movimiento de Tierras
T039	Cimentación	#C43ED2	Cimentación
T046	Estructura Sotano	#7E843E	Estructura

Configuraciones	
VARIABLE	VALOR
TÍTULO	Cronograma - Tren - Meta
SUBTÍTULO	Edificio Génova
EJE X	Tiempo
EJE Y	Ubicación

Imagen 4-17: Hoja de configuración de datos (Elaboración propia)

Por otro lado, en la pestaña de “Programación”, se ingresan las coordenadas de las líneas y sus respectivos nombres:

Control de Avances							
Código de Tarea	Código LBS2 (Inicio)	Código LBS2 (Fin)	Cierre	Programación		Avance Real	
				Fecha de Inicio	Fecha de Fin	Fecha de Inicio	Fecha de Fin
T001	1	2		16-feb-15	24-feb-15	16-feb-15	24-feb-15
T005	1	2		16-feb-15	26-feb-15	16-feb-15	26-feb-15
T012	1	2		19-feb-15	02-mar-15	20-feb-15	02-mar-15
T017	1	CS		02-mar-15	19-mar-15	03-mar-15	19-mar-15
T021	1	CS		02-mar-15	04-abr-15	03-mar-15	04-abr-15
T022	1	SOT1		19-feb-15	26-mar-15	20-feb-15	26-mar-15
T039	SOT1	CS		06-abr-15	20-abr-15	07-abr-15	20-abr-15
T046	CS	1		13-abr-15	07-may-15	14-abr-15	07-may-15
T057	1	20	x	09-may-15	14-ago-15	10-may-15	14-ago-15
T068	1	20	x	17-jun-15	16-oct-15	18-jun-15	
T069	1	20	x	03-jul-15	22-oct-15		
T072	1	20	x	09-jul-15	28-oct-15		
T074	1	20	x	15-jul-15	03-nov-15		
T076	1	20	x	21-jul-15	09-nov-15		
T078	1	20	x	23-oct-15	02-dic-15		

Imagen 4-18: Hoja de programación de obra (Elaboración propia)

La lógica del programa para los puntos de inicio y fin en relación al LBS es que va de “piso a piso” y no de “techo a techo”, es decir, si pretendo graficar una tarea solo para el piso 1, los datos ingresados serán:

Código de Tarea	Código LBS2 (Inicio)	Código LBS2 (Fin)	Cierre	Programación	
				Fecha de Inicio	Fecha de Fin
T009	1	2		01/02/2013	05/02/2013

Imagen 4-19: Lógica para ingresar datos (Elaboración propia)

Sin embargo, si se tiene un edificio de 20 pisos, donde el ultimo nivel del LBS es el piso 20 y quisiera graficar una tarea que va desde el piso 2 al piso 20, tendría que utilizar la columna “Cierre”, que significa que la tarea termina en el *techo* del piso 20:

Control de Avances							
Código de Tarea	Código LBS2 (Inicio)	Código LBS2 (Fin)	Cierre	Programación		Avance Real	
				Fecha de Inicio	Fecha de Fin	Fecha de Inicio	Fecha de Fin
T009	1	20	x	01/02/2013	05/02/2013		

Imagen 4-20: Lógica para ingresar datos cuando la tarea termina en el techo del LBS2 indicado (Elaboración propia)

4.11.5 Procesamiento de Datos

El software recibe la data ingresada y dibuja las líneas asumiendo que la configuración ingresada es coherente. Es decir, no permitirá dibujar tareas que no existen o que no tienen un LBS definido en la pestaña de configuración.

El programa también permite modificar los puntos en la misma interfaz a nivel del tiempo, es decir, solo permite realizar modificaciones en el eje horizontal:



Imagen 4-21: Tarea antes de modificar su fecha de fin (Elaboración propia)



Imagen 4-22: Tarea luego de modificar su fecha de fin (Elaboración propia)

Así mismo, el programa cuenta con filtros de tarea y ubicación:

Obras preliminares	Cisterna
✓ Obras preliminares	✓ Cisterna
Movimiento de tierras	Sotano 2
✓ Movimiento de tierras	✓ Sotano 2
Primer anillo	Sotano 1
✓ Muros Anclados - Primer anillo	✓ Sotano 1
Segundo anillo	Piso 1
	✓ Piso 1
	Piso 2
✓ Muros Anclados - Segundo anillo	✓ Piso 2

Imagen 4-23: Filtro de visualización por Tarea y por ubicación (Elaboración propia)

4.11.6 Datos de Salida

El programa permite exportar las LF modificadas al mismo archivo Excel mediante la opción “Descargar archivo”.

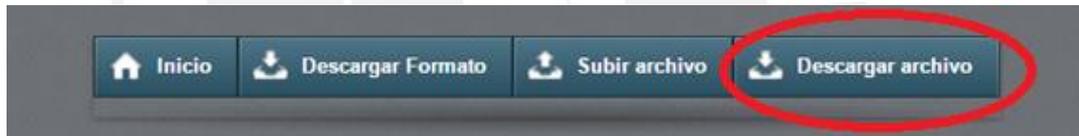


Imagen 4-24: Menú del programa - Descargar archivo (Elaboración propia)

Los datos visualizados pueden ser exportados en formato de imagen o en extensión pdf:

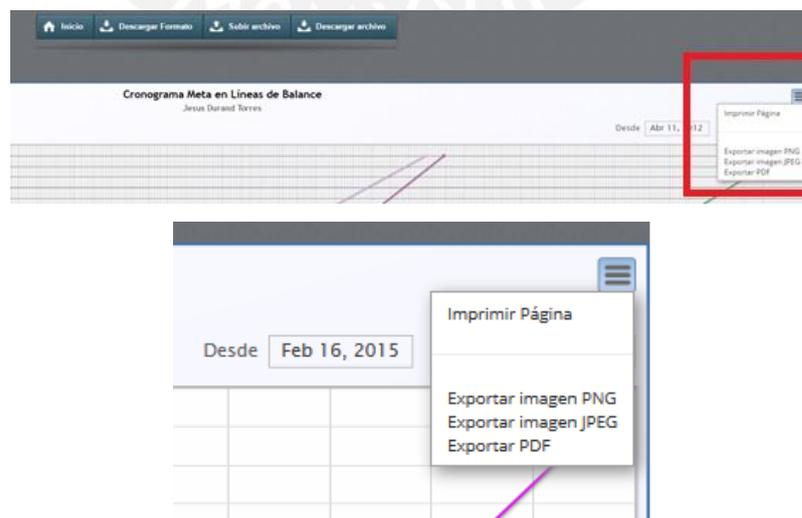


Imagen 4-25: Tipos de archivos exportables del programa (Elaboración propia)

CAPÍTULO 5: Metodología y Herramientas del control de Costos

5.1 Diferencias y relaciones entre el control económico de obra y el control económico-financiero de gerencia.

Los controles económicos resultan en indicadores que permiten tomar decisiones para encaminar los proyectos al éxito. En nuestro caso existen dos escenarios concretos: el primero se trata de las decisiones de la gerencia general para mantener los flujos económicos de las operaciones en la empresa y, el segundo, se trata de las decisiones que afronta el equipo de obra para darle continuidad a la ejecución de los trabajos.

Estos dos escenarios están relacionados por el dinero. Por ejemplo, supongamos que durante el avance del proyecto el equipo de obra comunica a la gerencia central que necesitarán un monto "X" para poder pagar a los proveedores en los próximos tres meses; para ello, la gerencia y el área financiera de la empresa, evalúan la liquidez y sus futuros egresos, concluyendo que solo cuenta con un monto menor al requerido y le comunica al equipo de obra que sólo se podrá disponer del 80% del pago para los próximos tres meses, advirtiendo de esta forma al equipo de obra las estrategias que se tendrán que asumir, ya sea con los proveedores (acuerdos comerciales, por ejemplo), con el avance de obra, entre otros.

Como se aprecia, existen dos análisis independientes que están relacionados con el dinero de la empresa: el primer análisis corresponde al equipo de obra que ha evaluado sus consumos en el futuro y, el segundo análisis, es del área financiera que ha determinado que solo puede egresar el 80% del monto requerido en los próximos tres meses.

El ejemplo nos ha llevado a cuestionarnos lo siguiente:

¿Cómo el equipo de obra ha determinado dichos costos a futuro? y ¿cómo el área financiera ha determinado que puede solo entregar el 80% en esos tres meses?

Para la primera pregunta, el equipo de obra ha tenido que analizar sus consumos, sus valorizaciones, sus pagos y cobros pendientes por trabajos ejecutados, la potencialidad de realización de sus riesgos, entre otros factores. En base a ello, se ha proyectado mensualmente y ha determinado el capital necesario en los próximos tres meses.

Para la segunda pregunta, el área financiera cuenta con un flujo de caja estimado para varios proyectos, siendo la construcción de la obra parte de dicho flujo. Se cuenta con indicadores económicos y financieros, como la TIR¹⁷ y el VAN¹⁸ que son afectos a variaciones de los montos y su ubicación en el tiempo. Por lo tanto, en el momento que el equipo de obra solicita que se anticipe dichos egresos futuros, el área financiera ha evaluado cómo dichos egresos van a afectar a sus indicadores y ha concluido que el 80% de lo solicitado va a permitir que estos indicadores no sobrepasen el mínimo establecido por la gerencia general.

Entonces, tanto el área financiera como el equipo de obra cuentan con herramientas para la toma de decisiones, pero ambas decisiones resultan en una negociación directa entre ambas áreas que pueden afectar el éxito del proyecto. La herramienta para el área financiera son los estados financieros y el flujo de caja, mientras que, para el equipo de obra, son el Resultado Operativo y el Resultado Operativo Projectado.

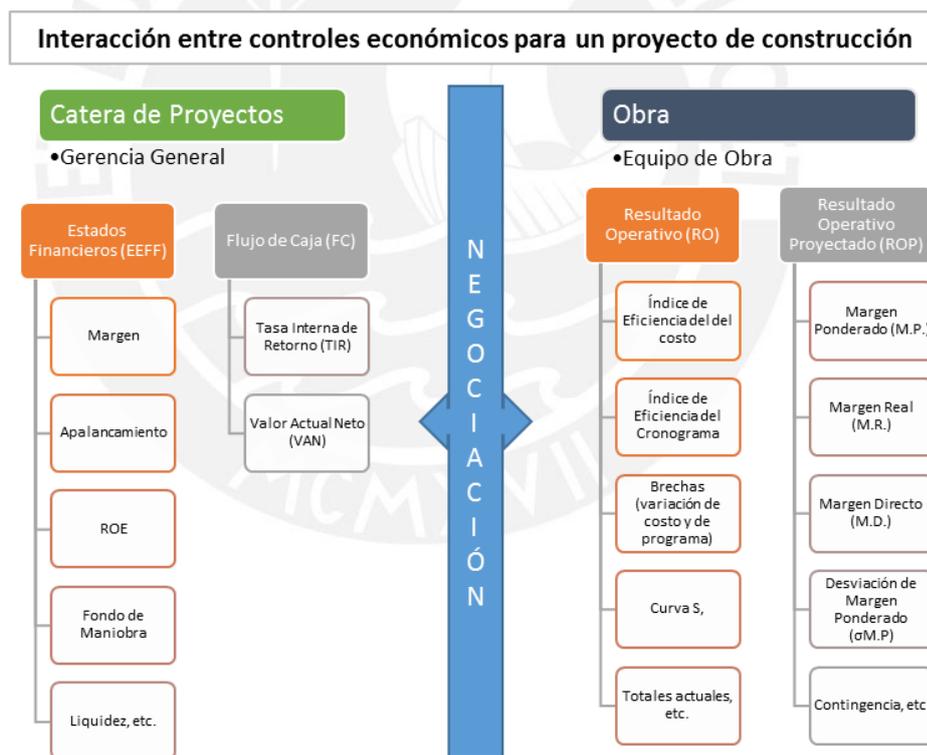


Imagen 5-1: Interacción entre controles económicos para un proyecto de construcción (Elaboración propia)

¹⁷ TIR significa Tasa Interna de Retorno y es una medida relativa de la rentabilidad de una inversión. Es la tasa de interés efectivo para la cual el valor actual neto de los ingresos y egresos son iguales, es decir, la tasa efectiva del flujo cuando el valor presente neto es cero.
¹⁸ VAN significa Valor Actual Neto y refleja la diferencia actual entre los ingresos y egresos de un flujo de efectivo utilizando una tasa de descuento. Esta tasa de descuento puede ser la tasa de rentabilidad mínima esperada por el inversor.

La metodología de cálculo de las herramientas para ambas áreas es distinta. El área financiera basa sus cálculos en los resultados contables, mientras que el equipo de obra se basa en los consumos efectuados en los avances de obra.

Entonces, la principal diferencia para el propósito de la presente tesis, es el tiempo en que se considera los ingresos y egresos. Por ejemplo, la fecha de consumo de un material en la obra se da cuando este mismo es retirado del almacén con el *vale de salida*¹⁹; esto no quiere decir que el material se ha comprado en ese momento, sino que ha sido pagado con una fecha anterior y se va a cobrar por utilizar ese material en una fecha posterior. En consecuencia, el flujo de caja representa dichos ingresos y egresos en el tiempo en el que son “pagados”, mientras que, en los resultados operativos, se considera como egreso en la fecha en la cual se ha consumido el material. La siguiente imagen ilustra lo anteriormente explicado:



Imagen 5-2: Ejemplo diferenciador de consideraciones del tiempo para el control económico (Elaboración propia).

5.2 Introducción a la metodología de control de costos con el Resultado Operativo – Valor Ganado (RO) y Resultado Operativo Proyectado (ROP)

El análisis del resultado económico de obra se determina con dos preguntas básicas:

- ¿Cuál es el estado de la obra en términos económicos a la fecha?
- En función al estado actual ¿Cuál sería el resultado económico final de la obra?

Para responder estas preguntas, es necesario realizar dos análisis, el primero consiste en emplear la metodología de valor ganado, y el segundo, en realizar las proyecciones de obra.

¹⁹ Ver Imagen 5-8



Imagen 5-3: Lógica general de metodología de gestión de costos (Elaboración propia).

5.3 Modelo de conversión de procesos para las metodologías de control de costos.

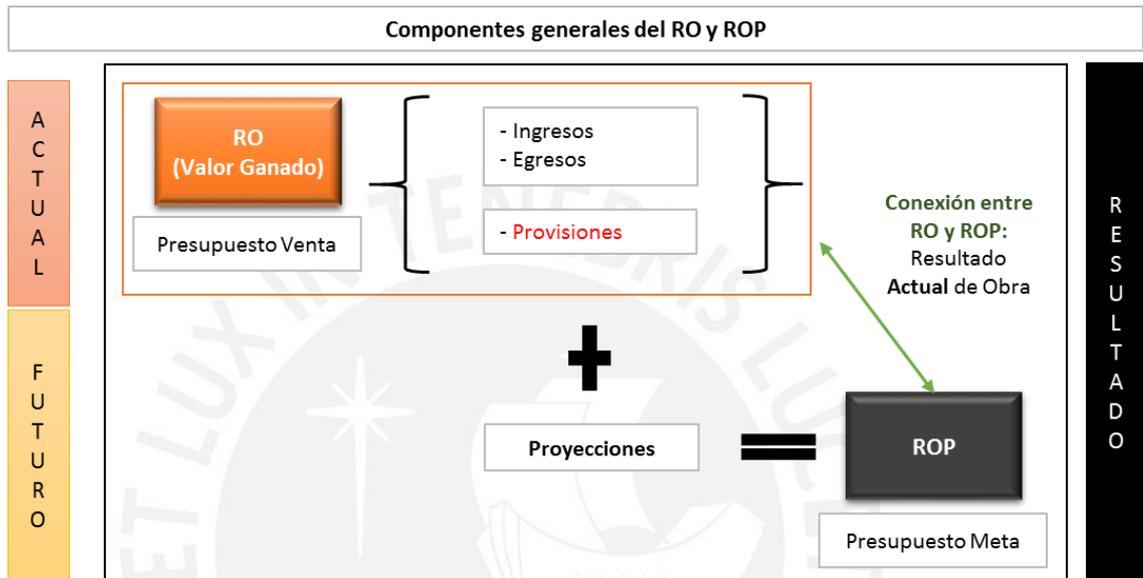


Imagen 5-4: Componentes generales del RO y ROP (Elaboración propia).

Como se aprecia, el RO está basado en el presupuesto venta, ya que se pretende comparar su avance con lo planeado y lo realmente ejecutado. En cambio, el ROP basa su análisis en el presupuesto meta, comparando sus egresos al final de obra contra el ingreso meta. No obstante, el ROP viene a ser una combinación de ambos presupuestos, ya que, a una *fecha de corte*²⁰ determinada, el resultado actual acumulado debe ser el mismo que el presentado en el RO Valor ganado.

Otro aspecto importante son las proyecciones, ya que los costos e ingresos actuales serán proyectados en base al presupuesto meta, adicionalmente se tendrá que analizar los riesgos potenciales que podrían convertirse en costos futuros que afecten el resultado final de obra.

Así mismo, conforme se va desarrollando la obra, los periodos de proyección son menores y, en consecuencia, el RO tiende a terminar como el último formato en la gestión de costos de la obra. Para entender dicho concepto, a continuación, se

²⁰ Ver numeral 5.4.4: Glosario.

muestra las etapas que se tiene en un momento intermedio del avance de obra y su relación con las metodologías a desarrollar, las mismas que responden a las preguntas planteadas en el numeral 5.2:

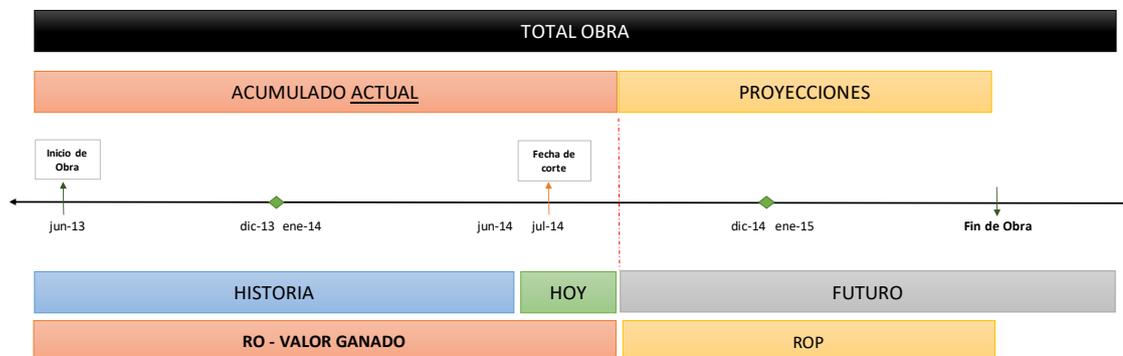


Imagen 5-5: Esquema de Resultado Operativo General de Obra (Elaboración propia).

La siguiente imagen presenta una línea de tiempo donde se detalla cada uno de los campos²¹ utilizados cada vez que se realiza un resultado operativo:

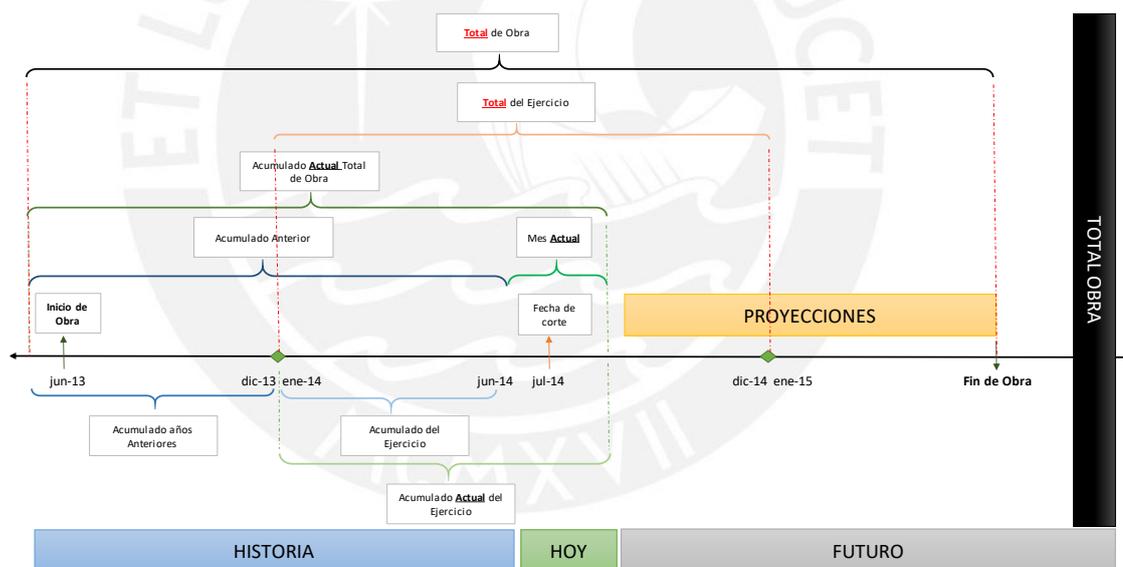


Imagen 5-6: Línea de tiempo con los campos del ROP (Elaboración propia).

Si bien la presente tesis muestra ambas metodologías por separado, la conexión entre ambas herramientas es el estado actual acumulado de la obra a la fecha de corte. En otras palabras, dicho resultado debe ser igual en ambas herramientas. Nuevamente, cabe resaltar que, si bien el ROP está basado en el presupuesto meta,

²¹ Se refiere a las columnas o serie de datos verticales que se presenta en el formato del anexo n° 14 para realizar el ROP.

el campo de “*acumulado actual*” refleja los ingresos reales que provienen del presupuesto venta y/o adicionales valorizados²².

