

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



TESIS:

**“MODELO DE GESTIÓN DE UN PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 kV
PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD”**

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA CON MENCIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
ELECTROMECAÓNICOS**

ELABORADO POR:

RISTER YULIO ROMAN VALER

ASESOR:

MSc. SEGUNDO WILMER GOMEZ SALAS

LIMA – PERÚ

2025

Dedicado:

A mis padres Jorge Román y María Valer por su amor, por su dedicación, y por ser un gran ejemplo para toda su familia.

El Autor

Agradecimientos

Se agradece a las empresas donde pude desarrollar su investigación.

Se agradece también a la UNI, a Carelec, y a mi asesor, sin los cuales el desarrollo y presentación de esta tesis no hubiera sido posible.

El Autor

Índice de Contenido

Resumen	XIV
Abstract	XV
Introducción.....	xvi
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.1 Antecedentes de la investigación	1
1.2 Identificación y descripción del problema.....	4
1.3 Formulación del Problema.....	8
1.3.1 Problema principal.....	8
1.3.2 Problemas secundarios	8
CAPITULO II: OBJETIVOS, HIPÓTESIS, VARIABLES E INDICADORES.....	10
2.1 Objetivos	10
2.1.1 Objetivo General:.....	10
2.1.2 Objetivos Específicos:	10
2.2 Hipótesis.....	11
2.2.1 Hipótesis General	11
2.2.2 Hipótesis Específicas:	11
2.3 Variables e Indicadores	12
2.3.1 Variables	12
2.3.2 Indicadores	12
2.3.3 Eventos de estudio	12

2.4 Limitaciones y alcances	15
2.4.1 Alcances	15
2.4.2 Limitaciones	15
CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	16
3.1 Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación.....	16
3.1.1 Tipo y Nivel de Investigación.....	16
3.1.2 Diseño de Investigación:	16
3.2 Unidad de análisis.....	16
3.3 Población y Muestra	17
3.4 Técnicas de recolección de datos	17
3.5 Análisis, procesamiento e interpretación de datos.....	18
CAPITULO IV: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	19
4.1 PMBOK 6ta edición.....	19
4.1.1 Guía del PMBOK	19
4.1.2 Grupos de procesos	19
4.1.3 Áreas de conocimiento	20
4.1.4 EDT: Estructura de desglose de trabajo.	23
4.1.5 Lista de actividades	24
4.1.6 Línea base del cronograma.....	26
4.1.7 Presupuesto.....	27
4.1.8 Valor Ganado.....	28
4.1.9 Diagrama causa-efecto	30

4.1.10 Organigrama	31
4.1.11 Modelo de Comunicación	32
4.2 Lean Construction	32
4.2.1 Mapeo de flujo de Valor – Value Stream Map (VSM).....	33
4.2.2 Análisis de Desperdicio	33
4.2.3 Takt time	34
4.2.4 Balanceo de líneas de trabajo.....	34
4.2.5 Last planner System (LPS)	34
4.3 Objetivos y resultados Clave (OKR).....	36
4.4 Conceptos clave.....	37
4.4.1 Rendimiento de mano de obra	37
4.4.2 Productividad	37
4.4.3 Línea de transmisión eléctrica de 60 kV	37
4.4.4 Reuniones.....	38
4.4.5 Recursos.....	39
4.4.6 Modelo	40
CAPITULO V: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	42
5.1 Introducción.....	42
5.2 Analizar tres metodologías de gestión existentes relacionadas a la gestión de la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.....	43