A continuación, se presenta un resumen de los indicadores resultantes de ambas metodologías con la finalidad de que durante el proceso de desarrollo de las metodologías se tenga un horizonte claro de lo que se quiere lograr:

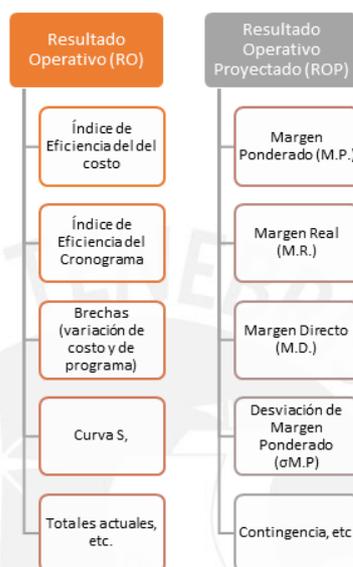


Imagen 5-7: Resultado de las metodologías de costo (Elaboración propia).

En definitiva, el objetivo de esta metodología es analizar lo que está sucediendo a la fecha, cómo es que va a evolucionar dicho comportamiento en términos económicos, y qué medidas puedo adoptar para mejorar o revertir dicho futuro anticipado.

En el anexo n° 6 de la presente tesis se muestra un video explicativo del uso de la herramienta del ROP el cual fue realizado para la presente tesis y para la empresa Western Construction S.A.C.

5.4 Componentes globales de la metodología

5.4.1 Plan de Fases o Partidas de Control (PC)

El plan de fases o partidas de control es una lista de agrupación de tareas que tiene por finalidad permitir un control global de la venta, el costo y los márgenes.

²² Ver Anexo N° 06: Explicación del ROP (material audiovisual) y Anexo N° 07: Formato de ROP.

El diseño de las partidas de control es realizado antes que inicie la construcción y realizado por el equipo de obra. Dicha estructura deberá ser difundida a todo nivel jerárquico en el proyecto.

Para la presente tesis se utilizará el término de “Fases” o “Partidas de Control Globales” para el primer nivel de agrupación de las partidas de control.

Al proceso de asignación de partidas de control o de ubicaciones se llamará “faseado”.

Para realizar el ROP se recomienda agrupar las partidas de control en 10 fases como máximo, de lo contrario, su control puede demandar muchas horas hombre del staff.

Criterios a considerar

- Procesos constructivos: interrelaciones de actividades, tiempo de ejecución y etapas. Responde al enunciado: *“Tal como lo piensas construir, así lo vas a controlar”*.
- Funcionalidad de los elementos: considera los elementos o subsistemas de la estructura (placas, vigas, cimentación, tabiquerías, etcétera). Este punto es abarcado relativamente por el LBS²³

Para todas ellas deberá establecerse cuál es el criterio predominante tanto en tiempo y costo; especialmente hacerse la pregunta: ¿Qué es lo que quiero controlar y de qué forma me será útil en las próximas obras?

El Anexo N° 02 presenta una propuesta de partidas de control para proyectos de edificación en general. Cabe resaltar que es una lista variable y que el proyecto puede considerar todas o menos partidas.

5.4.2 Estructura de descomposición de la Ubicación (LBS)

En la presente tesis solo se empleará el LBS para dibujar las LF, mas no para el control de costos.

La definición de LBS se menciona en el acápite 4.5. En el presente numeral se pretende dar a conocer la importancia de realizar un LBS para cada proyecto en relación a la gestión del costo.

²³ Ver numeral 5.4.2: Estructura de descomposición de la Ubicación (LBS)

La importancia de contar con un control de egresos y/o ingresos por destino es determinar su incidencia, por tal motivo, voy a citar algunas ventajas e ideas potenciales para futuros estudios:

- En inmobiliarias y constructoras: ayuda a determinar la cantidad de costo por piso o departamento, permitiendo realizar un comparativo entre el precio de venta y el precio de costo individualizado por niveles o por departamentos según la estructuración del LBS.
- En relación a la mano de obra, al igual que el vale de salida de almacén, puede agregarse el campo de “ubicación” en el *tareo*. En consecuencia, puede obtenerse indicadores de productividad por ubicación, además, pueden determinarse indicadores indirectos del cumplimiento de la programación (similar a un PPC).
- Al formalizar los *tareos* por ubicación, puede asignarse cuadrillas de abastecimiento y determinar la incidencia del transporte en la obra, obteniendo datos estadísticos en función al tiempo, distancia, tipo de destino y tarea.
- En relación a los subcontratos, el objetivo es controlar el avance. En las cláusulas contractuales es importante enfatizar la forma de presentación de sus avances recomendándose incluir un formato de control de avance que incluya el tipo de trabajo por ubicación.
- En relación a los materiales y equipos, estos pueden ser controlados mediante los vales de salida, agregando simplemente un campo a dicho formato.

Un caso práctico puede ser que, en la tarea de albañilería y tarrajeo, sea necesario abastecer de ladrillos y bolsas de cemento; si en la planificación de obra se ha destinado una cuadrilla específica para su distribución, el *tareo* y los *vales de salida de almacén* serán más sencillos de completar y tendrán mayor confiabilidad ya que la cuadrilla encargada será especialista en dicha actividad repetitiva y, por ende, completará estos vales con mayor certeza. Esta información podrá ser corroborada con el dato teórico de la cantidad de recursos por departamento o piso de acuerdo al metrado.

A continuación, se muestra un ejemplo sencillo de un “vale de salida” o “guía de remisión interna”:

CÓDIGO: SG.LO.002 - Guía Remisión Interna

Guía de Remisión Interna

Jefe de Frente _____ Nro de Guía _____
 Fecha de traslado _____

Item	Tipo	Recurso	Cant	Frente	Tarea	Lugar	Fecha Salida	Fecha Devolución
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

 V°B° Almacen V°B° Traslado V°B° Jefe de Frente

FECHA ___/___/___

VALE DE SALIDA DE ALMACÉN

Nombre de la Empresa _____
 Obra: _____

ITEM	CANT	U/M	UBICACIÓN	PARTIDA DE CONTROL	DESCRIPCIÓN

 V°B° ALMACEN FIRMA DEL TRABAJADOR FIRMA AUTORIZADA

Imagen 5-8: Vale de salida de almacén con campo de ubicación o destino (Elaboración propia).

5.4.3 Matriz de verificación PC - LBS

Es una matriz que relaciona las partidas de control con las ubicaciones definidas en el LBS. El objetivo de esta matriz es verificar que las asignaciones de los costos sean coherentes con esta matriz. Por ejemplo, cuando se solicita el material asfalto en el almacén, en el vale de salida no podría figurar a un “departamento” como destino de ubicación, tendría que ir a “habilitación urbana”, por ejemplo. Otro caso es cuando se solicita papel mural, en el vale no podría figurar “Cisterna”. Entonces, se trata de una lista restrictiva y sirve de apoyo para evitar errores en el control.

Matriz de Verificación de Partidas de Control y Ubicación (WBS - LBS)

WBS (Work Breakdown Structure)			LBS (Location Breakdown Structure)												
FASE	FASES PARA ROP	CODIGO PC	PARTIDAS DE CONTROL (PC) CONTROL EN CAMPO Y ALMACEN	OBRAS PROV.	DEPARTAMENTOS			CASAS		OBRAS EXTERIORES					HABILITACIÓN URBANA
					G,H	I	A	B	Cto. Ac. 01	Cas. Vig. 01	A. Juegos	Cist. y Cto. B.	Cerco Perm.	PTAR	
1	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES	101	OBRAS PROVISIONALES	X											
		102	OBRAS PRELIMINARES	X											
2	TRANSPORTE	201	TRANSPORTE HORIZONTAL		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		202	TRANSPORTE VERTICAL		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		203	ALQUILER DE EQUIPOS		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		204	LIMPIEZA GRUESA		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		205	LIMPIEZA FINA		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	SEGURIDAD	301	SEGURIDAD	X											
4	MOVIMIENTO DE TIERRAS	401	MOVIMIENTO DE TIERRAS		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
5	ESTRUCTURAS	501	ACERO		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		502	ENCOFRADO		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		503	CONCRETO		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		504	OTROS (JUNTAS, TECNOPORT, ETC)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Imagen 5-9: Matriz de Verificación PC – LBS (Elaboración propia).

Se adjunta el ejemplo completo en el anexo N° 03.

5.4.4 Glosario

- **Activos o provisiones de ingreso:** es todo lo que se ha ejecutado, pero por alguna razón no se ha valorizado (o no se ha contemplado en la *venta*). Refleja aquello que en un futuro van a pagarme. Ejemplo de activos: incentivos por avance de obra, campamentos, servicios higiénicos provisionales, etcétera. Caso directo: los trabajos provisionales iniciales que soportan el funcionamiento de la obra durante el plazo de la misma, se valorizan mensualmente y si estamos en el mes 4, se valorizará solo el 40% por más que se hayan terminado los trabajos y, por ende, se activará el 60% restante.
- **Análisis de activos y provisiones tangibles:** es el análisis de los trabajos ejecutados y no ejecutados que pueden convertirse en *ventas* o *costos* en el futuro. Los activos ingresan con signo positivo ya que representan futuros pagos y, las provisiones con signo negativo ya que son trabajos no ejecutados que ya han sido valorizados. La suma de ambos indicará si se tiene mayor o menor margen real por fase. Este análisis se realiza por fase para posteriormente analizar la diferencia entre el *Margen Real de Fase* y el *Margen Previsto*.
- **Análisis de diferencia de márgenes:** son los activos y provisiones resultantes de la diferencia entre el *margen ponderado* y el *margen previsto de cada fase*, arrojando activos y provisiones, según sea el caso. Es un *artificio* que sirve para determinar de forma global, si las fases con *márgenes previstos* por encima del *margen ponderado* podrán soportar el déficit de aquellas fases que están por debajo. En otras palabras, consiste en que las

fases que presentan un **margen previsto** mayor al *ponderado* le "presten dinero" a las fases que están por debajo del *margen ponderado*, y si dicho resultado es positivo, se entiende que dicho monto aporta al valor de la contingencia.

- **Análisis de margen real y previsto:** es el proceso en el cual se reajusta las proyecciones a causa del análisis de la diferencia entre el **margen real** y el **margen previsto** de una fase. Un resultado negativo indica se está proyectando obtener mejores resultados en dicha fase.
- **Análisis de resultado pendiente:** es el análisis realizado para obtener márgenes más cercanos a la realidad. Para ello consta de dos procedimientos, el primero es el **análisis de activos-provisiones**, y el segundo es el **análisis por diferencia de márgenes**.
- **Contingencia:** la contingencia es un *margen virtual disponible*. Este valor puede variar en cada fecha de corte y se interpreta como un buffer del *margen ponderado*, por ende, si resulta negativo o cercano a cero, significa que se el *margen ponderado* debe ser menor y, por ende, las proyecciones deben corregirse. En resumen, se dice que la contingencia es un estado virtual ya que tiene la propiedad para producir un efecto, pero no necesariamente lo produce, por ende, puede modificarse hasta lograr el efecto deseado, este efecto no es más que tener una *contingencia* mayor a cero con un *margen ponderado* muy cercano a la realidad.
- **Costo:** es el costo en el que se incurre para ejecutar la obra.
- **Costo aplicado:** es el costo que debería haber empleado si quisiera tener un *margen directo* igual al *margen previsto o ponderado*. Si el *Margen previsto o Ponderado* sale menor que cero, entonces el costo aplicado es cero ya que no tiene sentido calcularlo.
- **Costo de stock de materiales:** es el valor, en términos monetarios, de los materiales que se tienen en almacén, es decir, aquellos que aún no han sido consumidos.
- **Costo real:** es el costo que incluye las *activaciones* y *provisiones* dadas en la fecha de corte.
- **Delta de margen de fase (ΔMF):** es el proceso en el cual se reajusta las proyecciones a causa del análisis de la diferencia entre el *Margen Real* y el *Margen Previsto de Fase*. Un resultado negativo indica se está proyectando obtener mejores resultados en dicha fase.

- **Delta de margen máximo (ΔMF_{max}):** es el delta de margen de fase máximo permitido. Es definido por la gerencia de construcción en base a la confiabilidad de las proyecciones y al procesamiento de datos históricos. Es un control de la gerencia central hacia la obra. Un ΔMF puede superar el máximo siempre que se tenga algún sustento. Su determinación puede calcularse analizando datos históricos de los ΔMF ; un método sencillo para iniciar es tomar el promedio de los valores absolutos de la ΔMF de obras similares y sumarles la mitad del valor de su desviación estándar ($\Delta MF + 0.5\sigma$), deberá excluirse los valores extremos que alteren la media y aquellos extremos que tienen sustento.
- **Desviación estándar del margen ponderado ($\sigma M.P$):** es la desviación acumulada de los *márgenes ponderados* dados en cada mes de control desde el inicio de la obra hasta la fecha actual de control.
- **Extorno:** es el proceso por el cual las provisiones de ingreso o egreso se transforman en *venta* o *costo* respectivamente.
- **Fase o partida de control general:** es la agrupación a nivel general de las partidas de control.
- **Fecha de corte:** es la fecha hasta la cual se van a calcular los resultados de obra del mes en evaluación.
- **Margen directo:** es el margen acumulado actual sin contar el *Costo por Stock de materiales*. Es decir, es la *Venta* menos el *Costo*.
- **Margen ponderado:** es el margen total previsto, es decir, una vez realizada todas las proyecciones de costo y venta de todas las fases, se obtiene un margen que estará calculado sobre la *venta*. Es ponderado porque compila los valores de todas las fases. Este margen incluye el *costo de materiales en stock* al final de la obra.
- **Margen previsto de fase:** es el margen que resulta de haber incluido las proyecciones en determinada fase. Es similar al *margen ponderado*.
- **Margen real:** es el margen que resulta al haber incluido el análisis de activos y provisiones, es decir, se calcula el *costo* sumando y restando los activos y provisiones respectivas. Puede ser llamarse *Margen Real de Obra* (para el total) o *Margen Real de Fase*. En este caso, al igual que el *Margen Directo*, no se considera el *Costo de Stock de materiales*.
- **Margen real de fase:** es el margen que considera el *costo real*.
- **Presupuesto meta:** es el presupuesto objetivo de la obra y es realizado por el equipo de obra.

- **Presupuesto venta:** es el presupuesto pactado con el cliente.
- **Provisiones de egreso:** refleja todo aquello que han ejecutado para mí hasta la fecha de corte, pero por alguna razón no los he valorizado, es decir, es un pago que tendré que realizar a futuro. Si bien ingresa con signo positivo al formato, es un monto que afectará negativamente al resultado final (es un costo que tiene que pagarse). Ejemplo de provisiones: provisión de mano de obra (liquidaciones que tendré que pagar luego), provisión de materiales (materiales ya consumidos y pendientes de orden de pago), provisión de costo de desmovilización de obra (que se incurre al final de obra, pero al corte de avance se cobra un porcentaje).
- **Proyecciones de costo:** son las proyecciones que se realizan para cada agrupación existente (materiales, mano de obra, subcontratos, equipos, staff, riesgos, entre otros).
- **Resultado operativo proyectado:** es el reporte que indica la medición de la situación económica de la obra.
- **Resultado pendiente:** el resultado pendiente es la diferencia entre el Costo y el Costo Aplicado (es decir la diferencia entre lo que “he gastado” y lo que “debería haber gastado” para tener un *margen igual al margen previsto*), por lo tanto, si resulta positivo es porque “he gastado demás”, y si resulta negativo es porque “he gastado menos de los esperado”. Se denomina “Resultado Pendiente” ya que es un valor que no indica si es favorable o no el resultado hasta no verificarlo a través del análisis de activos y provisiones que afectan al *costo real*.
- **Resultado pendiente proyectado (R.P. PROY):** es la proyección del *resultado pendiente* al siguiente mes. Este valor se va a comparar el siguiente mes contra el *Resultado Pendiente* respectivo. Es sólo referencial.
- **Variación del resultado pendiente:** el resultado pendiente es el costo que debí haber tenido para llegar al margen ponderado. Su variación se mide respecto al Resultado Pendiente Proyectado en el mes anterior, es decir, se compara el R.P. de la fecha actual contra el R.P. proyectado para esta misma fecha actual.
- **Venta:** es todo aquello que se cobra al cliente dentro del marco de ejecución de obra.

5.4.5 Responsabilidades

La siguiente lista de responsabilidades es una propuesta. Los cargos o puestos pueden variar de acuerdo al Manual de Organizaciones y Funciones (MOF) de cada

empresa. A continuación, se muestra una propuesta de organigrama de una obra²⁴ en una empresa constructora; para el ejemplo, se realizó una para la empresa JJR DURAND S.A.C.:

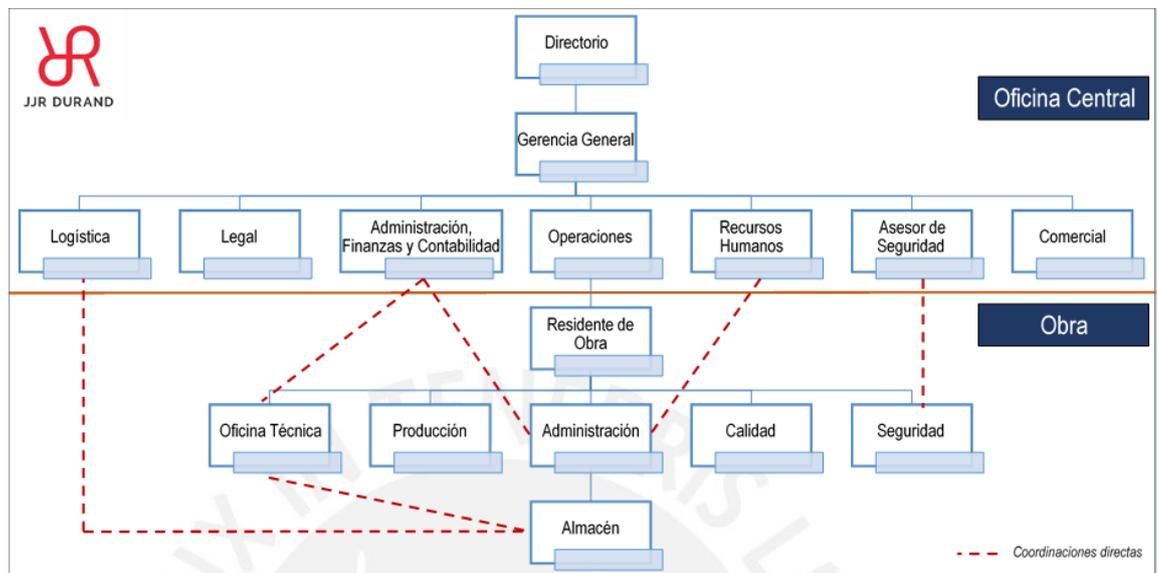


Imagen 5-10: Propuesta de organigrama de una obra en una empresa constructora; ejemplo para JJR DURAND S.A.C. (Elaboración propia).

Gerencia de Construcción o de Operaciones

- Revisión y aprobación del RO y ROP.
- Entrega los costos reales de staff en coordinación con el área de RH.

Jefe, Residente o Gerente de Obra

- Revisión y aprobación del RO y ROP.
- Análisis de los indicadores de costo.

Jefe de Costos o de Oficina Técnica

- Elaboración el RO y ROP, por lo tanto, de reunir al equipo de trabajo para su elaboración (responsable directo).
- Encargado de la medición de las provisiones de ingresos y egresos.
- Encargado del *sinceramiento*²⁵ de márgenes previstos de fase.
- Recopila información de costos.

²⁴ Ver el Anexo N°15: Propuesta de organigrama

²⁵ El término "sinceramiento" se refiere a una estimación más precisa y en armonía con el desempeño actual de la obra.

- Encargado de revisar el correcto faseado (podrá hacerlo semanal o quincenalmente de forma aleatoria).

Jefe de Producción

- Generación y distribución de los informes semanales de producción (ISP²⁶).
- Generación y distribución de los reportes de consumo de horas hombre faseado.
- Proporcionar información de la programación (para las proyecciones).
- Revisa el correcto faseado de las horas hombre.

Administrador de Obra

- Pago de las horas de los *tareos*²⁷ (proporciona las horas hombre faseada).
- Entrega el *tareo* de los trabajadores de staff.
- Control de provisión de servicios, gastos generales y mano de obra.
- Gestión de las órdenes de servicio, órdenes de compra.

Jefe de Almacén

- Entrega de reporte del control de ingresos y egresos de materiales en almacén correctamente faseado.
- Entrega del reporte de stock de materiales del mes y el histórico.

Jefe de Contabilidad

- Conciliación mensual de la contabilidad con el RO de obra.
- Proporcionar información de la depreciación de los equipos de obra.

Jefe de Recursos Humanos

- Proporciona datos de la planilla de trabajadores.

5.4.6 Información de ingresos (Venta)

- Venta Contractual (Presupuesto venta)

Se obtiene a través de las valorizaciones mensuales sobre el presupuesto aprobado con el cliente. Estas valorizaciones deben estar aprobadas por la supervisión.

²⁶ ISP es índice semanal de producción el cual muestra la evolución de los rendimientos de cada partida en función al tareo y a los metrados ejecutados.

²⁷ El término *tareo* se refiere al control horario de los trabajadores en obra de acuerdo a las actividades que realizan

- **Venta de adicionales**
Parte de los ingresos que son generados por requerimientos del cliente a través de una orden de cambio aprobada, las que forman en conjunto adendas al contrato. Se considerarán en este apartado solo los adicionales aprobados.
- **Otras ventas**
Es la agrupación de ventas diversas que no pueden ser catalogados en las anteriores.

5.4.7 Información de egresos (Costos)

- **Materiales**
Se considera como consumo de un material cuando este sale de almacén. Se utiliza los vales de salida para llevar un control. Estos vales de salida deben estar debidamente faseados y con la fecha de salida.
Las áreas responsables de su control son almacén y producción.
- **Mano de Obra**
Dependiendo del sistema que se maneja en cada obra se pagará la mano de obra como *planilla liquidada* o *planilla con liquidación pendiente*. De trabajar con *planilla con liquidación pendiente* deberá provisionarse el monto de la liquidación y los beneficios sociales como una provisión.
Para el caso de las proyecciones, deberá ingresarse el factor “k” correspondiente a los BS (Beneficios Sociales). Si se considera *planilla liquidada semanal o mensual*, este factor es igual a **1**, por el contrario, será aproximadamente **1.45** (administración debe proporcionar dicho factor)²⁸.

El gasto acumulado de Mano de Obra de obreros es entregado por el administrador de obra.

- **Subcontratos y servicios**
Es la valorización de los trabajos realizados por los subcontratistas. Estos egresos deben ser considerados como costo en el mes en el que se ejecuta, independientemente de su facturación.

²⁸ Ver Anexo N° 08: Formato de Proyecciones de Costo y Venta.

Los costos asociados a trabajos ejecutados pero que no se hayan valorizado deben ser considerados como provisiones de egreso.

- Equipos

Propios de Obra: para el costo se considera la depreciación contable. El jefe de contabilidad es el responsable de enviar mensualmente dichos datos.

Propios del Grupo: son los equipos alquilados por una(s) unidad(es) de negocio del Grupo Empresarial. El costo de alquiler es el pactado con la unidad de negocio. Estos costos no deben ser considerados como un costo de subcontrato.

Terceros: son los equipos alquilados por terceros (ajenos al Grupo Empresarial) y el costo de alquiler es el pactado con este proveedor externo. Estos costos no deben ser considerados como un costo de subcontrato.

- Fletes

Propios: son los fletes realizados por una unidad de transporte perteneciente a la Obra.

Terceros: son los fletes realizados por terceros o por una unidad de negocio del Grupo Empresarial. Estos costos no deben ser considerados como un costo de subcontrato.

- Staff

Es el costo asociado a los sueldos del personal Staff. Esta información es enviada por la Gerencia y trabajada de forma confidencial por el responsable del ROP.

- Riesgos

Es el costo asociado a una eventualidad inminente como lo puede ser daños, robos, reposiciones, entre otras.

- Otros costos

Es la agrupación de costos diversos que no pueden ser catalogados en los anteriores.

5.4.8 Provisiones

Las provisiones son ingresos o egresos que están pendientes de efectuarse por diversos motivos. Es importante registrar su periodo de corte (mes de corte) para que una vez que se conviertan en costo o venta sean ingresados como tales en el mes en el que se identificaron. Estas provisiones deben estar debidamente faseadas. Es importante para que la información contable refleje el resultado de la obra a la fecha.

El jefe de costos es el responsable de realizar el seguimiento a las provisiones y de enviar estas al área de contabilidad de acuerdo al calendario de entregas²⁹.

- **Provisión de Ingreso (Activaciones)**

Al terminar la valorización se detectan trabajos ejecutados y no valorizados, los cuales representan potenciales pagos a favor en el futuro. Estos pagos pendientes son activaciones y el monto dependerá de la probabilidad de aprobación por la supervisión.

Así mismo, pueden ser adicionales ejecutados y que aún no están aprobados, pero se tiene un 90% de probabilidad de aprobación. Solo si se cumple con esta probabilidad de aprobación puede ser considerado una provisión de ingreso. Se recomienda que el monto a considerar sea el 90% del monto calculado o un monto mínimo del cual se tenga mucha certeza de aprobación.

- **Provisión de Egreso (Provisiones)**

Este monto se refiere a los costos de mano de obra, gastos generales, materiales y servicios realizados por terceros (servicios, alquileres, subcontratos, etc.) que se han consumido, pero están pendientes de pago.

Para el correcto orden y uso de la herramienta, las provisiones de ingreso y egreso ingresarán con signo positivo.

Recordar que una vez que se haya cancelado la provisión, deberá borrarse como provisión y transformarse en egreso o ingreso, a este proceso se le llama "*Extorno*"³⁰.

²⁹ Ver numeral 5.4.9: Calendario de Entregas.

³⁰ Ver numeral 5.4.4: Glosario

Es menester acotar la importancia de las provisiones ya que éstos tienen un costo por su ejecución y si no se consideran se obtendría un margen que no represente la realidad.

5.4.9 Calendario de entregas

A continuación, se presenta una propuesta de calendario de entregables relacionados con la gestión de costos:

Calendario de Elaboración del Resultado Operativo (RO y ROP)								
El Olivar I								
Mes del RO	febrero-2015							
Fecha de Corte	30/31 de cada mes							
febrero-2015	...	24	25	26	27	28	29	1...
								30/31
marzo-2015	1	2	3	4	5	6	7	
	8	9	10	11	12	13	14	
	15	16	17	18	19	20	21	
	22	23	24	25	26	27	28	
	29	30/31						

Los días indicados son **días útiles** y es la fecha máxima de presentación

30/31 Fecha de Corte

3 Reunión con de Conciliación

Envío de Información de Obra a Gerencia de Operaciones y/o Contabilidad

1 Envío de Provisiones de Ingreso y Egreso (Información para el cierre contable)

4 Envío del RO Valor Ganado

6 Envío del ROP y Panel de Control

Envío de Información de Contabilidad a Obra y/o Gerencia de Construcción

2 Envía sueldos de personal de Staff y Depreciación de los activos de obra

6 Envío de los estados financieros

Imagen 5-11: Calendario de Entregas para la Elaboración de Resultado Operativo para la Obra "El Olivar I" (Elaboración propia).

Cabe resaltar que, las estructuras de costos tenían las siguientes frecuencias de control:

- Mano de Obra: se trabajaba la planilla semanal.
- Materiales: se trabajaba el Kardex Valorizado semanal.

- Subcontratos: las valorizaciones podrían ser quincenales o mensuales.
- Activos: la frecuencia de depreciación era calculada mensualmente.

5.4.10 Conciliación con Contabilidad o Cierre Contable

La conciliación tiene como finalidad evaluar los costos reales y las ventas mensuales con el detalle de facturación y los gastos que se registra el sistema. Tanto el equipo de obra como el de contabilidad emiten informes acerca del resultado de la obra.

En efecto, el informe del equipo de obra es el RO. Lo que se pretende lograr con la conciliación es que el *Valor Ganado*³¹ reportado por el equipo de obra, sea igual al o registrado por contabilidad en el sistema.

Para identificar las diferencias entre ambos es necesario realizar un comparativo a nivel de rubros y de ser posible a nivel de fases.

El área contable revisa las provisiones del registro de factura de proveedores gestionados por obra, valiendo también el input por amortizaciones y fondos de garantía (Constructura Aesa, 2013).

El equipo de obra envía a contabilidad las provisiones del mes³². El área de contabilidad registra estas provisiones en el sistema y hace seguimiento para extornarlas con el monto definitivo de la factura o comprobante.

El cuadro comparativo elaborado debe verificar los cargos al proyecto, para ello debe tener en cuenta las siguientes consideraciones (Constructura Aesa, 2013):

Mano de Obra

- El RO incluye el costo empresa de la mano de obra, es decir, incluye los beneficios sociales. Por otro lado, dependiendo del software de la empresa, si es que no contempla los beneficios sociales deberá registrarse en un campo en la *hoja de conciliación*. Dicho monto debe ser validado por recursos humanos o el área responsable.

Materiales

- Los montos de las facturas de los proveedores deberán coincidir con la sumatoria de consumos de dichos materiales y su stock valorizado a la fecha de corte.

³¹ Ver numeral 5.5.4: Valor Ganado Total (VGT)

³² Ver numeral 5.4.9: Calendario de Entregas

Subcontratos

- En el supuesto de que las fechas de registro de las facturas sean posterior a la fecha de corte y que en obra se haya registrado en una fecha anterior, el área contable deberá considerar dicho monto como *provisión de costo* y registrar un campo en la *hoja de conciliación*.
- Los adelantos no son considerados costos, por lo que se encuentran en otra cuenta contable. En el caso de adelanto a proveedores, estos no deberán ser cargados al RO, ya que no afectan al resultado. Lo que se cargará al costo del RO será la valorización bruta correspondiente y no la valorización neta que descuenta el adelanto.
- Los fondos de garantía deben considerarse como cuentas por pagar en el RO. En consecuencia, lo que se cargará al costo del RO será la valorización bruta.

Equipos

- En caso de contar con equipos propios de la empresa, debe considerarse como costo al valor depreciado de los equipos.

5.5 Resultado Operativo – Gestión del Valor Ganado

Esta técnica identifica el tiempo y costo utilizando el dinero u horas hombre como unidad, en consecuencia, relaciona el presupuesto y el programa de tal forma de hacerlos comparables.

“La gestión del valor ganado (EVM) en sus diferentes formas es un método que se utiliza comúnmente para la medición del desempeño. Integra las mediciones del alcance del proyecto, costo y cronograma para ayudar al equipo de dirección del proyecto a evaluar y medir el desempeño y el avance del proyecto.” (PMI, 2013)

El EVM provee información del costo real a la fecha de corte. Así mismo, pueden realizarse proyecciones en función a su histórico, sin embargo, en la presente tesis las proyecciones no serán realizadas con una fórmula, en su lugar se empleará la herramienta de *“Resultado Operativo Proyectado”* que se explica en el numeral 5.6.

Para el desarrollo del RO Valor ganado, se presenta el formato en el Anexo N° 05.

5.5.1 Interpretación

Cabe resaltar que la presente tesis considera el valor ganado como una herramienta potente para determinar el estado actual de la obra. Sin embargo, al obtener los

resultados la técnica EVM, el analista de obra intentará encontrar respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo vamos en relación a lo planificado en términos de costo y tiempo?
- ¿Con qué eficiencia estamos usando el tiempo?
- ¿Cuándo se termina el proyecto?
- ¿Cuál será el margen al final del proyecto?
- ¿Cuál será el costo al final del proyecto?

De todas las preguntas, el analista podrá responder las dos primeras preguntas con suma certeza, sin embargo, las preguntas en relación al futuro no pueden sortearse a fórmulas de proyección derivadas de la forma de la curva *de costos acumulada (Curva S)*³³. Por lo tanto, el EVM en el rubro de construcción, es una “foto” de la situación actual que nos alerta el estado actual acumulado de la obra, pero no proyecta con certeza las condiciones futuras; para ello será necesario analizar la programación evaluando las velocidades de sus tareas y su consecuente impacto en el costo; estas proyecciones se verán en numeral 5.6.2 perteneciente al ROP.

5.5.2 Esquema general

El RO basado en el valor ganado requiere de los siguientes componentes:



Imagen 5-12: Componentes generales del RO Valor Ganado (Elaboración propia).

A continuación, se muestra una lista de chequeo de las hojas de cálculo que serán necesarias para emplear la metodología de valor ganado:

³³ Ver numeral 5.5.7: Curva de Costos Acumulados (Curva S).

Descripción de las hojas de Cálculo para el Resultado Operativo - Valor Ganado

CÓDIGO DE PESTAÑA	PESTAÑA	COMENTARIO
	VALOR PLANEADO	
VP	VALOR PLANEADO	Llamado también "Cronograma Valorizado"
	VALOR GANADO	
VG-c	VALOR GANADO CLIENTE	Valorizaciones aprobadas por el Cliente
VG NV	VALOR GANADO NO VALORIZADO	Provisiones de Ingreso. Trabajos ejecutados no valorizados
ACT	ACTIVACIONES	Adicionales ejecutados por alta probabilidad de aprobación.
VGT	VG TOTAL	Es el total ejecutado, que incluye las valorizaciones del presupuesto venta, adicionales y los trabajos no valorizados pero sí ejecutados.
	COSTO REAL	
MAT	MATERIALES	Costo real de los materiales consumidos. Es reportado por almacén.
EQU	EQUIPOS	Costo real de los equipos consumidos. Es reportado por almacén.
SERV-SUB	SERVICIOS Y SUBCONTRATAS	Valorizaciones de subcontratas, caja chica, entre otros.
MO	MANO DE OBRA	Consumo de mano de obra. Determinado con el tareo. Entregado por administración,
CREAL	COSTO REAL	Es el Costo real incurrido que va a ser facturado.
PROVMO	PROVISION DE MANO DE OBRA	Costos de Mano de Obra no considerados a la Fecha de corte del Sistema.
PROVMS	PROVISION DE MATERIALES Y/O SUBCONTRATAS	Costos de Materiales y/o Servicios no considerados a la Fecha de corte del Sistema.
	COSTO REAL T	Es el Costo Real Total que incluye trabajos ejecutados y no valorizados a terceros (proveedores, subcontratos, personal)
	RESÚMENES	
CONTROL	CONTROL: COLOCAR MES DE INFORME	Pestaña direccionadora para ver los resultados por mes.
RES xPC	RESUMEN POR PARTIDAS DE CONTROL DETALLADA	Muestra el VP, VG, CR por partidas de control y sus respectivas variaciones de costo y cronograma.
RES xFS	RESUMEN POR FASES O PARTIDAS DE CONTROL GENERAL	Muestra el VP, VG, CR por Fases o Partidas de Control Globales y sus respectivas variaciones de costo y cronograma.
	INDICES DE GESTION	Indices de Gestión derivados de la metodología Valor Ganado (EVM).
	CURVA DE COSTOS ACUMULADOS	
CURVA S - TOTAL	CURVA S TOTAL	Curva de Costos Acumulada de todo el proyecto.
CURVA 3S	CURVA 3 A TRES PERIODOS	Curva de Costos Acumulada de los últimos tres periodos evaluados.
	VALORIZACIÓN PROGRAMADO VS REAL	
VAL P-R	COMPARATIVO PROGRAMADO VS REAL - PARCIAL Y ACUMULADO	Cuadro comparativo de las valorizaciones por Fases o Partidas de Control General.
	CONCILIACIÓN CON EL AREA CONTABLE	
CONCILIACION	DETALLES DE CONCILIACIÓN	Cuadro de detalles de los reportes del Sistema y del área contable.

Imagen 5-13: Descripción de las hojas de Cálculo para el Resultado Operativo - Valor Ganado (Elaboración propia).

Las hojas de cálculo deben tener dos grupos de información, uno correspondiente a los montos parciales, es decir, por cada mes, y otro que sea el acumulado³⁴.

PARTIDAS DE CONTROL	2013			2014					2013			2014						
	ABRIL 2013	MAYO 2013	FEBRERO 2014	MARZO 2014	ABRIL 2014	MAYO 2014	JUNIO 2014	JULIO 2014	AGOSTO 2014	ABRIL AC 2013	MAYO AC 2013	FEBRERO AC 2014	MARZO AC 2014	ABRIL AC 2014	MAYO AC 2014	JUNIO AC 2014	JULIO AC 2014	
DEPAS PROPORCIONALES	SI	45,602	62,334	24,972	27,315	28,434	27,315	28,434	27,315	6,873	45,602	128,516	411,664	438,380	485,414	432,729	515,183	
DEPAS PRELIMINARES	SI	10,375	55,460	5,883	6,497	6,288	6,437	6,288	6,437	1,537	10,375	66,435	136,510	143,007	143,235	155,732	162,880	
MOVILIZACION DE EQUIPAMIENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	SI	5,677	10,086	6,483	7,782	6,501	7,782	6,501	7,782	1,617	5,677	13,373	125,443	132,811	133,541	146,103	153,634	
TRAZOS, ANILLOS Y PERFORANTOS	SI	5,593	16,412	12,814	13,313	13,883	13,313	13,883	13,313	3,192	5,593	21,986	143,537	153,309	163,782	169,305	182,889	
TRANSPORTE VERTICAL	SI	-	-	55,785	57,800	20,451	21,133	20,451	17,042	-	-	-	435,017	432,817	510,288	534,400	554,851	
LIMPIEZA DE OBRA	SI	5,107	3,885	18,568	21,412	21,641	21,960	21,083	22,519	7,718	5,107	15,002	124,625	146,037	167,679	169,839	210,732	
SEGURIDAD Y SALUD	SI	14,314	27,734	25,780	27,734	28,839	27,734	28,839	27,734	6,282	14,314	42,048	730,335	318,123	344,368	372,701	393,540	
CONCRETO SIMPLE	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,102	8,702	8,702	8,702	8,702	8,702	
CONCRETO ARMADO	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,443,088	1,443,088	1,443,088	1,443,088	1,443,088	1,443,088	
ACERO	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,238,732	1,238,732	1,238,732	1,238,732	1,238,732	1,238,732	
VAROS	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,576,122	1,576,122	1,576,122	1,576,122	1,576,122	1,576,122	
MURDOS Y TABQUES	SI	-	-	23,307	33,044	-	-	-	-	-	-	391,315	1,024,353	1,024,353	1,024,353	1,024,353	1,024,353	
REVOLUCIONES ENLUCIDOS Y MOLDURAS	SI	-	-	164,521	9,006	-	-	-	-	-	-	605,073	618,073	618,073	618,073	618,073	618,073	
CELOSOS	SI	-	-	88,830	42,478	41,783	42,387	4,011	8,545	3,382	-	277,123	319,807	361,376	401,162	405,714	405,714	
PISES Y PAVIMENTOS	SI	-	-	103,370	250,315	267,107	163,727	9,480	10,350	3,037	-	324,457	572,272	830,378	883,386	1,002,286	1,002,286	
SOCIALES Y CONTRASOCIALES	SI	-	-	160,930	146,501	55,912	44,533	24,623	24,000	1,554	-	458,200	644,701	656,213	733,752	764,381	764,381	
MAROS	SI	-	-	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	-	-	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	
MUEBLES	SI	-	-	-	321,245	355,894	344,181	283,880	-	10,854	2,212	-	321,245	676,309	1,021,039	1,284,379	1,284,379	1,284,379
EXCAVACIONES	SI	44,475	87,581	-	-	-	-	-	-	-	44,475	132,836	306,514	306,514	306,514	306,514	306,514	
PELLEROS	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53,803	53,803	53,803	53,803	53,803	53,803	
EMBARCACIONES DE DESMORTE	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,282	42,282	42,282	42,282	42,282	42,282	
CONCRETO SIMPLE	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,301	4,301	4,301	4,301	4,301	4,301	
CONCRETO ARMADO	SI	-	-	58,164	-	-	-	-	-	-	-	56,184	633,241	633,241	633,241	633,241	633,241	
ACERO	SI	-	-	3,011	-	-	-	-	-	-	-	3,011	331,636	331,636	331,636	331,636	331,636	
VAROS	SI	-	-	28,394	-	-	-	-	-	-	-	28,394	504,754	504,754	504,754	504,754	504,754	
ANILLOS	SI	-	-	54,500	-	-	-	-	-	-	-	54,500	150,000	150,000	150,000	150,000	150,000	
MAROS	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,388	60,388	60,388	60,388	60,388	60,388	

Imagen 5-14: Orden de columnas para trabajar el RO Valor Ganado (Elaboración propia).

5.5.3 Valor Planeado (VP)

Es el valor estimado del trabajo que se va a realizar y está relacionado con el monto contractual. Es la única curva que estará dibujada completamente desde el inicio hasta el final del plazo de la obra. Esta curva es comúnmente llamada “Cronograma Valorizado”. Por lo tanto, esta curva deberá ser comparada con las valorizaciones al cliente (VGc), de lo contrario, el análisis se verá afectado por los adicionales de obra y las provisiones.

5.5.4 Valor Ganado Total (VGT)

Es el valor estimado del trabajo realizado actualmente y que “físicamente” está considerado como terminado, es decir, no considera los defectos de calidad, trabajos rehechos o errores en general³⁵. Por lo tanto, incluye los siguientes elementos:

- Valor Ganado Cliente (VGc): son las valorizaciones ejecutadas y aprobadas por el cliente.
- Activaciones del Presupuesto: son las valorizaciones ejecutadas de adicionales.
- Provisiones de Ingreso: son los trabajos ejecutados, pero no valorizados. Ya sean trabajos respecto a partidas primigenias o adicionales.
- Valor Ganado Total (VGT): es la suma de los elementos anteriores.

³⁴ Se adjunta formato del RO Valor ganado en el Anexo N° 05.

³⁵ Se recomienda ver el video explicativo del valor ganado (Machicao, 20).

Lo ideal para el cliente es que el valor ganado total (VGT) sea igual al valor ganado del cliente, es decir, que el VGT sea sólo lo que se ha valorizado al cliente como realmente ejecutado ($VGT = VGc$). Sin embargo, pueden existir trabajos de Adicionales ejecutados y valorizados que debe considerarse en las activaciones al presupuesto o trabajos Adicionales pendientes de aprobación pero que han sido ejecutados y no valorizados, los cuales irán en las provisiones.

Se enfatiza que las provisiones de venta deberían darse solo en el caso de que por razones de tiempo no se ha aprobado la valorización y, no deberían darse cuando se han realizado trabajos adicionales sin una aprobación previa del cliente, sin embargo, en la práctica, esto podría darse bajo la excusa de “evitar retrasos en el flujo productivo”.

5.5.5 Costo Real

Es el valor actual acumulado incurrido para realizar el trabajo, cabe resaltar que se incluye las pérdidas u otros gastos.