5.2.1 Herramientas y técnicas propuestas por el PMI relacionadas a la gestión de la productividad.....	43
5.2.2 Herramientas y técnicas propuestas por el Lean Construction relacionadas a la gestión de la productividad	44
5.2.3 Conceptos de objetivos y resultados clave (OKR) aplicados a un proyecto de construcción de una LT 60 kV	48
5.2.4 Resumen de herramientas propuestas	53
5.3 Analizar los métodos de gestión de productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV	55
5.4 Analizar los factores que afectan la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV	58
5.4.1 Experiencia, conocimiento y habilidades del líder del proyecto	58
5.4.2 Ingeniería	58
5.4.3 Adelantos de Obra.....	58
5.4.4 Recursos.....	59
5.4.5 Personal con experiencia y capacitado	59
5.4.6 Liberación del área de terreno	59
5.4.7 Documentación de seguridad y permisos.....	59
5.4.8 Sindicatos	59
5.4.9 Planificación de los trabajos.....	60
5.4.10 Calidad y Seguridad en el trabajo	60
5.4.11 Ambiente laboral.....	60
5.4.12 Análisis de las restricciones	61

5.4.13 Los interesados del proyecto	61
5.5 Elaborar una lista de herramientas o métodos de gestión aplicables a la gestión de un proyecto de construcción de una línea de transmisión de 60 kV	61
5.5.1 Partes diarios de trabajo (PD)	62
5.5.2 Planilla de avance	62
5.5.3 Reporte Semanal de Producción (RSP)	62
5.5.4 Resultado Operativo (RO)	63
5.5.5 Tren de actividades	63
5.5.6 Reuniones de programación diaria	63
5.5.7 Programa de cuatro semanas	64
5.5.8 Calendario Valorizado	64
5.6 Elaboración del modelo de productividad para un proyecto de Construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV	64
5.6.1 Diagramas de flujo de la propuesta	64
5.6.2 Principios del modelo de gestión propuesto	65
5.6.3 Procedimientos de la propuesta	67
5.6.4 Documentos que se generan al efectuar las actividades de la propuesta	68
5.7 Resumen de la propuesta	74
CAPITULO VI: ESTUDIO DE CASO	77
6.1 Metodología	77
6.2 Datos de entrada.	77

6.3 Datos de salida	77
6.4 Resultados	77
6.5 Resultados iniciales antes de implementar la propuesta.....	78
6.5.1 Análisis de valor ganado (HH).....	78
6.5.2 Análisis de valor ganado (costo):	80
6.6 Resultados estado intermedio con implementación de la propuesta	86
6.6.1 Análisis de valor ganado (HH):	86
6.6.2 Análisis de valor ganado (costo):	89
6.7 Resultados estado final, con implementación de la propuesta.....	91
6.8 Discusión de resultados.....	96
6.9 Otras observaciones	97
6.9.1 Curva S	98
6.9.2 Cálculo de rendimientos	98
6.9.3 Planilla de tren de actividades.....	99
6.9.4 Cálculo de OKR.....	99
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES.....	103
GLOSARIO.....	104
REFERENCIAS.....	105
ANEXOS	108

Índice de Figuras

Figura 1.1	Proceso de monitoreo y control de una cuadrilla de trabajo en la construcción de una línea de transmisión 5
Figura 1.2	Flujo de Datos, Información e Informes del Proyecto6
Figura 1.3	Árbol de causa y efecto de la baja productividad en la construcción de una línea de transmisión 7
Figura 2.1.	Configuración de eventos de la investigación 13
Figura 2.2.	Variables del experimento..... 14
Figura 2.3.	Propuesta de monitoreo y control en un proyecto de construcción de línea de transmisión (LT) 15
Figura 4.1.	EDT Construcción de una Línea de Transmisión..... 24
Figura 4.2.	Componentes del presupuesto del proyecto27
Figura 4.3.	Línea Base de costos, gastos y requisitos de financiamiento.... 28
Figura 4.4.	Análisis del Valor Ganado que muestra la Variación del Cronograma y del Costo, Pronóstico de Estimación a la Conclusión y Estimación hasta la Conclusión29
Figura 4.5.	Diagrama de causa y efecto 30
Figura 4.6.	Ejemplo de Organigrama.....31
Figura 4.7.	Modelo de Comunicación 32
Figura 5.1.	Estructura General del diseño de la Investigación 42
Figura 5.2.	Indicadores de productividad del Análisis de Valor Ganado 43
Figura 5.3.	Obtención de la Programación diaria a partir del Cronograma.. 44
Figura 5.4.	Resumen de resultados claves del personal en un día de trabajo 49

Figura 5.5.	Obtención de la programación a partir del cronograma y el tren de actividades.....	54
Figura 5.6.	Obtención de metas y cantidad de recursos de la programación diaria	54
Figura 5.7.	Obtención de la Curva S con y sin Trenes de Actividades	57
Figura 5.8.	Esquema general de la propuesta.....	65
Figura 5.9.	Parte diario de Trabajo.....	68
Figura 5.10.	Control de avance físico de LT 60 KV.	69
Figura 5.11.	Tren de actividades	69
Figura 5.12.	Reporte Semanal de Producción	70
Figura 5.13.	Elaboración del VSM para una LT 60 kV.....	71
Figura 5.14.	Elaboración del VSM para una LT 60 kV para una actividad.....	72
Figura 5.15.	Minimización de pérdidas en el flujo y en la actividad.....	73
Figura 5.16	Estructura general del modelo de planificación, monitoreo y control	74
Figura 5.17	Estructura general del modelo de planificación.....	75
Figura 5.18	Estructura general del modelo de monitoreo.....	75
Figura 5.19	Estructura general del modelo de control	76
Figura 6.1	Análisis del Valor Ganado (HH) – Semana 33	79
Figura 6.2.	Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales (HH) – Semana 33	79
Figura 6.3.	Valor Ganado, y Costos Reales (CD) – Semana 32.....	81
Figura 6.4.	Resumen Semanal de Producción – Semana 33.....	83

Figura 6.5.	Valor Ganado, Gasto General – Semana 32.....	84
Figura 6.6.	Valor Ganado, y Costos Reales (CT) – Semana 32	85
Figura 6.7.	Análisis del Valor Ganado (HH) – Semana 49	86
Figura 6.8.	Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales (HH) – Semana 49	86
Figura 6.9.	Resumen Semanal de Producción – Semana 49.....	88
Figura 6.10.	Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramado y Costos Reales (CD) – Semana 50	89
Figura 6.11.	Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramando y Costos Reales (GG) – Semana 50.....	90
Figura 6.12.	Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramando y Costos Reales (CT) – Semana 50.....	90
Figura 6.13.	Análisis del Valor Ganado (HH) – Semana 68	91
Figura 6.14.	Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales (HH) – Semana 68	92
Figura 6.15.	Resumen Semanal de Producción – Semana 68 (a).....	92
Figura 6.16.	Resumen Semanal de Producción – Semana 68 (b).....	93
Figura 6.17.	Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramado y Costos Reales (Costo Directo) – Semana 67	93
Figura 6.18.	Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramado y Costos Reales (Gasto General) – Semana 67	94
Figura 6.19.	Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramado y Costos Reales (Costo Total) – Semana 67	94
Figura 6.20.	Curva de CPI	96

Índice de Tablas

Tabla 3.1.	Eventos de estudio y técnicas de recolección de información	17
Tabla 4.1.	Cantidad de Procesos por áreas de conocimiento y por grupos de proceso de la dirección de proyectos	20
Tabla 4.2.	Lista de procesos de la dirección de proyectos según el PMBOK.....	21
Tabla 4.3.	Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, Adaptado del PMBOK.....	23
Tabla 4.4.	Lista de actividades de un proyecto de construcción de una Línea de Transmisión.	25
Tabla 4.5.	Cronograma resumen de la construcción de una línea de transmisión.....	27
Tabla 6.1.	Resumen de CPI para los criterios Montaje, Gasto General y Costo Total en el estado inicial, intermedio y final.	96

Resumen

En la presente tesis se aborda el siguiente problema de gestión: ¿Cuáles son las características de un modelo de gestión que permita mejorar la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV?

El objetivo de la tesis es Proponer un modelo de gestión que permita mejorar la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.