5.5.6 Índices de desempeño

Son indicadores que resumen el desempeño actual acumulado de la obra:

- En la Índice de desempeño de costo (CPI): es una medida normalizada del desempeño del presupuesto del proyecto. $CPI = VGT/CR$
- Índice de desempeño del cronograma (SPI): es una medida normalizada del desempeño del cronograma del proyecto. $SPI = VGc/PV$

La siguiente imagen muestra las fórmulas para calcular dichos indicadores, las mismas que se pueden encontrar en el Anexo N° 05:

DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	FÓRMULA
VALOR PLANEADO	VP	VP
VP del Costo Directo		
VP de Gastos Generales		
VALOR GANADO TOTAL	VGT	$VGT=VGc+PR+AP$
VALOR GANADO CLIENTE	VGc	
Provisiones	PR	
Activaciones del ppto	AP	
COSTO REAL	CR	CR
VARIACIÓN DE COSTO	VC	$VGT-CR$
VARIACIÓN DEL PROGRAMA	VP	$VGc-VP$
INDICE DE EFICIENCIA DEL COSTO		VGT/CR
INDICE DE EFICIENCIA DEL CRONOGRAMA		VGc/VP

Imagen 5-15: Fórmulas que relacionan los componentes del valor ganado (Elaboración propia).

5.5.7 Curva de Costos Acumulados (Curva S)

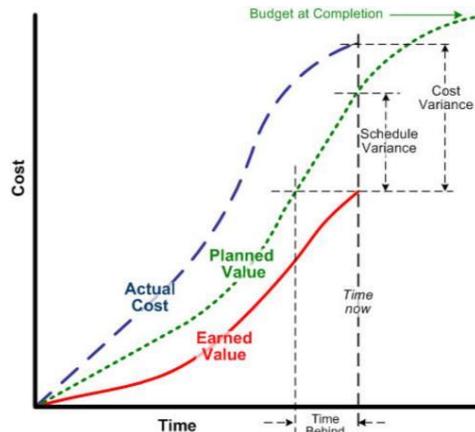


Imagen 5-16: Curva de costos acumulados (Schwarz, 17).

Los elementos de la “Curva S” se presentan líneas arriba. Lo importante de la curva S es determinar visualmente el avance de obra hasta la fecha. Sin embargo, no es una herramienta de proyección, para ello se utilizará el ROP.

5.6 Resultado Operativo Projectado (ROP)

El ROP se define al inicio del presente capítulo, como la proyección del resultado económico actual. Para entender mejor la metodología, será necesario repasar los conceptos definidos en el glosario³⁶. Los datos presentados para desarrollar esta metodología son reales y es de una obra en Lima, que por temas de confidencialidad no indicaré el nombre del proyecto.

Logo de la Empresa

RESULTADO OPERATIVO PROYECTADO (ROP)

ir al ROP

CONTRATISTA: NOMBRE DE LA EMPRESA
 OBRA: NOMBRE DE LA OBRA

Elaborado por: JDT

COD FASE	DESCRIPCION
1	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES
2	SUB ESTRUCTURA
3	SUPER ESTRUCTURA
4	ARQUITECTURA DEL EDIFICIO
5	INSTALACIONES SANITARIAS
6	INSTALACIONES ELECTRICAS
7	SISTEMA CONTRA INCENDIO
8	SISTEMA HVAC
9	OBRAS EXTERIORES
10	GASTOS GENERALES

DATOS PARA LA PROYECCIÓN

Fecha de Control: 01-julio-14
 Año del Informe: 2014
 Inicio Contractual: 10-jun-2013
 Fin Contractual: 08-nov-2014
 N° Obra en el año: 1
 Tipo de Cambio: 2.85
 % Stock Mat Pérdida: 20%
 Periodo Confiable: 4

Análisis Activos y Provisiones Tangibles | Análisis de Diferencia de Márgenes

Datos | ROP | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Act-Prov | Dif Marg | Susiento Act-Prov | Stock

Imagen 5-17: Hoja de datos generales y pestañas del formato para el ROP (Elaboración propia).

³⁶ Ver numeral 5.4.4: Glosario.

5.6.1 Consideraciones

Puede emplearse el presupuesto meta o venta, sin embargo, se recomienda usar el Presupuesto Meta para poder comparar los egresos contra este último.

Es recomendable no incluir la utilidad en la venta contractual debido a que es una ganancia neta de la empresa y no debería ser consumida o comparada con los costos de obra.

El ROP es realizado por el responsable directo y con ayuda de los que se listaron en el acápite de Responsabilidades.

El cronograma valorizado de obra inicial corresponde a la primera proyección del RO Proyectado (ROP cero).

Al proceso de asignación de partidas de control o de ubicaciones se llamará “*faseado*”.

Las provisiones de ingreso también serán llamadas activaciones.

Toda la información respecto al estado actual de la obra será trabajada en el formato de RO Valor ganado³⁷. Estos valores formarán parte del “*Acumulado Actual*” en el formato de Resultado Operativo Proyectado.

5.6.2 Proyecciones

Estas proyecciones se realizan cada fecha de corte y debe considerar:

- Proyecciones de Venta

Las proyecciones serán como mínimo de 6 meses y como máximo de 12 meses.

Proyecciones del Contractual: las proyecciones de venta obedecen a la estructura del cronograma valorizado. Es decir, se tiene el presupuesto y mensualmente se actualiza los porcentajes de avance proyectados según lo indicado por el área de producción. Estos porcentajes se multiplican por el metrado y por el precio unitario para poder generar la proyección de venta.

³⁷ Ver Anexo N° 05: Formato de RO Valor Ganado

Proyecciones de Adicionales: ésta tiene el mismo procedimiento que el anterior.

En ambos casos se separa las proyecciones bajo la siguiente estructura de control de costos:

- Mano de Obra
- Materiales
- Subcontratos
- Equipos

Y se coloca una columna que indique el precio unitario por cada uno de estos rubros.

Si el cronograma no ha variado puede seguir utilizándose los mismos valores que se tienen en el valor planeado (VP) de la metodología EVM.

Así mismo, puede utilizarse el Ms Project para poder exportar mediante la opción “*flujo de caja*”, siempre y cuando se tenga actualizado el avance de obra y las proyecciones de avance sean las que producción valide.

- Proyecciones de Costo

Debe estar en función a las partidas de control y obedece a la gestión de adquisiciones planteada por el equipo de obra.

A continuación, se presenta los requerimientos mínimos para realizar las proyecciones:

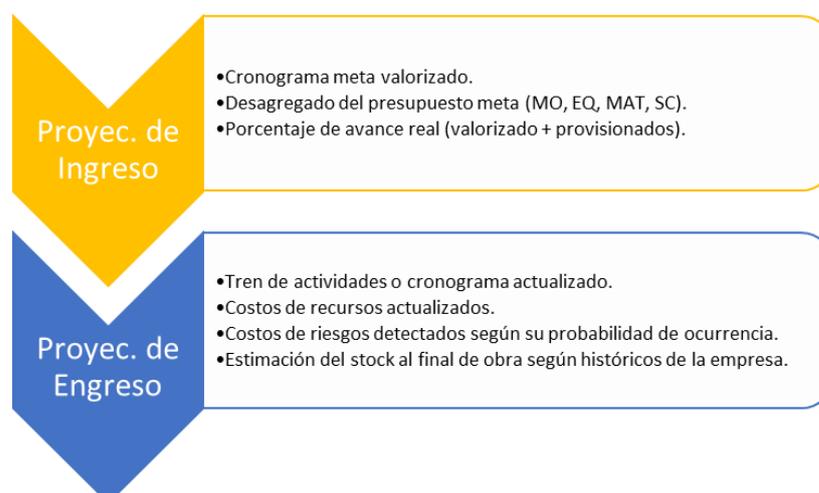


Imagen 5-18: Requerimientos mínimos para realizar las Proyecciones (Elaboración propia).

En el anexo N° 08 se adjunta el formato referencial de proyecciones de costo y de venta:

PRESUPUESTO VALORIZADO (VP)

COD PAR	DESCRIPCION	PRECIO PARCIAL (S./.)	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16
			M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARIOS	-	-	-	-	-	-	-
01.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARIOS	-	-	-	-	-	-	-
01.01.01	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	-	-	-	-	-	-	-
01.01.01.01	OFICINAS	14,250.00	14,250	-	-	-	-	-
01.01.01.02	ALMACENES	2,001.00	2,001	-	-	-	-	-
01.01.01.03	CASETAS DE GUARDIANÍA	950.00	950	-	-	-	-	-
01.01.01.04	COMEDORES	12,725.75	12,726	-	-	-	-	-
01.01.01.05	VESTUARIOS	8,108.13	8,108	-	-	-	-	-
01.01.01.06	SERVICIOS HIGIÉNICOS	5,740.00	5,740	-	-	-	-	-
01.01.01.07	CARTELES	5,000.00	5,000	-	-	-	-	-
01.01.02	INSTALACIONES PROVISIONALES	-	-	-	-	-	-	-
01.01.02.01	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN	18,100.00	2,858	4,922	4,604	4,922	794	-
01.01.02.02	DESAGÜE PARA LA CONSTRUCCIÓN	15,000.00	2,368	4,079	3,816	4,079	658	-
01.01.02.03	ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL	84,164.70	13,289	22,887	21,410	22,887	3,691	-
01.01.02.04	MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA	28,210.00	28,210	-	-	-	-	-
01.01.03	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	-	-	-	-	-	-	-
01.01.03.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	40,721.94	40,722	-	-	-	-	-
01.01.04	SEGURIDAD Y SALUD	-	-	-	-	-	-	-
01.01.04.01	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN	30,000.00	4,737	8,158	7,632	8,158	1,316	-
01.01.04.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	12,221.90	1,930	3,323	3,109	3,323	536	-
01.01.04.03	EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA	24,500.00	3,868	6,662	6,232	6,662	1,075	-
01.01.04.04	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	12,250.00	1,934	3,331	3,116	3,331	537	-
01.01.04.05	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD	21,313.50	3,365	5,796	5,422	5,796	935	-
01.01.04.06	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS	10,500.00	1,658	2,855	2,671	2,855	461	-
02	ESTRUCTURAS	-	-	-	-	-	-	-
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS	-	-	-	-	-	-	-
02.01.01	EXCAVACIONES SIMPLES	17,523.84	-	7,619	8,000	1,905	-	-
02.01.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	59,424.58	-	20,669	27,129	11,627	-	-
02.01.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	19,224.50	-	8,358	8,776	2,090	-	-
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	-	-	-	-	-	-	-
			153,715	1,375,051	1,491,810	995,354	10,969	-
			153,715	1,528,765	3,020,575	4,015,930	4,026,899	4,026,899

Imagen 5-19: Proyecciones del Presupuesto – Es igual que el valor planeado (Elaboración propia).

RESUMEN DE PROYECCIONES DE COSTO POR FASE

Datos Generales

FASE **4** ARQUITECTURA DEL EDIFICIO

Ingresar Número de Fase (PC general) y los montos cambiarán a la fase correspondiente

ID	GRUPO	FASE 4: ARQUITECTURA DEL EDIFICIO												Total Proyectado
		ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	
1	Costo Materiales	-	12,203	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,203
2	Costo Mano Obra	93,096	73,793	71,989	79,615	72,240	77,034	74,271	89,363	73,346	80,144	71,914	59,524	916,331
3	Costo Subcontratos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49,820
	Equipos y Vehículos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-Propios Obra	-	-	14,342	14,682	13,302	12,922	12,922	16,022	9,422	9,422	9,202	8,742	149,669
5	-Propios Grupo	-	-	-	-	6,500	6,500	-	-	-	-	-	-	13,000
6	-Terceros	600	2,100	1,890	1,890	990	600	900	300	300	300	300	-	10,170
	Fletes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-Propios	-	200	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	300
8	-Terceros	-	200	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	300
9	Staff	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Riesgos (daños, robos, reposiciones)	1,200	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	-	-	-	-	-	25,200
11	Otros Costos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES MES		159,059	106,838	92,221	100,388	97,033	101,057	92,094	105,685	83,069	89,867	81,417	68,266	1,176,993

Se le carga la depreciación del equipo

Imagen 5-20: Hoja Resumen de Proyecciones de costo por Fase o Partida de Control General (Elaboración propia).

5.6.3 Costo de Stock de materiales

Es el valor, en términos monetarios, de los materiales que se tienen en almacén, es decir, aquellos que aún no han sido consumidos.

Este valor no es parte de la suma del Costo, por ende, se muestra de forma independiente y no afecta al *margen directo* ni al *margen real*. Sin embargo, este costo sí se considera para el cálculo del *margen ponderado* y *márgenes previstos*, es decir, se asume al final de la obra un monto como pérdida de materiales. La razón de considerarlo en el *costo final* para el cálculo del *margen previsto* es porque se asume que el peor escenario, es decir, que esos materiales en stock resultarán en pérdida al final de obra.

5.6.4 Margen Ponderado

Es el indicador más importante de la metodología del ROP ya que representa la estimación del margen al final de la obra. En palabras sencillas, es el margen final de la obra que resulta de la suma del *estado actual de la obra* y de las *proyecciones* realizadas.

Su cálculo depende de la calidad de las proyecciones, por ende, depende de:

Proyecciones de Ingreso

- Valorización Contractual Faseada
- Valorización de Adicionales Faseada
- Otros ingresos Faseados
- **Proyección del Presupuesto Meta**

Ingresos



Proyecciones de Egreso

- Costo de Materiales
- Costo de Mano de Obra
- Costo de Servicios
- Costo de Equipos
- Costo de Staff
- Otros Costos Incurridos
- **Costo de Riesgos según su probabilidad de ocurrencia**
- **Stock al final de obra**

Egresos



Imagen 5-21: Elementos considerados en las proyecciones de ingreso y egreso (Elaboración propia).

La diferencia con el RO es que el ROP está considerando la proyección del presupuesto meta, costos de riesgos y stock al final de obra, que son los que se muestran de color rojo en la imagen anterior.

Provisiones:

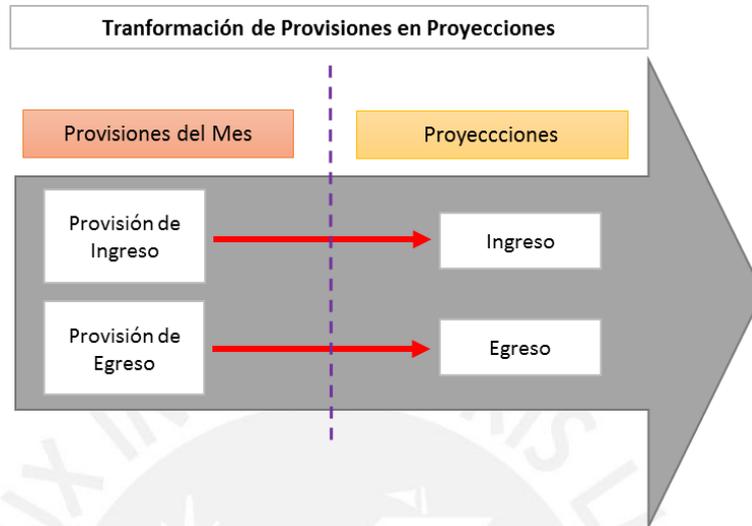


Imagen 5-22: Transformación de Provisiones en Proyecciones (Elaboración propia).

A continuación, se muestra una gráfica con valores reales de una obra de oficinas en Lima³⁸. En esta obra se puede observar que la proyección del margen tuvo fluctuaciones grandes a lo largo de la obra. Por ejemplo, cuando en obra se tuvo que realizar el ROP del mes de mayo del 2013 se estimó que el resultado final de la obra sería de 6.41% respecto del presupuesto meta, sin embargo, se tuvo un margen directo final de -5.74%. El mismo análisis se realizó para todos los meses, comparando el M.P. estimado en cada mes con el Margen Directo al final de obra y se dedujo que, mientras transcurre la obra quedan menos meses por proyectar, por lo tanto, los estimados son más certeros y el *margen ponderado* va acercándose al *margen directo final*.

En consecuencia, es importante invertir tiempo la calidad de las proyecciones en los primeros periodos para tomar decisiones futuras más certeras y que el margen al final de la obra no sorprenda a la gerencia.

Indicador	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	ene-14
% MARGEN DIRECTO	6.95%	5.63%	8.33%	8.20%	13.93%	8.64%	0.06%	-0.22%	-4.49%	-2.35%
M.P.	6.41%	5.99%	7.01%	6.52%	4.87%	4.20%	0.59%	0.67%	-1.84%	-1.08%
∫ M.P.	0.000%	0.293%	0.511%	0.418%	0.806%	1.076%	2.211%	2.575%	3.211%	3.402%

³⁸ No se muestra el nombre de la obra por temas de confidencialidad.

Indicador	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14
% MARGEN DIRECTO	-0.28%	1.06%	-0.28%	-3.56%	0.36%	-1.05%	-4.27%	-4.89%	-5.32%	-5.74%
M.P.	1.44%	1.01%	-0.06%	-0.88%	-1.53%	-4.56%	-3.79%	-3.87%	-3.84%	
σ M.P.	3.278%	3.186%	3.165%	3.192%	3.246%	3.565%	3.708%	3.811%	3.878%	

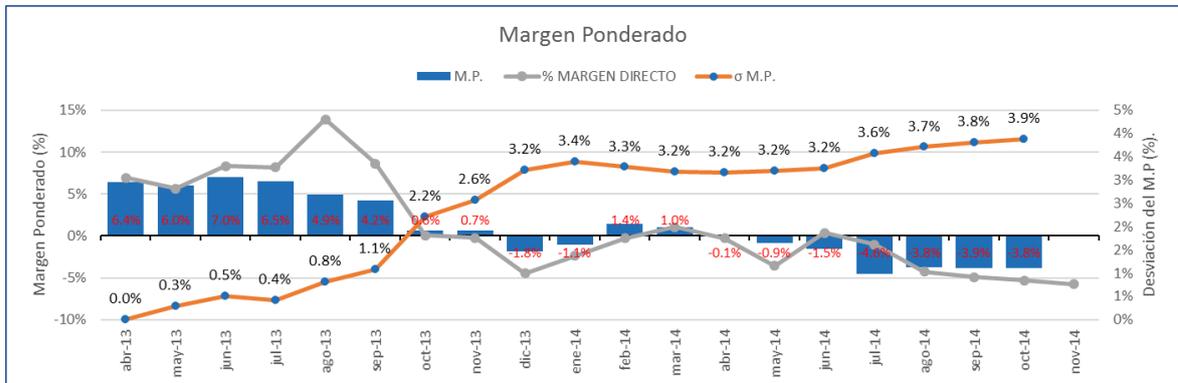


Imagen 5-23: Histórico del Margen Ponderado y su desviación estándar acumulada – Obra en Lima (Elaboración propia).

5.6.5 Margen directo (M.D.) y Margen Real (M.R.)

A diferencia del *margen ponderado*, estos indicadores reflejan el estado actual de la obra.

El Margen Directo (M.D.) es referencial para el avance de la obra ya que considera los ingresos y egresos, pero no las provisiones. Sin embargo, financieramente nos proporciona una idea de los próximos ingresos y egresos de caja que se tendrá dependiendo del plazo para el pago de facturas. Entonces, el margen directo es un indicador anticipado de la liquidez de la obra.

La fórmula para calcular el M.D. es la siguiente:

$$\text{Margen Directo} = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

Por otro lado, el Margen Real es el Margen Directo más las provisiones. Es decir, es la diferencia entre los ingresos y egresos de los trabajos realmente ejecutados que pueden estar o no valorizados. Este indicador sí determina el estado real de la obra y su concepción es similar al *valor ganado*.

La fórmula para calcular el M.R. es la siguiente:

$$\text{Margen Real} = \text{Ingresos} - \text{Egresos} + (\text{Prov. de Ingreso} - \text{Prov. de Egreso})^{39}$$

Acotando que la provisión de ingreso siempre será ingresada con signo negativo en el formato ROP⁴⁰. Como se observa, la única diferencia son las provisiones.