La metodología empleada es el análisis documental y estudio de caso, enmarcado en tres fuentes principales de gestión: “enfoque PMI”, “*Lean Construction*” y “Objetivos y Resultados Clave (OKR)”.

Como resultado el modelo obtenido es posible dividirlo en tres procesos: planificación, monitoreo y control. En la planificación se utilizan las siguientes herramientas o metodologías: cronograma, presupuesto, tren de actividades, *Last Planer System*, OKR y comunicación efectiva. En el monitoreo se utilizan las siguientes herramientas: comunicación efectiva, planilla de avance, parte diario de trabajo, valor ganado. En el proceso de control se utilizan retroalimentación continua, análisis de causa de raíz, análisis de las restricciones y el plan de acción inmediato. La propuesta resultante es un modelo sencillo y eficaz, cuya aplicación contribuirá a una mejor practica en el monitoreo y control de la productividad en la gestión de proyectos, específicamente en la construcción de línea de transmisión y en general en todos los proyectos de construcción.

Palabras Clave: Valor ganado, *Lean Construction*, OKR, Línea de Transmisión.

Abstract

This thesis addresses the following management problem: What are the characteristics of a management model that can improve productivity in a 60 kV electrical transmission line construction project?

The main objective is to propose a management model that enhances productivity in a 60 kV electrical transmission line construction project.

The methodology used in this thesis is document analysis and case study, framed within three main management approaches: the Project Management Institute (PMI) framework, Lean Construction principles, and the Objectives and Key Results (OKR) methodology.

The model obtained as a result is divided into three processes: planning, monitoring, and control. The planning process uses the following tools and methodologies: schedule, budget, activity sequence, Last Planner System, OKRs, and effective communication. The monitoring process uses the following tools: effective communication strategies, progress tracking sheets, daily work reports, and Earned Value Management (EVM). The control phase relies on continuous feedback, root cause analysis, constraint analysis, and the implementation of immediate action plans.

The proposed model is simple and effective, and its implementation will contribute to better practices in productivity monitoring and control in project management, particularly in the construction of transmission lines, but also applicable to construction projects in general.

Keywords: Earned Value, Lean Construction, OKR, Transmission Line.

Introducción

En un proyecto de construcción se suele fijar entre sus metas, directa o indirectamente, una producción y una productividad planificada para las actividades, tareas o procesos de construcción.

Aumentar la productividad, manteniendo todo lo demás constante, generalmente conlleva a menores costos y a un menor plazo de ejecución del proyecto.

El sobrepasar las restricciones de costo y de plazo constituye uno de los principales problemas en los proyectos de construcción, y las líneas de transmisión no están exentas de esta problemática.

Es por ello que el diseño de un modelo de monitoreo y control, con la finalidad de mejorar la productividad es de vital importancia, tanto por su aplicación práctica, así como por su aporte al conocimiento de la gestión de proyectos.

El desarrollo de esta tesis se divide en los siguientes capítulos:

En el capítulo I se desarrolla el planteamiento de la realidad problemática, que incluye los antecedentes de la investigación, identificación y descripción del problema, y la formulación del problema; en el capítulo II se establecen los objetivos, hipótesis, variables e indicadores, alcance y limitaciones de la investigación; en el capítulo III se describe el diseño metodológico; en el capítulo IV se desarrolla el marco teórico dividido en tres enfoques de gestión: el del PMI, *Lean Construction* y los OKR; en el capítulo V se desarrolla la propuesta de gestión; en el capítulo VI se presenta el estudio de caso; y finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

El objetivo de la tesis es de presentar un modelo de gestión: planificación monitoreo y control, que permita mejorar la productividad en un proyecto de construcción de una Línea de *Transmisión eléctrica de 60 kV*.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1 Antecedentes de la investigación

Idme Machaca, (2018) aplica herramientas del PMBOK adecuadas a la normativa del estado peruano en la definición de procedimientos en gestión de proyectos a lo largo de su ejecución, desde la concepción hasta el cierre, con el fin de desarrollar entregables de iniciación, planificación y gestión en un proyecto de transmisión eléctrica para alcanzar los objetivos del proyecto con respecto al tiempo, costo y calidad establecidos. Concluye que, hasta la fecha de desarrollo de la investigación, los procedimientos usados por empresas eléctricas del estado eran ineficaces e ineficientes con respecto a la gestión y administración durante la ejecución de proyectos de transmisión eléctrica, y resalta que los ahorros por implementación de buenas prácticas en la gestión de proyectos generan un ahorro de no menos de 1 millón de soles por proyecto, siendo, por ello, de interés para las empresas del estado.

Proaño-Narváez et al., (2022) sustenta que la aplicación del método del valor ganado (EVM), es una herramienta muy valiosa para la gestión de proyectos, la cual se complementa con la experiencia del gerente, que definirá las acciones correctivas, y con un adecuado registro de costos, ubicados correctamente tanto en el periodo de tiempo como en el entregable del EDT que les corresponde.

Nasirzadeh et al., (2022) demostró que aspectos como el tamaño del proyecto, el nivel de habilidad, experiencia y la comunicación entre los trabajadores presentan los principales impactos en proyectos de construcción, por lo cual los directores de proyectos necesitan dar prioridad a estos aspectos para mejorar la productividad laboral. Con respecto a la complejidad de las interacciones de los aspectos, recomienda como estrategia dividir los factores interrelacionados complejos en

grupos de causa y efecto para así brindar una hoja de ruta para el establecimiento de estrategias de mejora más eficientes.

Shah et al., (2023) analizando el impacto de las prácticas de gestión de proyectos sobre los sobrecostos de los proyectos, concluye que los factores críticos del sobrecosto son entre otros los problemas relacionados con la planificación deficiente y el monitoreo y control inadecuado; además destaca la importancia de una comunicación eficaz. Enfatiza que los sobrecostos son un problema importante en la industria de la construcción.

Gao & Low, (2014) plantea que la aplicación de la metodología Lean en la industria de la construcción ofrece soluciones efectivas a problemas recurrentes como los sobrecostos, el exceso de desechos. Incluye en su investigación una revisión exhaustiva de la literatura sobre el concepto Lean, y marcos relevantes para la construcción. Como parte de las conclusiones afirma que el uso de la metodología Lean reduce desperdicios y mejora la calidad del producto.

Uvarova et al., (2023) analizó el uso de herramientas y tecnologías digitales en Lean Construction, concluyendo que su integración optimizaría la interacción de las partes participantes interesadas del proyecto, producto de aumentar la velocidad de construcción y por ende reduciendo pérdidas de tiempo Inter operacionales. Así mismo, al estimar los costos con mayor precisión, reducir solicitudes de información, cambios en el proyecto e introducir gestión integrada en tiempo real, se lograría una reducción del tiempo y pérdidas financieras operativas. De igual manera, la calidad de las obras e instalaciones se mejorarían mediante una inclusión en tiempo real del seguimiento de la calidad, suministro de materiales, entre otras. Por ello, luego de un análisis de la eficacia del uso de herramientas y tecnologías digitales en proyectos de construcción en Rusia, concluye que existen varios efectos clave: mejorar la calidad de la obra en cada etapa del ciclo de vida del proyecto y reducir el tiempo,

los costos y los costos de transacción. Pese a ello, la investigación reconoce limitaciones como considerar Lean Construction en su conjunto, no considerar herramientas o principios individuales, por lo cual requiere un análisis del uso de instrumentos específicos y sus efectos. Además de considerar solo al BIM y EDMS como opciones de tecnología digital, existiendo la posibilidad de considerar otras opciones, como software de supervisión de la construcción, entre otros. Por último, recomienda considerar en los cálculos no solo los efectos sino también los costos para usar un esquema conceptual para el desarrollo de criterios de efectividad de la transformación digital.