La siguiente imagen pretende dilucidar con un ejemplo real lo explicado líneas arriba:

CONCEPTO	ACUMULADO ANTERIOR	MES (ACTUAL)		ACUMULADO ACTUAL		PROYECCIÓN 2015	TOTAL OBRA		
		PREVISTO	REAL	EJERCICIO A	DE OBRA		ACTUAL	ANTERIOR	ORIGINAL
		oct-15		oct-15	TOTAL				
VENTA	2,581,636	1,729,904	1,719,236	4,300,872	4,300,872	2,627,400	7,083,714	6,821,093	6,821,093
Venta Contractual	2,581,636	1,654,105	1,642,719	4,224,355	4,224,355	2,411,037	6,790,834	6,635,392	6,635,392
Venta de Adicionales	-	75,798	76,517	76,517	76,517	216,363	292,880	185,701	185,701
COSTO	2,423,865	1,819,539	1,750,632	4,174,497	4,174,497	2,616,530	6,955,072	7,269,687	7,269,687
Costo Materiales	539,039	455,218	449,564	988,604	988,604	418,710	1,452,408	1,930,725	1,930,725
Costo Mano Obra	440,276	361,256	408,140	848,416	848,416	357,586	1,215,832	1,057,557	1,057,557
Costo Subcontratos	1,089,624	873,383	763,220	1,852,844	1,852,844	1,555,409	3,477,934	3,553,048	3,553,048
Equipos y Vehiculos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Propios Obra	5,285	35,000	42,415	47,700	47,700	2,500	50,200	9,373	9,373
- Propios Grupo	17,010	7,000	7,000	24,010	24,010	7,000	31,010	48,010	48,010
- Terceros	9,404	1,645	1,876	11,280	11,280	6,000	17,280	16,154	16,154
Riesgos (daños, robos, reposiciones)	-	-	-	-	-	79,907	79,907	-	-
Otros Costos	57,858	8,759	14,487	72,345	72,345	17,009	89,353	122,451	122,451
Costo de Stock de Materiales	-	-	10,000	10,000	10,000	-	2,000	-	-
MARGEN PONDERADO	46,154	30,927	30,736	76,891	76,891	46,972	126,642	-448,594	-448,594
% MARGEN PONDERADO	1.79%	1.79%	1.79%	1.79%	1.79%	1.79%	1.79%	-6.58%	-6.58%
MARGEN DIRECTO	157,771	-89,636	-31,396	126,375	126,375	10,870	128,642	-448,594	-448,594
% MARGEN DIRECTO	6.11%	-5.18%	-1.83%	2.94%	2.94%	0.41%	1.82%	-6.58%	-6.58%
COSTO APLICADO				4,223,981	4,223,981	2,580,427			
RESULTADO PENDIENTE				-49,484	-49,484	36,103			
ACTIVOS TANGIBLES						12,685			
PROVISIONES TANGIBLES						9,835			
COSTO REAL					4,171,647				
MARGEN REAL DE OBRA						129,225			
% MARGEN REAL DE OBRA						3.00%			

CONCEPTO	ACUMULADO ANTERIOR	MES (ACTUAL)		ACUMULADO ACTUAL		PROYECCIÓN 2014	TOTAL OBRA		
		PREVISTO	REAL	EJERCICIO A	DE OBRA		ACTUAL	ANTERIOR	ORIGINAL
		jul-14		jul-14	TOTAL				
VENTA	108,020,260	2,454,193	5,350,882	53,134,264	113,371,141	20,774,621	134,195,762	132,438,168	123,790,267
COSTO	105,037,057	2,506,546	6,133,889	54,794,573	111,170,946	19,671,028	130,938,474	121,090,604	115,017,071
Costo de Stock de Materiales	-	-	679,796	679,796	679,796	98,500	135,959	-	-
MARGEN PONDERADO	2,512,500	57,083	124,459	1,235,878	2,636,959	483,208	3,121,330	11,347,564	8,773,197
% MARGEN PONDERADO	2.33%	2.33%	2.33%	2.33%	2.33%	2.33%	2.33%	8.57%	7.09%
MARGEN DIRECTO	2,983,203	-52,353	-783,007	-1,660,308	2,200,196	1,103,593	3,257,289	11,347,564	8,773,197
% MARGEN DIRECTO	2.76%	-2.13%	-14.63%	-3.12%	1.94%	5.31%	2.43%	8.57%	7.09%
COSTO APLICADO				51,898,387	110,734,182	20,291,413			
RESULTADO PENDIENTE				2,896,186	436,763	-620,385			
ACTIVOS TANGIBLES						634,179			
PROVISIONES TANGIBLES						-294,295			
COSTO REAL					110,831,061				
MARGEN REAL DE OBRA						2,540,080			
% MARGEN REAL DE OBRA						2.24%			

⁴⁰ Ver numeral 5.4.4: Glosario y Anexo N° 06 y 07.

Imagen 5-24: Explicación del Margen Directo y Margen Real (Elaboración propia).

Del ejemplo, la diferencia de activos y provisiones es positiva (12,685 – 9,835 = 2,850). Esto quiere decir que existen trabajos ejecutados no valorizados mayores que aquellos por pagar. El M.D. es de 2.94% pero al contar con mayores provisiones de ingreso, el Margen Real de la obra será de 3.00%.

En conclusión, en todo control de obra, siempre es mejor no contar con provisiones, sin embargo, de contar con ellas, es preferible negociar y concretar todas las provisiones de ingreso en venta y negociar a mantener las provisiones de egreso, ya que se incrementaría la ratio de liquidez y, por lo tanto, facilitaría cualquier gestión futura necesaria.

5.6.6 Diferencia entre margen previsto y margen ponderado

Ambos indicadores requieren de las proyecciones. Sin embargo, el *margen ponderado* corresponde al total de la obra, mientras que el *previsto* corresponde a cada fase.

La diferencia radica en la palabra “*Ponderado*”, se dice que es “*ponderado*” porque suma los montos de ingresos y egresos de todas las fases, lo que hace que sea diferente al promedio aritmético de los *márgenes previstos*. Esto es porque el promedio no considera la incidencia en costo de cada fase, es decir, algunas fases tienen mayores costos o ventas que otras, pero pueden tener márgenes previstos similares.

	FASES									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MARGEN PONDERADO	2.43%									
MARGEN PROMEDIO	3.22%									
MARGEN PREVISTO DE FASE	-14.25%	3.20%	-5.99%	2.01%	4.39%	11.57%	3.55%	9.84%	1.75%	16.12%
VENTA ACUMULADA	1,344,384	9,532,035	28,272,196	25,965,166	10,251,101	6,193,601	10,000,000	7,993,827	8,818,832	5,000,000
COSTO ACUMULADO	1,607,271	9,226,873	29,942,428	25,394,547	9,449,988	5,393,964	9,642,857	7,194,444	8,730,000	4,588,571

Imagen 5-25: Diferencia entre Margen Ponderado y Margen Previsto (Elaboración propia).

5.6.7 Análisis del Resultado Pendiente

Este análisis está basado en supuestos, por lo tanto, es referencial y sus cantidades no afectan el margen real a la fecha de corte, sino más bien al *Margen Ponderado*. Su finalidad es determinar mediante la diferencia de márgenes previstos y reales, un

reajuste y sinceramiento⁴¹ del *margen ponderado* a través de la modificación en las proyecciones.

5.6.7.1 Análisis de margen (real y previsto) por fases en el acumulado actual de obra

El objetivo del presente análisis es mejorar las proyecciones mediante la evaluación de la diferencia de resultados entre lo que se obtuvo a la fecha de corte y lo que se pronosticó para una fase determinada. Es decir, el indicador de este análisis es la diferencia entre el *Margen Real* y el *Margen Previsto*:

$$\text{Delta de Margen de Margen de Fase } (\Delta MF) = \text{Margen Real} - \text{Margen Previsto}$$

DESCRIPCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MARGEN REAL DE FASE	-269,150	253,671	-1,338,161	533,540	1,093,743	634,529	353,493	799,383	67,604	411,429
%	-20.02%	2.66%	-4.73%	2.05%	10.67%	10.24%	3.53%	10.00%	0.77%	8.23%
MARGEN PREVISTO DE FASE	-191,519	305,162	-1,692,641	521,201	449,548	716,715	355,152	786,633	154,734	805,865
%	-14.25%	3.20%	-5.99%	2.01%	4.39%	11.57%	3.55%	9.84%	1.75%	16.12%
DELTA DE MARGEN DE FASE (REAL - PREVISTO)	-5.77%	-0.54%	1.25%	0.05%	6.28%	-1.33%	-0.02%	0.16%	-0.99%	-7.89%
AVANCE REAL DE LA OBRA (%)	85%	100%	100%	95%	96%	96%	47%	93%	88%	79%

Imagen 5-26: Ejemplo del análisis de márgenes (Elaboración propia).

Por ejemplo, para la fase 1, se tiene un avance de obra del 85%, el margen real es de -20.02% y se pronostica que la fase terminará con un margen menos desfavorable de -14.25%. Esta diferencia es de -5.77% que representa aproximadamente 77mil soles. Para esta situación, lograr el margen previsto es una meta considerable, por lo que debe analizarse a detalle si será factible.

Para la fase 10, que corresponde a gastos generales, se proyecta terminar la obra con un margen previsto de 16.25% y que, al compararlo con el Margen Real actual, difiere en 7.89%, una diferencia muy elevada. Por la práctica, se sabe que el costo de staff se va reduciendo a medida que se llega al final de la obra, sin embargo, esta proyección resulta en un margen muy favorable. Si se mantiene este margen previsto, este favorecerá al margen total de la obra; y si se decide disminuirlo, habrá que tener cuidado en mantener una cantidad mínima de personal para el control de producción de la obra.

⁴¹ El término "sinceramiento" se refiere a una estimación más precisa y en armonía con el desempeño actual de la obra.

El mismo análisis se realiza para las demás fases y, el criterio se basará en la variación de las proyecciones, las mismas que dependen de muchas variables como los plazos, la liquidez, la cantidad de recursos disponibles, los precios, entre otros.

Las celdas que figuran de color rojo es porque el valor absoluto de la diferencia de márgenes de fase supera el máximo definido por la gerencia de construcción:

ΔMF_{max}

4.00%

La finalidad de definir un límite es de controlar la calidad de las proyecciones y de identificar rápida y visualmente el orden de prioridad para el análisis.

La determinación⁴² de este valor puede calcularse analizando datos históricos de los ΔMF ; un método sencillo para iniciar es tomar el promedio de los valores absolutos de la ΔMF de obras similares y sumarle la mitad del valor de su desviación estándar ($\Delta MF + 0.5\sigma$), deberá excluirse los valores extremos que alteren la media y aquellos extremos que tienen sustento.

En resumen, la finalidad de este análisis es identificar las fases que potencialmente presenten desviaciones; por lo tanto, el resultado es que el margen ponderado será un valor más confiable.

5.6.7.2 Diferencia de márgenes

La finalidad de este proceso de cálculo es determinar la *contingencia*⁴³ de obra a través de provisiones virtuales resultantes de la diferencia del Margen Ponderado y *Margen Previsto* de cada fase.

Es un artificio que sirve para determinar el monto necesario para mantener el equilibrio de los márgenes previstos de todas las fases. Consiste en que las fases que presentan un *margen previsto* mayor al *ponderado* le "*presten dinero*" a las fases que están por debajo del *margen ponderado*. Como se reitera, es sólo para determinar la *contingencia*.

⁴² Ver numeral 5.4.4: Glosario

⁴³ Ver numeral 5.4.4: Glosario

ANÁLISIS DEL RESULTADO PENDIENTE
ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE MÁRGENES

Logo de la Empresa Menu

OBRA NOMBRE DE LA OBRA ELABORADO POR JDJ
 CLIENTE NOMBRE DE LA EMPRESA MES DE INFORME julio
 MONEDA Nuevos Soles Diferencia de Márgenes -S/. 540,970 AÑO 2014
 MARGEN PONDERADO 2.43% INICIO DE OBRA 10-jun-13

FASE	DESCRIPCIÓN	Margen Real	PREVISTO		(A)	(B)	(B)-(A)	CALCULO DE LA PROVISION Y ACTIVACION DEL MARGEN			
			Venta Total Obra (S/.)	Margen Previsto Total Obra (S/.)	Margen Ponderado de Obra (%)	Margen Previsto de Fase (%)	Diferencia de márgenes (%)	Venta Actual Acumulada (S/.)	Monto por diferencia de Márgenes (S/.)	Activación (S/.)	Provisión (S/.)
1	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES	-20.02%	1,494,384	-212,888	2.43%	-14.29%	-16.67%	1,344,384	-224,151	0	-224,151
2	SUB ESTRUCTURA	2.66%	9,532,035	305,162	2.43%	3.20%	0.77%	9,532,035	73,794	73,794	0
3	SUPER ESTRUCTURA	-4.73%	28,251,053	-1,691,375	2.43%	-5.99%	-8.41%	28,272,196	-2,376,883	0	-2,376,883
4	ARQUITECTURA DEL EDIFICIO	2.05%	26,604,112	534,027	2.43%	2.01%	-0.42%	25,955,165	-109,043	0	-109,043
5	INSTALACIONES SANITARIAS	10.67%	10,220,347	448,199	2.43%	4.39%	1.96%	10,251,101	200,726	200,726	0
6	INSTALACIONES ELECTRICAS	10.24%	6,430,456	744,124	2.43%	11.57%	9.14%	6,193,601	566,380	566,380	0
7	SISTEMA CONTRAINCENDIO	3.53%	26,666,667	947,071	2.43%	3.55%	1.12%	10,000,000	112,425	112,425	0
8	SISTEMA HVAC	10.00%	8,641,975	850,414	2.43%	9.84%	7.41%	7,993,827	592,601	592,601	0
9	OBRAS EXTERIORES	0.77%	10,021,400	175,834	2.43%	1.75%	-0.67%	8,818,832	-59,322	0	-59,322
10	GASTOS GENERALES	8.23%	6,333,333	1,020,762	2.43%	16.12%	13.69%	5,000,000	684,501	684,501	0
Total			134,195,762	3,121,330				113,371,141	-540,970	2,230,428	-2,771,398

Imagen 5-27: Proceso de cálculo de provisiones derivadas de la Diferencia del Margen Ponderado con el Margen previsto de cada fase (Elaboración propia).

Este análisis pretende que todas las fases tengan un margen previsto igual al margen ponderado, que es de 2.43%. Para ello se realiza la diferencia entre 2.43% y el *margen previsto* de cada fase, para luego multiplicarlo por la venta actual acumulada:

$$Provisión \text{ (ingreso o egreso)} = (M. Ponderado - M. Previsto) * Venta Acumulada$$

En el ejemplo se observa que, a pesar de tener solo dos fases con márgenes previstos en negativo, las incidencias de sus provisiones son mayores a las activaciones del resto de fases. Es decir, no importa que tan grande sea el porcentaje, lo que importa es su incidencia en el costo.

Bajo este análisis y a la fecha de corte, la fase 4 va a requerir 109,043 soles para que teóricamente pueda alcanzar un margen previsto de 2.43%. Este razonamiento aplica para todas las fases y se ha determinado que en total habría que provisionar -540,970 soles para que todas las fases tengan un margen previsto igual al margen ponderado estimado.

5.6.7.3 Contingencia - Sinceramiento de margen ponderado

Para determinar la contingencia es necesario calcular el costo aplicado y el resultado pendiente⁴⁴.

El costo aplicado es el costo es el costo que debería haber empleado si quisiera tener un margen directo igual al margen ponderado. Se calcula con la siguiente fórmula:

⁴⁴ Ver numeral 5.4.4: Glosario

$$\begin{aligned} \text{Costo Aplicado} &= \text{VentaAcumulada} - \text{MargenPonderado} * \text{VentaAcumu} \\ &= \text{VentaAcumulada} * (1 - \text{Margen}) \end{aligned}$$

Así mismo, el resultado pendiente es la diferencia entre el Costo y el Costo Aplicado. Si este resulta positivo es porque se ha gastado demás, y si resulta negativo, es porque se ha gastado menos de lo esperado. Si el Margen Previsto o Ponderado sale menor que cero, entonces el Resultado Pendiente es igual a Cero. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$\text{Resultado Pendiente} = \text{Costo} - \text{Costo Aplicado}$$

Luego de haber determinado las provisiones actuales (tangibles), de haber calculado el resultado pendiente, de realizar el Análisis de Márgenes y de calcular las provisiones virtuales resultantes de la Diferencia de Márgenes, es posible determinar la contingencia con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Contingencia} &= -\text{Resultado Pendiente} + \text{Provisiones Tangibles}^{45} \\ &\quad + \text{Provisiones Virtuales} \end{aligned}$$

El análisis dependerá del signo resultante:

+: margen disponible, si este representa un gran porcentaje debería incrementarse las expectativas del margen ponderado.

0 : el Margen Ponderado no tiene colchón o respaldo.

- : el Margen Ponderado ya no tiene colchón y además se va a diluir, por ende, no podrá alcanzarse el Margen Ponderado proyectado. Debe sincerarse dicho MP (disminuirlo).

⁴⁵ Las provisiones tangibles son las provisiones reales a la fecha de corte. Ver numeral 5.4.4: Glosario.

MARGEN DIRECTO	2,983,203	-52,353	-783,007	-1,660,308	2,200,196
% MARGEN DIRECTO	2.76%	-2.13%	-14.63%	-3.12%	1.94%
COSTO APLICADO				51,898,387	110,734,182
RESULTADO PENDIENTE				2,896,186	436,763
ACTIVOS TANGIBLES					634,179
PROVISIONES TANGIBLES					294,295
COSTO REAL					110,831,061
MARGEN REAL DE OBRA					2,540,080
% MARGEN REAL DE OBRA					2.24%

ANÁLISIS DEL RESULTADO PENDIENTE

Resultado: Reducir el Márgen Ponderado: 1. Analizar los márgenes por fase. 2. Ajustar las proyecciones.

(A) RESULTADO PENDIENTE		436,763
(B) ACTIVOS + PROVISIONES TANG		339,884
(C) ANÁLISIS DIF. DE MÁRGEN		-540,970
(D) ANÁLISIS DE R.P. = B + C		-201,086
CONTINGENCIA = -A + D		-637,849
% CONTINGENCIA		-0.56%

Imagen 5-28: Análisis del Resultado Pendiente (Elaboración propia).

Del ejemplo, se obtuvo una contingencia negativa, por lo que será necesario evaluar las proyecciones de las fases incidentes.

Finalmente, el análisis del resultado pendiente tiene como objetivo sincerar⁴⁶ y, por lo tanto, hacer más confiable el *margen ponderado*, permitiendo tomar decisiones más acertadas acerca del futuro consumo.

5.7 Elementos más importantes de las metodologías presentadas

El siguiente gráfico resume los aspectos más relevantes de la metodología:

⁴⁶ Se refiere al proceso de aproximación más cercana a lo real de los márgenes.

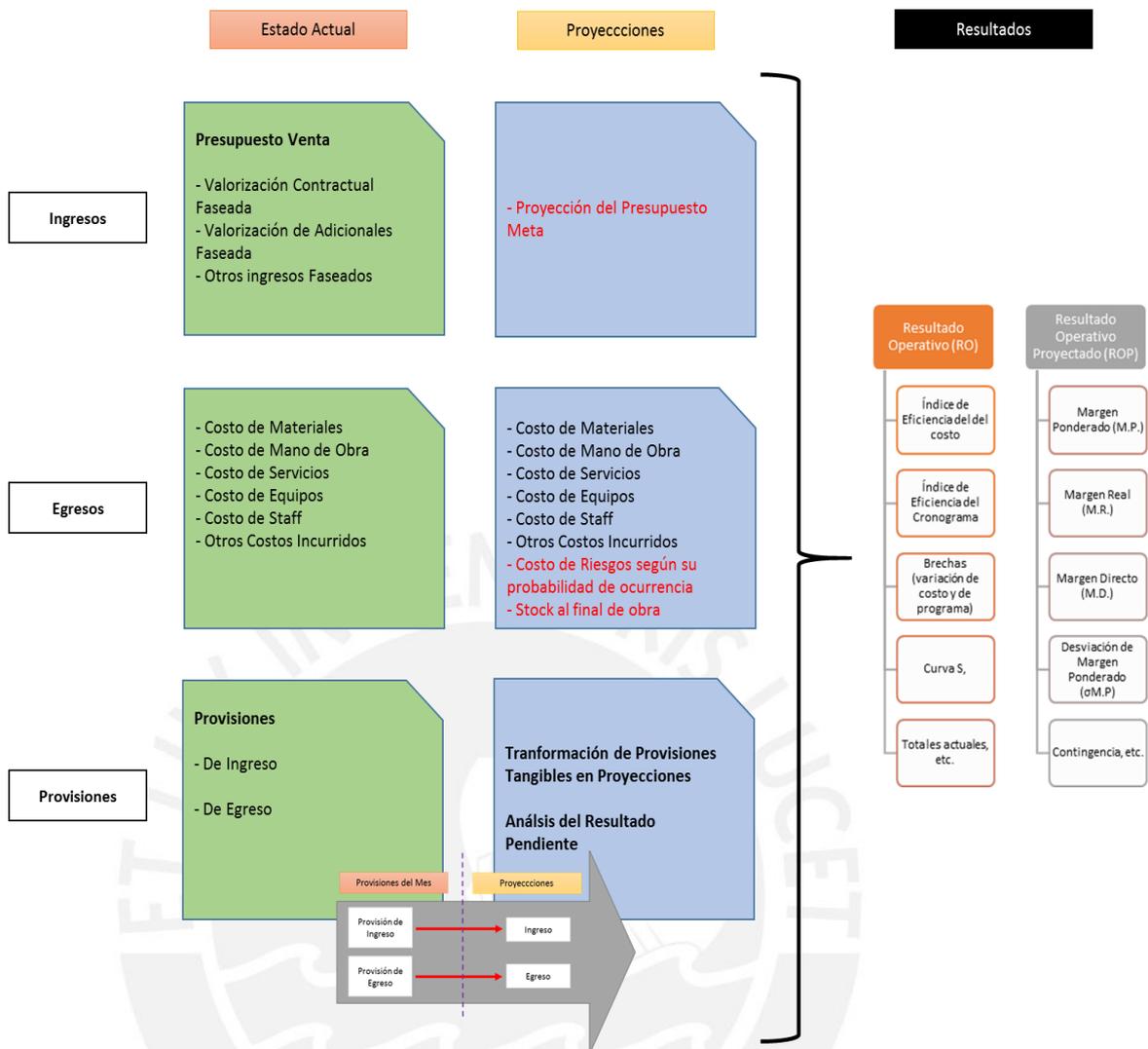


Imagen 5-29: Componentes y resultados de la metodología de gestión de costos (Elaboración propia).

5.8 Preguntas frecuentes

- ¿El ROP está en función a los “pagos” o “costos”?

Se entiende por pagos al momento en que se desembolsa el dinero y por costo al momento en que se consumió un determinado recurso. El ROP muestra la situación actual y proyectada, es decir, se muestra el consumo a la fecha y su respectiva proyección, por lo tanto, estará en función al “costo”. Además, los pagos pueden ser diferidos y corresponde a una evaluación más financiera⁴⁷.

- ¿Por qué se tiene un límite de 10 fases o partidas de control globales?