Según Awad et al., (2021) la aplicación de herramientas Lean en la construcción ha demostrado ser efectiva para mejorar la productividad y reducir desperdicios. Además, al adoptar un enfoque similar al de la manufactura industrial, se logran reducciones de costos significativas.

Garcés & Peña, (2023) en su investigación: “Una revisión Lean Construction para la Gestión de Proyectos de Construcción” considera en sus conclusiones que el Sistema Last Planner es más eficiente que la planeación tradicional de la ruta crítica. Deckert, (2021) con respecto a cómo se relacionan los OKR y la gestión proyectos menciona que:

OKR es un marco fantástico para establecer objetivos, y los sistemas de gestión de proyectos son herramientas fantásticas para hacer el trabajo. Cuando se combinan, se obtiene un sistema completo para gestionar y medir todo el trabajo que se realiza, desde la estrategia hasta la ejecución y el éxito.

Srinivasan & Li-Kuan (Jason), (2023) con respecto a los OKR expresa que:

El marco OKR es una herramienta popular de establecimiento de objetivos y ejecución de estrategias que utiliza el establecimiento de objetivos a través

de "Objetivos" y la medición del rendimiento mediante "Resultados clave" de forma periódica para medir e impulsar el rendimiento....

Los usuarios han descubierto que es una poderosa herramienta de gestión del rendimiento y establecimiento de objetivos, ya que se centra en objetivos mensurables a corto plazo sin perder el aspecto aspiracional de la misión o el propósito únicos de una organización.

1.2 Identificación y descripción del problema

El problema principal de la investigación es la carencia de un modelo de gestión eficaz que me permita mejorar la productividad en un proyecto de construcción de una Línea de transmisión de 60 kV.

En el proceso de construcción de una LT se realizan los procesos de planificación monitoreo y control, para lo cual es necesario medir el rendimiento de las cuadrillas de trabajo, compararlas con el rendimiento planificado, retroalimentar al personal de la cuadrilla, analizar el porqué de las desviaciones, y, por último, pero no menos importante, ejecutar opciones que permitan mejorar la productividad de las cuadrillas de trabajo.

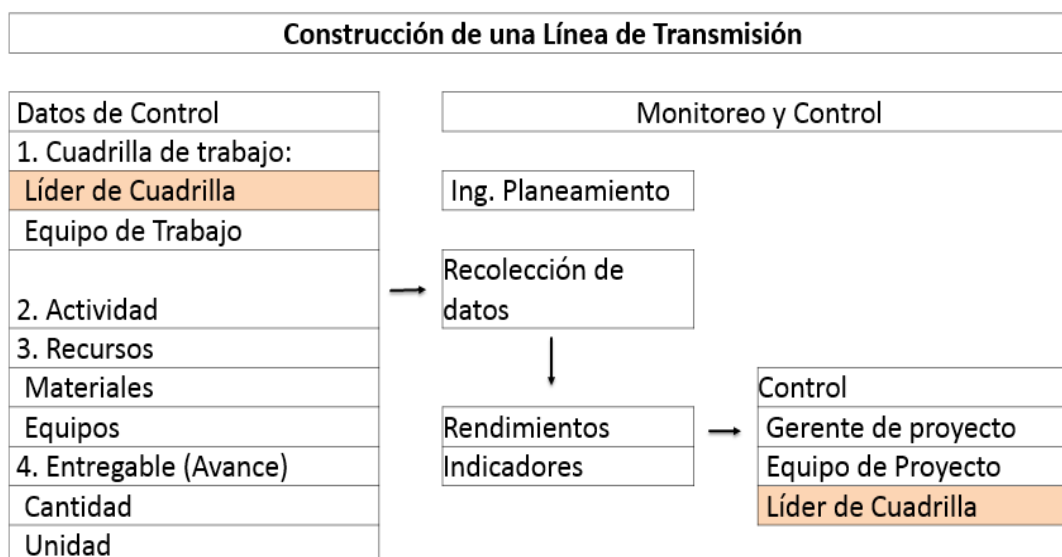
Muchas veces las mediciones de los rendimientos de las actividades, se hacen erróneamente, se entregan a destiempo, o no se retroalimenta de manera óptima, haciendo que finalmente no se den las opciones de mejora, y que no se cumplan los objetivos de costo, cronograma y calidad.