⁴⁷ Ver numeral 5.1: Diferencias y relaciones entre el control económico de obra y el control económico-financiero de gerencia

Para facilitar su elaboración y análisis. Si se tienen muchas fases se requerirá mayor tiempo e incluso personal para su elaboración; así mismo será más difícil encontrar el problema.

- ¿Qué sucede cuando el cliente aprueba una valorización de gastos generales como porcentaje del costo directo, pero mis costos han incurrido según el avance de obra?

Se ingresará como venta lo aprobado por el cliente y la diferencia será ingresada como una provisión de egreso o ingreso según corresponda. Por ejemplo, si se valorizó más de lo costeadado irá como una provisión de costo, por el contrario, si se valoriza menos de lo costeadado tendría que activarse la diferencia.

- ¿Qué cronograma debo tomar en cuenta para el ROP?

Para el caso de la venta, debo considerar el cronograma último aprobado por el cliente, incluyendo las ampliaciones de plazo.

Para el caso del costo, no debe limitarse al cronograma último aprobado, sino que debe obedecer a las proyecciones realizadas y si estas estiman retraso o adelanto de fin de obra, deberá mostrarse el desfase. En caso de haber retraso y no se aprueben las ampliaciones de plazo, es necesario considerar todos los gastos, incluyendo gastos generales.

- ¿Por qué es importante que las proyecciones se desarrollen mensualmente?

Es importante porque la gerencia de construcción realiza sus predicciones de la empresa mensualmente.

- ¿Qué sucede si ya ejecuté un trabajo, pero este no está aprobado? ¿Debo incluirlo como venta? ¿Cuál es el monto que debo considerar?

No debo incluirlo como venta, debo realizar una provisión de ingreso, es decir una activación, ya que se trata de un pago que voy a recibir a futuro. Por otro lado, los gastos incurridos sí serán declarados dentro del concepto de costo.

La cantidad que se activará es una estimación en función a la probabilidad de aprobación de dichos trabajos, es decir, el monto depende en primer lugar de si se tiene plena certeza de aprobación y de cuánto estimo que me van a valorizar por dichos trabajos.

- ¿Por qué el stock de materiales no se suma al costo?

Porque es importante que el staff de obra esté informado del estado de su inventario para que pueda planificar adecuadamente dichos recursos, así mismo, podrá controlarse económicamente los excesos de compras realizados. Cualquier exceso que no sea reutilizable o vendible irá sumándose a la bolsa de pérdida que formará parte del costo al final de obra.

Cabe recordar que al final de obra se proyecta un stock de materiales que sumará al costo e inicialmente es un porcentaje del stock actual o igual a la bolsa de pérdida por stock.

- ¿Por qué para el cálculo del margen previsto o ponderado se considera el costo por stock de materiales?

Porque el cálculo de estos márgenes se realiza al final de obra, es decir, considerando las tres etapas (histórico, presente y proyecciones), y es ahí donde se considera el stock como costo ya que se asume que dicha cantidad es pérdida.

- ¿Qué sucede si la fecha de término de Obra está por cumplirse, pero la Obra aún continúa su desarrollo y no tengo aprobada ninguna ampliación de plazo?
¿Con qué información elaboro los ROP?

En las proyecciones de Costo deberá considerarse todos los costos incurridos durante los meses que se considere necesario para finalizar la obra. En relación a la Venta, debe considerarse un porcentaje de días que tiene una probabilidad alta de aprobación y proyectar sobre esos días los la Venta.

Es importante acotar que esto modificará el margen previsto y por ende los indicadores de costo, por lo que estos reportes deben ir acompañados con los comentarios pertinentes.

- ¿Qué debo hacer con la Contingencia que arroja el análisis del Resultado Pendiente?

La contingencia es un margen virtual disponible. Este valor puede variar en cada fecha de corte y funciona como un "colchón" del margen ponderado, por ende, si resulta negativo o cercano a cero, significa que debe sincerarse el margen ponderado ya que este se está diluyendo. En otras palabras, al momento del acumulado indica si la obra se encuentra por encima o debajo del margen ponderado.

- ¿El área de Finanzas utilizará las proyecciones del RO Proyectado?

Sí, ya que el área de finanzas realiza la proyección económica mensual y trimestralmente de la empresa.

- ¿Por qué se muestra una fila de margen ponderado y otra de margen directo?

El margen ponderado considera las tres etapas para su cálculo, es por ello que se determina al final de obra y es mostrado a lo largo de toda su fila. En contraste, el margen directo es el resultado de la diferencia entre la venta y costo en el acumulado actual y en el resto de periodos siguientes.

- ¿Qué debo hacer si el Subcontratista no valoriza antes de fin de mes? ¿Cómo debo estimar este monto de valorización?

Se debe estimar en función al avance físico ejecutado en obra a la fecha de corte, multiplicado por los precios unitarios respectivos.



CASOS PRÁCTICOS

CAPÍTULO 6: Edificio Génova – Líneas de Flujo

Descripción del caso de aplicación

La tesis pretende mediante este proyecto comprobar la implementación de metodología de Líneas de Flujo y demostrar la efectividad y eficiencia del uso del software propuesto.

Se va a presentar el análisis del tren de actividades meta inicial, el cual será replanteado de acuerdo a las ventajas de visualización que brinda la metodología de LF.

Características generales del proyecto

Nombre de Proyecto : Oficinas Empresariales Génova

Cliente : Abril Grupo S.A.C.

Supervisión : JLV Consultores

Ubicación : Avenida Arequipa 1480, Ubr. Santa Beatriz, Cercado de Lima

El proyecto contempla la ejecución de un Edificio de 20 pisos, 01 sótano y 01 semisótano. Cuenta con un sistema de Placas de Concreto Armado y Losas Macizas.

Alcance

Plazo de ejecución : 14.5 meses

Fecha de Inicio : 16 de febrero del 2015

Fecha Fin : 26 de abril del 2016

Datos Importantes

La obra ha sido concebida en 01 Etapa, la cual incluye los trabajos del edificio propiamente dicho llámese sótanos y torre, así como los trabajos en áreas comunes y en cisternas de consumo doméstico y contra incendio.

Tanto para los trabajos de casco estructural, como arquitectura de los bloques, se ha subdividido en sectores de acuerdo a la tipología, volúmenes de trabajos y sistema estructural del edificio.

- Sótanos – 08 sectores
- Planta típica – 04 sectores

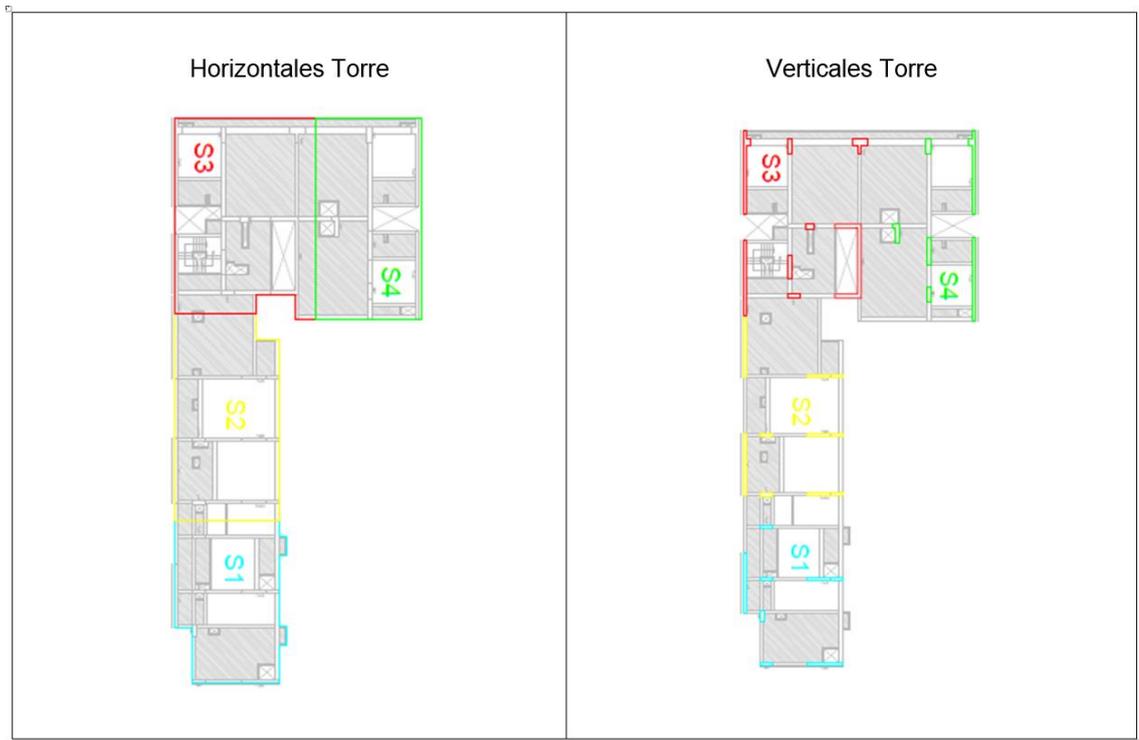


Imagen 6-1: Sectorizaciones de elementos horizontales y verticales (Elaboración propia).

Programación

Basados en una correcta sectorización, los rendimientos presupuestados y la eliminación de actividades no productivas se determinaron los tiempos de ejecución reales para cada partida. Estos tiempos se visualizarán en un cronograma de obra en el cuál no se considerará trabajos los días domingos.

Partiendo de este cronograma inicial se creará el cronograma interno de obra en el que se optimizarán procesos y recursos; y se ajustarán los rendimientos del presupuesto con la finalidad de reducir el tiempo de entrega final.

Este cronograma interno se irá modificando semanalmente en función al avance real de la obra y se verá reflejado en el Lookahead de 4 semanas⁴⁸.

⁴⁸ Ver numeral 3.3: Sistema Last Planner

La normal tecnológica empleada para estructuras fue la siguiente:

Descripción de partidas	Horario de obra											
	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
1 Encofrado de Fondo de Vigas y fondo de losa Colocación de Pre-losa Acero en losa Colocación de acero en placas y columnas						R						
						R						
						R						
						R						
2 Vaciado de losa					R							
					R							
3 Encofrado en placas y columnas Vaciado de placas y columnas Acero en Vigas colgadas						R						
						R						
						R						

Imagen 6-2: Normal tecnológica de estructuras (Elaboración propia).

Resultado de aplicación

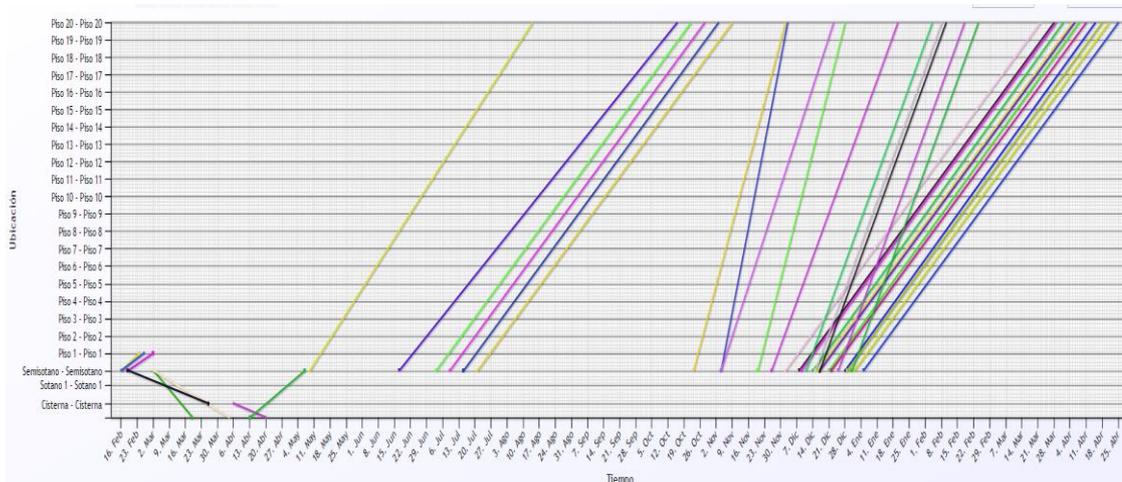


Imagen 6-3: LF del Cronograma Meta Inicial (Elaboración propia).

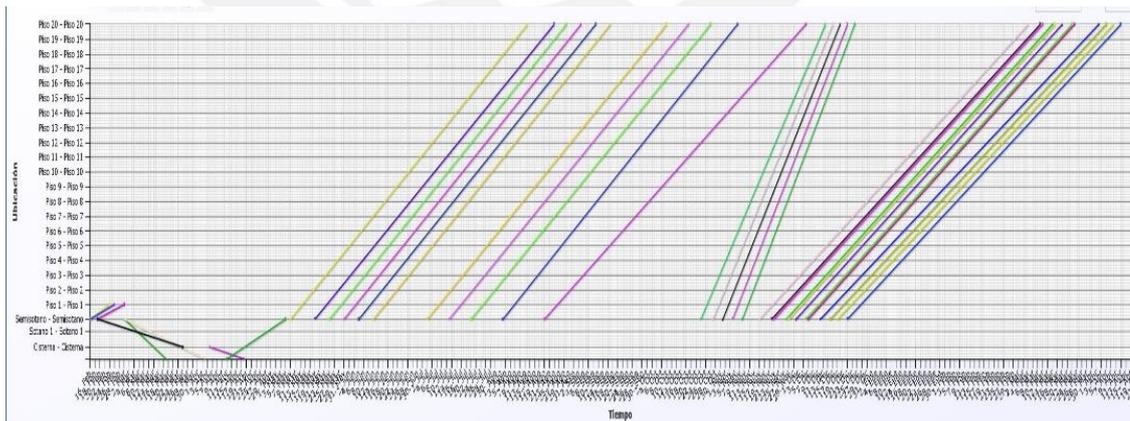


Imagen 6-4: LF del Cronograma Meta Inicial Replanteado (Elaboración propia).

En el Anexo N° 10, 11 y 12, se adjuntan archivos de importación de las LF inicial y las LF replanteada para su verificación.

Ver conclusiones en el Capítulo N° 9.

CAPÍTULO 7: Edificio Multifamiliar Condominio City – Valor Ganado

Descripción del caso de aplicación

La tesis pretende mediante este proyecto comprobar la implementación de metodología de control de costos mediante el valor ganado y el uso de las herramientas explicadas.

Se va a presentar el Resultado Operativo del mes de febrero del 2014, así mismo, se va a explicar detalles acerca de la lectura de los informes comparando estos con otros resultados operativos del mes de junio del 2013 y agosto del 2014.

Características generales del proyecto

Nombre de Proyecto : Condominio City

Cliente : Paz Centenario

Supervisión : JLV Consultores

Ubicación : Avenida Arequipa 1480, Ubr. Santa Beatriz, Cercado de Lima

El proyecto contempla la ejecución de un Edificio de 20 pisos y 02 sótanos el cual albergara 225 departamentos y 81 estacionamientos con un sistema de Placas de Concreto Armado y Losas Macizas.

Alcance

Monto Venta : S/. 24'548,445.13 (inc. utilidad)

Monto Meta : S/. 23'719,572.00 (inc. utilidad)

Tipo de contrato : Suma Alzada

Plazo de ejecución : 16 meses

Fecha de Inicio : 15 de abril del 2013

Fecha Fin : 11 de agosto del 2014

Cantidades Importantes

Concreto : 7,800 m³

Acero : 680 toneladas

Área techada : 21,435.85 m²

Estacionamientos : 81 unidades

Resultado de aplicación

INDICADORES	COD	feb-14
VALOR PLANEADO	VP	15,413,455
VALOR GANADO TOTAL	VGT	14,103,755
VALOR GANADO CLIENTE	VGc	13,268,968
PROVISIONES		
ACTIVACIONES DEL PRESUPUESTO	AP	834,788
COSTO REAL	CR	15,008,086

VARIACIÓN DE COSTO	VGT-CR	-904,330
VARIACIÓN DEL PROGRAMA	VG-VP	(2,144,487)

INDICE DE EFICIENCIA DEL COSTO	VGT/CR	0.94
INDICE DE EFICIENCIA DEL CRONOGRAMA	VGc/VP	0.86

UTILIDAD TEÓRICA ACUMULADA		513,399.83
----------------------------	--	------------

AVANCE EN COSTOS

AVANCE PLANEADO	64.98%
AVANCE VALORIZADO	56.53%

Imagen 7-1: Indicadores de gestión (Elaboración propia).

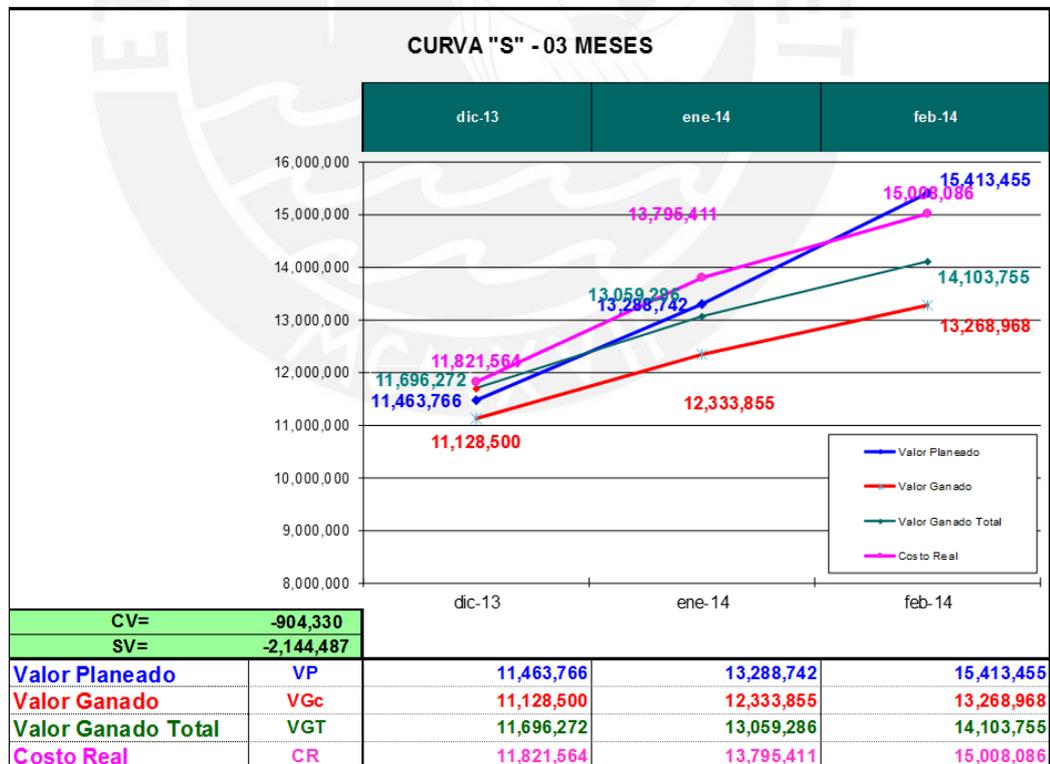


Imagen 7-2: Curva S de los tres últimos periodos desde la fecha de corte (Elaboración propia).

Ver conclusiones en el Capítulo N° 9.

CAPÍTULO 8: El Olivar I – Resultado Operativo

Proyectado

Descripción del caso de aplicación

La tesis pretende mediante este proyecto comprobar la implementación de metodología de control de costos mediante el ROP y el uso de las herramientas explicadas.

Se va a presentar el ROP del mes de octubre del 2015, los indicadores derivados del análisis y se va a comparar las conclusiones de dicho mes con los resultados reales y finales de obra.

Características generales del proyecto

Nombre de Proyecto : El Olivar I (primera etapa)

Cliente : Western Construction S.A.

Ubicación : Rural N° C.E:277044, C.N: 8687459, COD. PREDIO/ 8 - 2758685 - 02958, ubicado en el Sector Isleta – Predio Santa Teresa UC. 02958, distrito de Carabaylo

El proyecto contempla la ejecución de la primera etapa de un total de tres para el proyecto “El Olivar”. El mismo cuenta con edificios de 3 y 4 pisos los mismos que están distribuidos en 26 casas y 12 departamentos. Se trabajó con un sistema de Placas de Concreto Armado y Losas Macizas.

Alcance

Monto Venta : S/. 7'312,211.23 (no inc. utilidad)

Monto Meta : S/. 6'821,093.57 (no inc. utilidad)

Plazo de ejecución : 8 meses

Fecha de Inicio : 6 de julio del 2015

Fecha Fin : 5 de marzo del 2016

Cantidades Importantes

MATERIALES	Etapa I	%	ACUMULADO
Premezclado	S/. 681,561.47	26.66%	26.66%
Acero	S/. 415,522.17	16.25%	42.91%
PVC	S/. 206,618.07	8.08%	50.99%
Madera	S/. 198,907.49	7.78%	58.77%
Cables	S/. 139,764.49	5.47%	64.24%
Tablero	S/. 104,723.37	4.10%	68.33%
Ap. Sanitario	S/. 89,818.85	3.51%	71.85%
EPP	S/. 68,314.52	2.67%	74.52%
Polipropileno	S/. 61,952.81	2.42%	76.94%
cemento	S/. 60,451.41	2.36%	79.31%
Cerámica	S/. 58,390.06	2.28%	81.59%

Imagen 8-1: Materiales más incidentes (Elaboración propia).

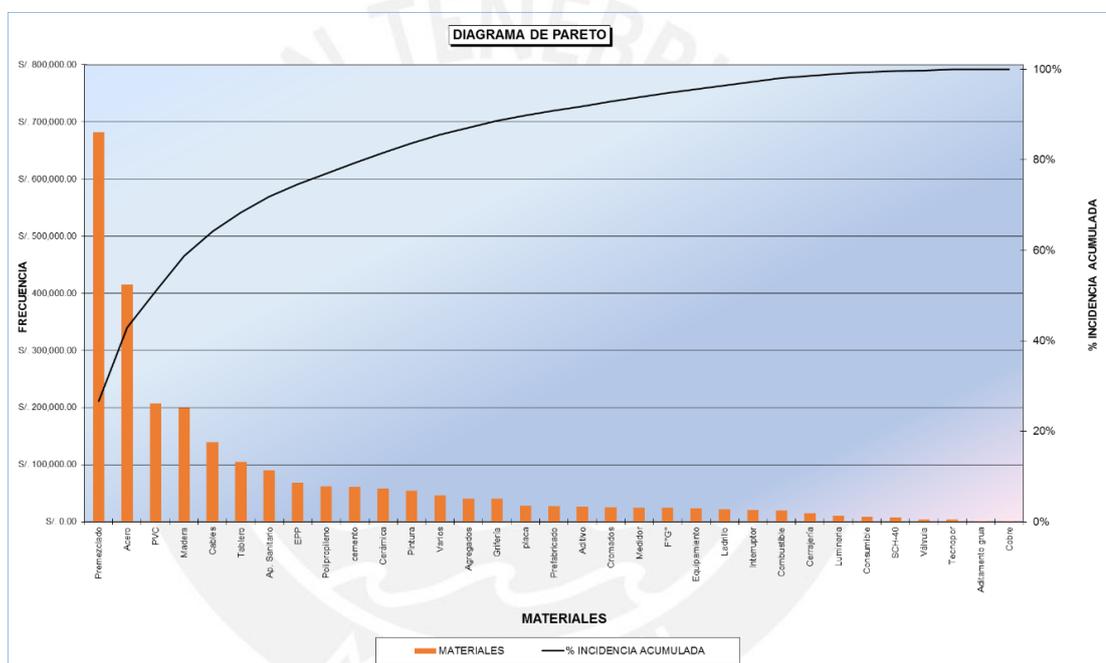


Imagen 8-2: Diagrama de Pareto del presupuesto venta (Elaboración propia).

Resultado de aplicación

	Monto Original	Costo Real	Margen
Presupuesto Venta	7,312,211	7,208,531	1.42%
Presupuesto Meta	6,821,093	6,717,412	1.52%
Margen Real Final de Obra	1.52%	103,681	respecto al presupuesto meta

Menu

PROYECCION RESULTADO ECONOMICO 2015
TOTAL OPERACIONES

ELABORADO POR JDT
MES DE INFORME 30-octubre-15
AÑO 2015
INICIO DE OBRA 06-jul-2015

OBRA
CLIENTE

El Olivar
Western Construction

CONCEPTO	ACUMULADO ANTERIOR	MES (ACTUAL)		ACUMULADO ACTUAL		PROYECCION 2015	TOTAL OBRA		
		PREVISTO	REAL	EJERCICIO A	DE OBRA		ACTUAL	ANTERIOR	ORIGINAL
		oct-15		oct-15	TOTAL				
VENTA	2,581,636	1,729,904	1,719,236	4,300,872	4,300,872	2,627,400	7,083,714	6,821,093	6,821,093
Venta Contractual	2,581,636	1,654,105	1,642,719	4,224,355	4,224,355	2,411,037	6,790,834	6,635,392	6,635,392
Venta de Adicionales	-	75,798	76,517	76,517	76,517	216,363	292,880	185,701	185,701
COSTO	2,423,865	1,819,539	1,750,632	4,174,497	4,174,497	2,616,530	6,955,072	7,269,687	7,269,687
Costo Materiales	539,039	455,218	449,564	988,604	988,604	418,710	1,452,408	1,930,725	1,930,725
Costo Mano Obra	440,276	361,256	408,140	848,416	848,416	357,586	1,215,832	1,057,557	1,057,557
Costo Subcontratos	1,089,624	873,383	763,220	1,852,844	1,852,844	1,555,409	3,477,934	3,553,048	3,553,048
Equipos y Vehiculos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Propios Obra	5,285	35,000	42,415	47,700	47,700	2,500	50,200	9,373	9,373
- Propios Grupo	17,010	7,000	7,000	24,010	24,010	7,000	31,010	48,010	48,010
- Terceros	9,404	1,645	1,876	11,280	11,280	6,000	17,280	16,154	16,154
Riesgos (daños, robos, reposiciones)	-	-	-	-	-	79,907	79,907	-	-
Otros Costos	57,858	8,759	14,487	72,345	72,345	17,009	89,353	122,451	122,451
Costo de Stock de Materiales			10,000	10,000	10,000	-	2,000	-	-
MARGEN PONDERADO	46,154	30,927	30,736	76,891	76,891	46,972	126,642	-448,594	-448,594
% MARGEN PONDERADO	1.79%	1.79%	1.79%	1.79%	1.79%	1.79%	1.79%	-6.58%	-6.58%
MARGEN DIRECTO	157,771	-89,636	-31,396	126,375	126,375	10,870	128,642	-448,594	-448,594
% MARGEN DIRECTO	6.11%	-5.18%	-1.83%	2.94%	2.94%	0.41%	1.82%	-6.58%	-6.58%
COSTO APLICADO				4,223,981	4,223,981	2,580,427			
RESULTADO PENDIENTE				-49,484	-49,484	36,103			
ACTIVOS TANGIBLES						12,685			
PROVISIONES TANGIBLES						9,835			
COSTO REAL					4,171,647				
MARGEN REAL DE OBRA					129,225				
% MARGEN REAL DE OBRA					3.00%				

ANÁLISIS DEL RESULTADO PENDIENTE

(A) RESULTADO PENDIENTE	-49,484
(B) ACTIVOS + PROVISIONES TANG	22,520
(C) ANÁLISIS DIF. DE MÁRGEN	2,321
(D) ANÁLISIS DE R.P. = B + C	24,841
CONTINGENCIA = -A + D	74,325
% CONTINGENCIA	1.73%

Imagen 8-3: ROP del mes de octubre del 2015 (Elaboración propia).

PROYECCIÓN RESULTADO ECONÓMICO 2015

ELABORADO POR JDJ

Menu

TOTAL FASE 3: ESTRUCTURA (3)

MES DE INFORME 30-octubre-15

OBRA El Olivar
CLIENTE Western Construction

AÑO 2015
INICIO DE OBRA 06-jul-2015

CONCEPTO	ACUMULADO ANTERIOR	MES (ACTUAL)		ACUMULADO ACTUAL		PROYECCIÓN					TOTAL OBRA		
		PREVISTO	REAL	EJERCICIO A	DE OBRA	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	PROYECTADO	ACTUAL	ANTERIOR	ORIGINAL
		oct-15		oct-15	TOTAL	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	2015			
VENTA	719,854	647,496	602,854	1,322,708	1,322,708	78,479	-	-	-	78,479	1,401,187	1,594,151	1,594,151
Venta Contractual	719,854	647,496	602,854	1,322,708	1,322,708	78,479	-	-	-	78,479	1,401,187	1,594,151	1,594,151
Venta de Adicionales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTO	685,500	673,337	620,413	1,305,913	1,305,913	88,613	-	-	-	88,613	1,394,526	1,659,693	1,659,693
Costo Materiales	321,741	324,667	321,883	643,624	643,624	16,406	-	-	-	16,406	660,030	953,734	953,734
Costo Mano Obra	268,245	162,337	145,390	413,635	413,635	6,463	-	-	-	6,463	420,098	503,381	503,381
Costo Subcontratos	95,514	186,333	153,141	248,655	248,655	30,744	-	-	-	30,744	279,399	202,579	202,579
Equipos y Vehiculos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Propios Obra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Propios Grupo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Terceros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Staff	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Riesgos (daños, robos, reposic)	-	-	-	-	-	35,000	-	-	-	35,000	35,000	-	-
Otros Costos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo de Stock de Materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MARGEN PREVISTO	3,422	3,078	2,866	6,287	6,287	373	-	-	-	373	6,660	-65,541	-65,541
% MARGEN PREVISTO	0.48%	0.48%	0.48%	0.48%	0.48%	0.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.48%	0.48%	-4.11%	-4.11%
MARGEN DIRECTO	34,354	-25,841	-17,559	16,795	16,795	-10,135	-	-	-	-10,135	6,660	-65,541	-65,541
% MARGEN DIRECTO	4.77%	-3.99%	-2.91%	1.27%	1.27%	-12.91%	0.00%	0.00%	0.00%	-12.91%	0.48%	-4.11%	-4.11%
COSTO APLICADO	-	-	-	1,316,421	1,316,421	78,105	-	-	-	78,105	-	-	-
RESULTADO PENDIENTE	-	-	-	-10,508	-10,508	10,508	-	-	-	10,508	-	-	-
ACTIVOS TANGIBLES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PROVISIONES TANGIBLES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTO REAL	-	-	-	1,305,913	1,305,913	-	-	-	-	-	-	-	-
MARGEN REAL DE LA FASE	-	-	-	16,795	16,795	6,287	-	-	-	-	-	-	-
% MARGEN REAL DE FASE	-	-	-	1.27%	1.27%	0.48%	-	-	-	-	-	-	-

Imagen 8-4: ROP de la Fase 3 - Estructuras (Elaboración propia).

PROYECCIÓN RESULTADO ECONÓMICO 2015

ELABORADO POR JDJ

Menu

TOTAL FASE 4: ARQUITECTURA (4)

MES DE INFORME 30-octubre-15

OBRA El Olivar
CLIENTE Western Construction

AÑO 2015
INICIO DE OBRA 06-jul-2015

CONCEPTO	ACUMULADO ANTERIOR	MES (ACTUAL)		ACUMULADO ACTUAL		PROYECCIÓN					TOTAL OBRA		
		PREVISTO	REAL	EJERCICIO A	DE OBRA	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	PROYECTADO	ACTUAL	ANTERIOR	ORIGINAL
		oct-15		oct-15	TOTAL	nov-15	dic-15	ene-16	feb-16	2015			
VENTA	103,311	485,587	474,849	578,160	578,160	1,012,209	529,523	74,605	-	1,541,732	2,194,497	2,266,252	2,266,252
Venta Contractual	103,311	409,788	398,332	501,643	501,643	892,224	433,146	74,605	-	1,325,370	1,901,617	2,266,252	2,266,252
Venta de Adicionales	-	75,798	76,517	76,517	76,517	119,986	96,377	-	-	216,363	292,880	-	-
COSTO	94,058	389,307	458,780	552,838	552,838	1,053,111	462,454	83,040	-	1,515,565	2,151,443	2,423,580	2,423,580
Costo Materiales	12,374	65,664	63,126	75,499	75,499	176,267	141,014	35,253	-	317,281	428,034	555,589	555,589
Costo Mano Obra	81,684	121,647	193,474	275,158	275,158	173,096	38,484	6,791	-	211,580	493,530	387,934	387,934
Costo Subcontratos	-	201,996	202,180	202,180	202,180	658,841	282,956	40,995	-	941,797	1,184,972	1,480,057	1,480,057
Equipos y Vehiculos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Propios Obra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Propios Grupo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Terceros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Staff	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Riesgos (daños, robos, reposic)	-	-	-	-	-	44,907	-	-	-	44,907	44,907	-	-
Otros Costos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo de Stock de Materiales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MARGEN PREVISTO	2,027	9,527	9,316	11,343	11,343	19,859	10,389	1,464	-	30,248	43,054	-157,328	-157,328
% MARGEN PREVISTO	1.96%	1.96%	1.96%	1.96%	1.96%	1.96%	1.96%	1.96%	0.00%	1.96%	1.96%	-6.94%	-6.94%
MARGEN DIRECTO	9,253	96,280	16,069	25,322	25,322	-40,902	67,069	-8,435	-	26,167	43,054	-157,328	-157,328
% MARGEN DIRECTO	8.96%	19.83%	3.38%	4.38%	4.38%	-4.04%	12.67%	-11.31%	0.00%	1.70%	1.96%	-6.94%	-6.94%
COSTO APLICADO	-	-	-	566,817	566,817	992,351	519,134	73,141	-	1,511,485	-	-	-
RESULTADO PENDIENTE	-	-	-	-13,979	-13,979	60,760	-56,680	9,898	-	4,081	-	-	-
ACTIVOS TANGIBLES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PROVISIONES TANGIBLES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTO REAL	-	-	-	552,838	552,838	-	-	-	-	-	-	-	-
MARGEN REAL DE LA FASE	-	-	-	25,322	25,322	11,343	-	-	-	-	-	-	-
% MARGEN REAL DE FASE	-	-	-	4.38%	4.38%	1.96%	-	-	-	-	-	-	-

Imagen 8-5: ROP de la Fase 4 - Arquitectura (Elaboración propia).

En el anexo N° 14 se presenta el ROP completo del mes de octubre del 2015.

Ver conclusiones en el Capítulo N° 9.

RESULTADOS

CAPÍTULO 9: Conclusiones, comentarios y recomendaciones

Conclusiones generales

- La programación es solo un plan que tiene dos metas principales: el control del tiempo y de costos.
- Es conveniente invertir en aspectos cognitivos que permitan al personal existente mejorar destrezas en la elaboración y/o utilización de herramientas innovadoras; así mismo, que el proceso de selección de personal promueva y enfatice en estas habilidades, resultando de esta manera en una reducción importante de procesos no productivos en las distintas labores del personal.
- Muchas empresas pretenden funcionar con un sistema de gestión “adaptado” de otra empresa, sin embargo, la recomendación es que si una empresa inicia actividades deben usar un sistema de gestión de otra empresa sólo como referencia para ordenar sus procesos y evitar que no se escapen detalles operativos; sin embargo, esta misma empresa deberá definir sus propios procesos de acuerdo su planeamiento estratégico.
- Se deja como tema de desarrollo la creación de bitácoras que incluyan estudios de trabajo de las tareas más incidentes del proyecto con la finalidad de optimizar su flujo de procesos. En otras palabras, definir una metodología para el control de procesos a nivel micro.

Conclusiones en relación a la Gestión del tiempo

- La potencialidad de las Líneas de Flujo es su visualización, enfocándose principalmente en los ritmos de trabajo, los posibles cruces de actividades en la misma ubicación, variabilidad de ritmos y volúmenes de trabajo para el control. En proyectos de edificación, este último empieza a ser relevante cuando terminan los trabajos de la fase de *estructuras*.
- Es necesario contar con un software de visualización de LF para poder tomar decisiones más rápidas y acertadas durante el planeamiento inicial de una obra.

De tal forma de converger en un cronograma meta más elaborado y provechoso para el desempeño de la obra.

- El LPS es la herramienta de control más usada, más práctica, versátil y eficaz que se usa para control los proyectos de construcción. Esta se ve repotenciada con el análisis de programaciones a través de las LF.
- Se recomienda que, al iniciar a utilizar la herramienta, la estructura de descomposición de la ubicación (LBS) sea igual para todas las tareas⁴⁹, de esta forma facilita su implementación. Con el tiempo se adquiere destreza y con mayores recursos puede realizarse un control más detallado.
- Involucrar a todos los agentes en la planificación, permite que, de alguna forma, estén enterados de las responsabilidades de los otros y consecuentemente se detecten restricciones entre trabajos. Las Líneas de Flujo pueden advertir estas futuras restricciones al visualizar el cruce de tareas.
- La herramienta propuesta no permite diseñar los tipos de conexión entre las tareas, es decir, no existe una opción para definir las relaciones de precedencia entre tareas. Estas tienen que identificarse visualmente y manipularse en el programa. Así mismo, no permite obtener un detalle de la cantidad de recursos por cada tarea, se deja como material para desarrollo el generar una plantilla Excel que permita recalcular los recursos para los cambios derivados del análisis de las líneas de flujo en el programa, es decir, una plantilla que al exportar el cronograma optimizado pueda recalcularse automáticamente las cuadrillas por cada tarea.
- Se deja como material de desarrollo informático la inclusión de las relaciones de precedencia en el programa de líneas de flujo teniendo en cuenta sus limitaciones y/o desventajas (Brioso, Humero, & Calampa, Comparing Point-to-point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A housing project of highly repetitive processes case study, 2016).
- Respecto al flujo de trabajo, la CCM amortiza con buffers su variación, el LPS trata de optimizarlo a través del tren de actividades, el PERT/CPM encadena las tareas con dependencias y LF introduce la ubicación en el proceso.

⁴⁹ La imagen 4-5 muestra que el LBS puede ser distinto para cada tarea.

- Existen tareas que pueden cruzarse con otras dentro del gráfico de Líneas de Flujo, por ejemplo, es el caso del tarrajeo de fachadas. Sin embargo, esto no quiere decir que no sea realizables.
- La gestión de casusas de incumplimiento asociados a la metodología del Sistema Last Planner (LPS) continúa siendo una herramienta potencial que contribuye a la proyección de información tanto de costos como de la programación.
- Se deja como tema de investigación relacionar los efectos de realizar un WBS basado en la metodología de Uniformat II con las Líneas de Flujo.

Obra “Oficinas Empresariales Génova”

- El tren de actividades meta inicial muestra que, para la etapa de estructuras, las velocidades de trabajo obedecen a la normal tecnológica. Así mismo, El buffer entre estructuras y el inicio de acabados es de 39 días. Al detectar ello, se decidió reducir dicho buffer de tiempo e iniciar con el trabajo de “Seguridad y limpieza de pisos” antes. En consecuencia, las otras tareas se reprogramaron también para que iniciarían trabajos antes.

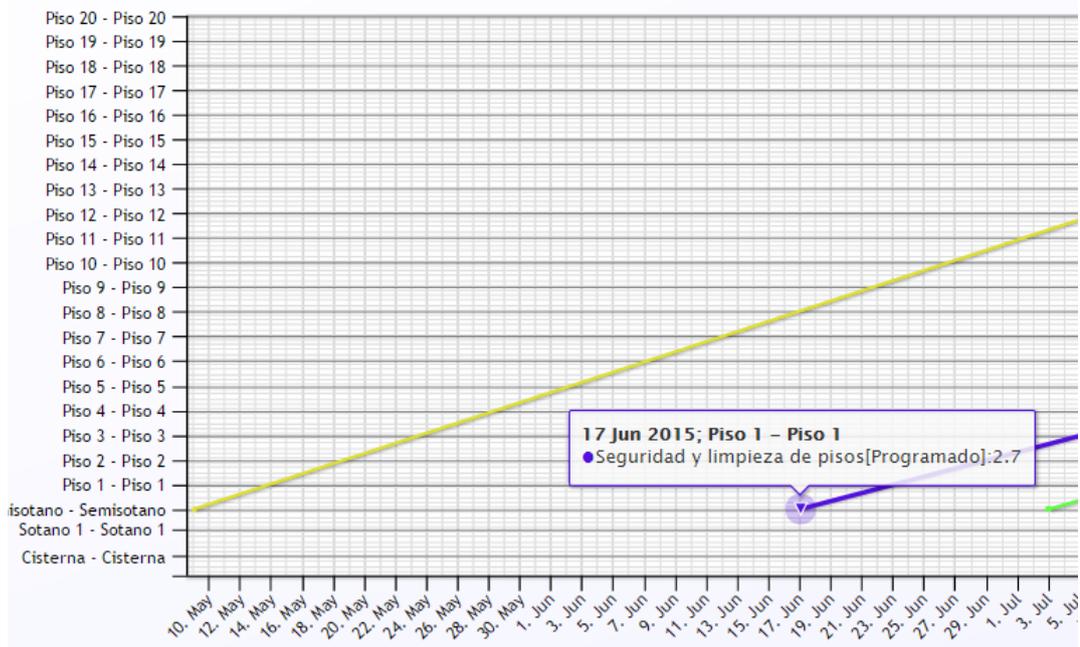


Imagen 7-1: Buffer de tiempo entre Estructuras y Acabados en Torre – inicial (Elaboración propia).



Imagen 7-2: Buffer de tiempo reducido entre Estructuras y Acabados (Elaboración propia).

- Así mismo, para las tareas de acabados exteriores, estos contaban con buffers mayores a 11 días. Estos buffers se redujeron y posteriormente se igualaron las velocidades de las partidas de “Secado de tarrajeo de fachada” y “Pintura de fachada” a la velocidad de producción de la tarea “Tarrajeo de fachada”:

Acabado-externo Dptos.
Tarrajeo de fachada
colocación de marcos de aluminio ventanas y mamparas
secado de tarrajeo de fachada
Pintura en Fachada

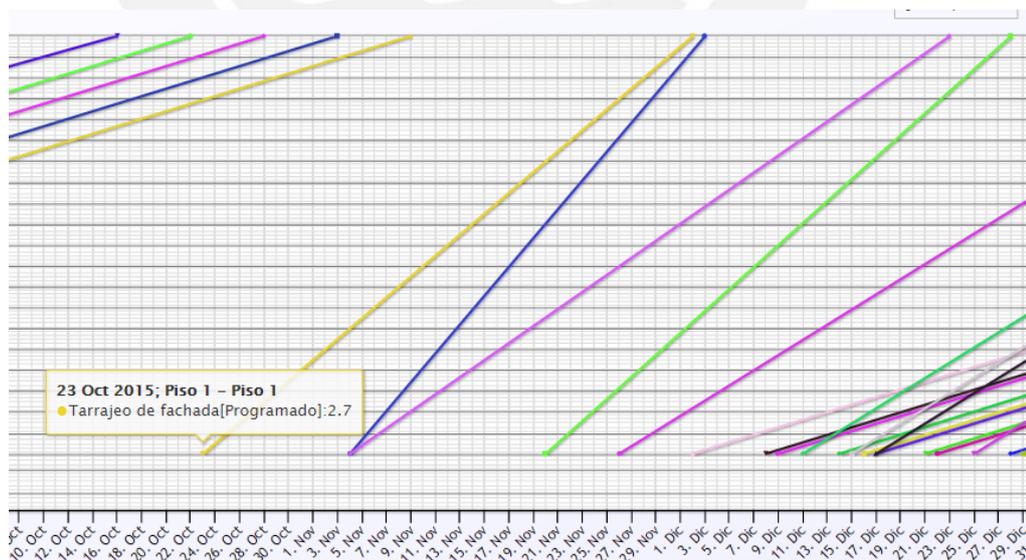


Imagen 7-3: Tareas de acabados exteriores – inicial (Elaboración propia).

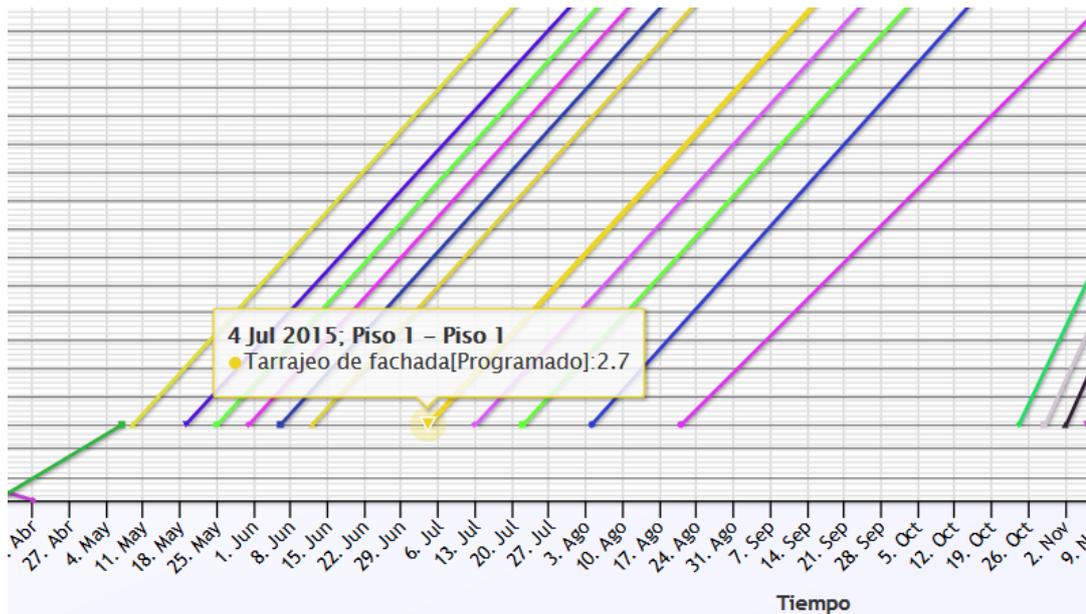


Imagen 7-4: Tareas de acabados exteriores – replanteado (Elaboración propia).

- Las líneas que se cruzan en el gráfico corresponden a trabajos en el cielorraso. Para evitar posibles conflictos de varios trabajos en una sola ubicación, se redujeron sus velocidades y se igualaron a las velocidades de los acabados como los son las puertas, piso laminado, contra zócalo, entre otras.

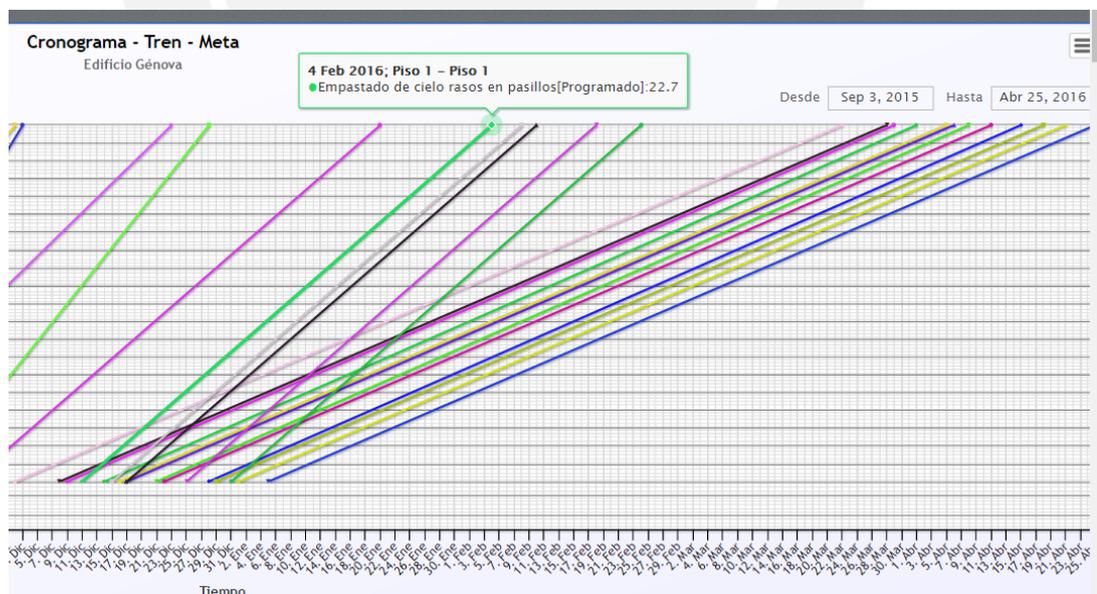


Imagen 7-5: Tareas de acabados exteriores – inicial (Elaboración propia).

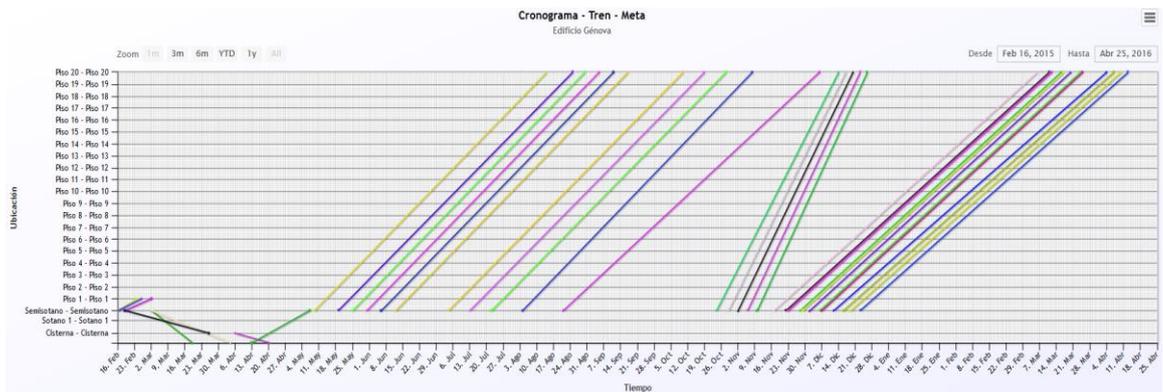


Imagen 7-6: Tareas de acabados exteriores – replanteado (Elaboración propia).

- Finalmente, lo que se realizó fue igualar velocidades de producción al igualar las pendientes de las tareas, redistribuir los buffers de tiempo, reduciéndolo en algunas tareas e incrementándolos en las tareas de acabados que son las más riesgosas y, por último, resultó un nuevo cronograma meta con un plazo menor al cronograma inicial en 12 días calendarios.

Conclusiones en relación a la Gestión de Costos

- En relación a incluir la Estructura de Descomposición de la Ubicación (LBS) en los costos, en proyecto de edificaciones de viviendas, recomiendo iniciar con un LBS que tenga como último nivel a los pisos. Posteriormente o en el proyecto siguiente, podría considerarse como último nivel de desglose a los departamentos, sin embargo, se recomienda contratar un practicante para que una de sus principales funciones sea velar por el cumplimiento del control por ubicación.
- Los resultados de la gestión de costos nos permiten conocer el estado de la obra, proyectar los resultados económicos, identificar partidas críticas, detectar retrasos, entre otras; sin embargo, la gestión tradicional de costos no analiza los impactos por ubicación debido a que asume que su control es poco trascendental en la toma de decisiones. No obstante, dicha afirmación dependerá de la necesidad de la gerencia. Por ejemplo, para las inmobiliarias es importante conocer el costo por departamento.

Uno de los objetivos de la contabilidad de costos es determinar el costo por artículo para determinar su verdadero precio de venta, una tarea engorrosa para el área de contabilidad ya que será necesario crear un centro de costo por cada departamento y direccionar costos estimados a cada departamento ya que las facturas no están “faseadas”.

Por lo tanto, el control por ubicación ayuda a determinar el costo por artículo, cumpliendo de esta forma con uno de los objetivos de la contabilidad de costos, reduciendo la carga de trabajo al área de contabilidad y obteniendo información más confiable. Cabe resaltar que existen otras ventajas del faseado por ubicación y están listadas en el numeral 5.4.2 del Capítulo 5.

- La técnica del Valor Ganado va acorde al triángulo de hierro por que integra costo, tiempo y alcance. Es una buena herramienta para determinar el estado actual de la obra, sin embargo, no es adecuada para proyectar los resultados.
- El margen previsto y margen ponderado son indicadores de proyección del resultado final de la obra, sea por fases o a nivel global. Sin embargo, la certeza o confiabilidad de estas debe ser analizada sesudamente por el *Análisis del Resultado Pendiente* y por la desviación estándar del histórico de márgenes ponderado.
- El resultado operativo, ya sea el RO o el ROP, es un resultado de ingresos y egresos consumidos y por consumir, entonces, las fechas consideradas para dichos consumos serán las fechas en las que realmente se ejecutó el consumo más no la facturación y/o el pago, por lo tanto, no es factible determinar indicadores financieros como la TIR y el VPN ya que no se trata de un flujo de caja económico-financiero.
- Las metodologías desarrolladas presentan controles y estimaciones a nivel de partidas de control. Se deja como tema de investigación desarrollar controles a nivel micro a través de herramientas que controlen la productividad de partidas del presupuesto que resulten en mejoras en los precios unitarios.

Obra “El Olivar I”

- El margen ponderado del mes de evaluación es de 1.79%. Cuando finalizó la obra, se tuvo un margen de 1.52% respecto al presupuesto meta original. Esto quiere decir, que para el mes de octubre del 2015 se tuvo una buena proyección del resultado final. En consecuencia, se aplicó la metodología y se pudo realizar una buena estimación del resultado.
- El margen real total del mes de evaluación fue de 3%. En dicho mes, todas las fases tuvieron márgenes reales positivos que oscilaban entre 1.02% y 6.71%.

- Todas las fases tuvieron márgenes positivos en el mes de evaluación, esto anticipó que en el próximo mes se contaría con liquidez y se podría costear los adelantos a los subcontratos y un incremento en el ritmo de trabajo para los acabados secos.
- El análisis de márgenes permitió ajustar la proyección de costos de la fase 4. La modificación de dicha proyección se dio gracias al acuerdo comercial con el proveedor de asfalto bajo la condición de generar una orden de compra en otro proyecto.
- Para la fase de estructuras se consideró un riesgo de 35,000 soles por daño del encofrado. El mismo que se llegó a tangibilizarse al final de obra.
- Para la fase de arquitectura se consideró un riesgo de 36,000 soles por los robos que se estaban suscitando, daños de materiales y error en el metrado. De los cuales sólo se llegó a tangibilizar el riesgo por error de metrado que correspondía a los pasos de madera en las escaleras de los departamentos dúplex.
- La contingencia resultó positiva, por lo que podría haberse incrementado el margen ponderado, aumentando costos o ajustando el presupuesto meta, pero no se realizó porque se pretendía utilizar como un buffer de costo ante cualquier eventualidad y no generar expectativas muy alentadoras a la gerencia.
- Para intervalo de julio a octubre del 2015, se tuvo una desviación estándar acumulada del margen ponderado ($\sigma_{M.P}$) del 0.48% con un margen real de 3.0% en el mes de noviembre. Esto quiere decir, las proyecciones del M.P. han tenido poca variabilidad. En consecuencia, podría inferirse que la confiabilidad de sus proyecciones es buena.

Obra “Condominio City”

- El análisis del valor ganado para el mes de febrero del 2014, alertaba que el desempeño económico estaba por debajo de lo esperado, indicando un 0.94 como índice de eficiencia del costo. Así mismo, el margen ponderado pronosticado en dicho mes era de -3.35%. En base a estos indicadores, se plantearon las siguientes estrategias:
 - Reducir pérdidas controlando a detalle las partidas de tarrajeo y enchapes.
 - Colocar una torre elevadora lo más pronto posible.

- Restructurar la programación para cumplir los trabajos contractuales y adicionales en la misma fecha del hito contractual. Con ello se buscaría que los gastos generales cobrados por la ampliación plazo mejoren el margen final de la obra.
- Lograr la aprobación de todos los adicionales presentados a la fecha.
- Controlar el abandono de obra por parte del personal obrero.

A pesar de las medidas adoptadas no se pudo lograr reducir el margen ponderado pronosticado. En conclusión, la metodología de control de costos alertó al equipo de obra de un posible resultado desfavorable, para ello se tomaron acciones preventivas que pudieron haber resultado, pero por motivos de confidencialidad no podría explicar las razones.

Comentarios sobre las herramientas

- Debido a la variabilidad de los proyectos de construcción, existirán procesos inusuales y/o nuevos que requerirán nuevas herramientas de control, por tal motivo, la importancia de que los profesionales estén en la capacidad de crear herramientas de control temporales. Así mismo, esto contribuye a las buenas prácticas reconocidas y su difusión motivará al personal en general.
- Las herramientas como tal siempre funcionarán como un medio; la potencialidad o diferencias entre unas y otras radica en la eficiencia ya que todas han sido diseñadas para lograr un objetivo en particular.
- En todo procedimiento de trabajo en gabinete, realizado para elaborar diagnósticos, existirán actividades que tienen que ser repetidas y/o creadas como nexos para lograr el objetivo, por ejemplo, copiar una tabla de un archivo a otro, generar fórmulas, actualizar datos, entre otros.
- Así mismo, en el hipotético caso de contar con una computadora que piense en lugar del analista y realice su trabajo, aparte de realizarlo en poco tiempo, hará que los profesionales escaseen de conocimiento convirtiéndose en meros espectadores y a largo plazo se olviden de cuáles fueron las razones y el procedimiento que dio lugar a dicha herramienta.
- Bajo ambos conceptos, las herramientas integradas que proponen menores procesos y sin dejar de lado el aprendizaje continuo, serán las más eficientes ya que conllevarán beneficios como:

- Ahorrar en horas hombre de profesionales en dichas gestiones.
- Proporcionar mayor tiempo a los analistas para que puedan enfocarse en acciones preventivas en lugar de acciones correctivas.
- Genera mayor confort en el personal staff ya que se emplea menos tiempo en procesar la información para los reportes y le permite invertir mayor tiempo en estrategias, ya sean para el mejorar los procesos, detectar riesgos, controlar a un mayor nivel de detalle, entre otras ventajas.
- Reducir los tiempos de trabajos no productivos y la posibilidad de error.
- Agregar valor a la gestión del proyecto y satisfacer al cliente.
- Posibilidad de integrar las herramientas en una plataforma virtual y a tiempo real.

Comentarios sobre los sistemas

- ¿Por qué en obras que cuentan con un número de personal reducido en el staff no tienen suficiente tiempo para generar informes de lecciones aprendidas, de productividad de obra, de mejora tecnológica en los procesos, de control continuo de procesos a nivel de detalle (cartas balance, niveles generales de actividad, encuestas de detención, entre otras), de información estadística, etcétera?

Muchas de las empresas que realizan este tipo de buenas prácticas son medianas o grandes, y en casos excepcionales son pequeñas. La razón principal es porque existen procedimientos de gestión -como la gestión de producción mencionada en la presente tesis- que resultan más importantes para la gestión del proyecto. Así mismo, la razón detrás de ello, es porque es usual analizar primeramente el escenario macro para luego profundizar en los detalles, es decir, no se pretende controlar a nivel de detalle si no se puede hacerlo a nivel general en primera instancia. Cabe resaltar que esta última razón es la lógica bajo la cual se crean las partidas de control.

- Es común que empresas que no cuentan con un sistema de gestión, adquieran un ERP para salvar esta necesidad. En el supuesto que la adquisición de un ERP sea económicamente viable para la mayoría de empresas pequeñas y

medianas de nuestro país, éstos ERP no cuentan con módulos informativos efectivos para el control de costos y/o de producción de acuerdo a los niveles requeridos en el mercado actual, por lo tanto, recurren a software más flexibles como lo es el Microsoft Excel. Si bien, la economía es un limitante para adquirir estos módulos o incluso el ERP, la inversión en conocimiento y la mejora de habilidades siempre es una inversión en el capital humano con un buen retorno. En otras palabras, invertir en el personal para que diseñen sus propias herramientas y que estas estén en la capacidad de ser integradas. Por lo tanto, un punto a considerar como investigación en relación al sistema integrado de gestión de construcción (SIGC) es que todas las herramientas diseñadas tengan la facilidad de ser consultadas y/o que éstas realicen consultas al servidor general de la empresa en tiempo real e independientemente de la ubicación, para que de esta forma la empresa vaya adquiriendo un “estilo” de trabajo que en un futuro se verá reflejado en un ERP propio. Ésta afirmación es recomendable para empresas de pequeño y mediano capital.

- Los sistemas de gestión no son estáticos por lo que su elaboración debe ser práctica, audiovisual y fácilmente modificable.
- Se deja como tema a seguir investigando el definir los parámetros que involucran la elaboración de un sistema ERP idóneo en una empresa.
- El sistema de gestión de costos de proyectos de construcción puede basarse en los siguientes procesos: la estimación, el seguimiento, el control y la retroalimentación. Se deja como tema de investigación proponer una metodología de estimación de costos ya sea paramétrica o por redes neuronales.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballard, H. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. Birmingham, Inglaterra: The University of Birmingham.
- Brioso, X., Humero, A., & Calampa, S. (2016). Comparing Point-to-point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A housing project of highly repetitive processes case study. *Procedia Engineering*, 164 (12–19).
- Brioso, X., Murguia, D., & Urbina, A. (2017). Teaching Talk-Time, Flowline and Point-to-Point Precedence Relations: A Peruvian case study. *Procedia Engineering*, 9.
- Calampa Vega, S. (2014). *Aplicación de la Línea de Balance en el sistema Last Planner en proyectos de edificaciones*. Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- Castillo, V. G. (2001). *Productividad en Obras de Construcción: Diagnóstico, Crítica y Propuesta*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Constructura Aesa. (2013). *Procedimiento de elaboración de las metodologías de costo de Constructora Aesa*. Lima: Constructora Aesa.
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, Productividad y Competitividad: La Salida de la Crisis*. Madrid: Cambridge University Press.
- Esterkin, J. (2007, 06 13). *Mejores Proyectos*. Retrieved from <https://iaap.wordpress.com/2007/06/13/%C2%BFque-cosas-no-tiene-un-wbs/>
- Goldratt, E. (2001). *Cadena Crítica*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Díaz Santos.
- Gonzales, V., & Alarcon, L. F. (2003). Buffers de programación: Una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 1-15. Retrieved from <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/viewFile/242/pdf>
- Graña y Montero. (2008). *Elaboración de tren de actividades*. Lima: GyM.
- Hajdu, M. (2015). Point-to-point versus traditional precedence relations for modeling activity overlapping. *Procedia Engineering* , 123 (208 – 215).

- Kenley, R., & Seppänen, O. (2010). *Location-Based Management For Construction - Planning, scheduling and control*. Abingdon, Inglaterra: Spon Press.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. California: Stanford University.
- Loria, J. (2011). *Programación de Obras con la Técnica de la Línea de Balance*. México.
- Lumsden, P. (1968). *The line-of-balance method*. London: Pergamon Press Limited: Industrial Training Division.
- Machicao, J. (20, Octubre 2008). *Youtube: Valor Ganado*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=yOBszUxIIW0>
- Miklos, H. (2015, 6 8). One relation to rule them all: the point-to-point precedence relation that substitutes the existing ones. *Construction Specialty Conference 5e International*, 11.
- Nieto, A. (2009). *Estrategias para la implementación del sistema de gestión Last Planner*. Cartagena: XII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.
- Orihuela, P., & Estebes, D. (2013). *Aplicación del método de la línea de balance a la planificación maestra*. Cancún, México: Encuentro Latino Americano de Gestión y Economía de la Construcción.
- Orihuela, P., & Ulloa, K. (2011). *La planificación de las obras y el sistema last planner*. Lima: Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral, Boletín N° 12.
- PMI. (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. Philadelphia: PMI.
- Polimeni, R., Fabozzi, F., & Adelberg, A. (1997). *Contabilidad de Costos: Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Raghavan, S. (2013). *Line of Balance- A Contractor Friendly Scheduling Technique*. India: Indian Journal of Applied Research.
- Real Academia Española. (2016, 01 15). *Real Academia Español*. Retrieved from <http://www.rae.es/>

Render, B. (2009). *Principios de la administración de operaciones*. México: Person Educación.

Schwarz, M. (17, Febrero 2016). *Blog de Max Schwarz*. Retrieved from http://max-schwarz.blogspot.pe/2016_02_01_archive.html

Unidad Editorial Información General S.L.U. (n.d.). *El mundo*. Retrieved 01 15, 2016, from <http://www.elmundo.es/diccionarios/>

Vico Software Trimble. (2010, 12 12). *Vico Software*. Retrieved from <http://www.vicosoftware.com/products/4d-bim-software-scheduling>