En la Figura 1.1 se aprecia el flujo de información. El avance y uso de recursos se obtienen del líder de la cuadrilla de trabajo que ejecuta la actividad. La información se procesa por el área de monitoreo y control o planeamiento. Se obtienen indicadores de desempeño. Se retroalimenta a todos los interesados entre ellos el jefe de la cuadrilla, y finalmente al conocer los indicadores, si estos son desfavorables, se toma acción dando inicio al análisis de causa raíz y al plan

inmediato, con la finalidad de corregir los problemas específicos que afectan la productividad o el avance. Si los problemas no son por errores de la gestión de la cuadrilla, se eleva el problema al área respectiva, para su tratamiento y solución.

Figura 1.1

Proceso de monitoreo y control de una cuadrilla de trabajo en la construcción de una línea de transmisión



Nota. El gráfico muestra el flujo de información desde que sale del Líder de cuadrilla hasta que la información retorna a él y a los interesados en forma de indicadores de desempeño.

Lo antes dicho con algunas variaciones, es lo que suele ocurrir cuando se monitorea una cuadrilla, en los proyectos de construcción de una LT.

La información hace un círculo, que suele tomar una semana, ya que los indicadores de gestión se suelen presentar en el reporte semanal. Sin embargo, el jefe de cuadrilla podría tomar acción y/o encender las alertas desde el primer momento que se presentan las desviaciones en su rendimiento o avance, con la información que el mismo genera comparándola con la planificado inicial.

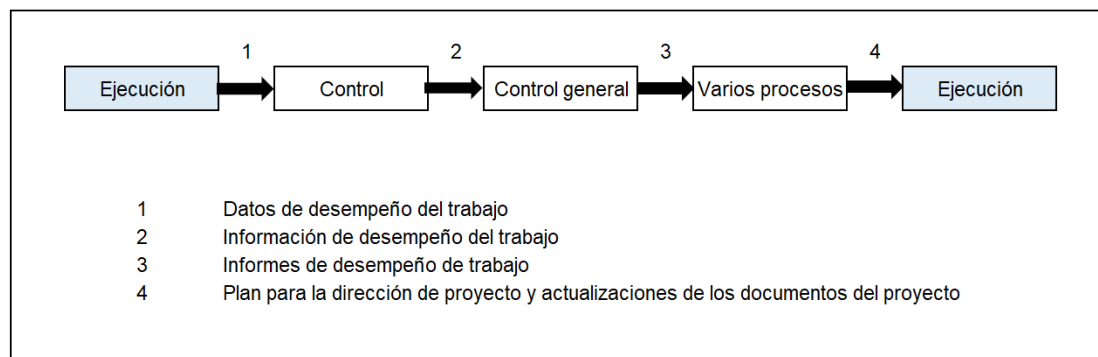
Lo explicado anteriormente es solo parte del problema el cual está relacionado con el monitoreo y control. Pero el problema se inicia mucho antes, en la planificación,

cuando se establece la forma de monitorear el avance y los recursos utilizados: que recurso y que avance monitorear, la unidad de medida, las metas diarias etc. también en cómo se realizan los cambios en la programación cuando no se cumple lo planificado, la forma de abordar los problemas de productividad, la comunicación, los reportes a utilizar, etc., y además como se integran todos estos elementos relacionados a la planificación, ejecución y monitoreo y control.

En la Figura se muestra el flujo de información del proyecto a través de los diversos procesos utilizados en la dirección del proyecto (Project Management, 2017)

Figura 1.2

Flujo de Datos, Información e Informes del Proyecto



Nota. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (6.ª ed.), Project Management Institute, 2017.

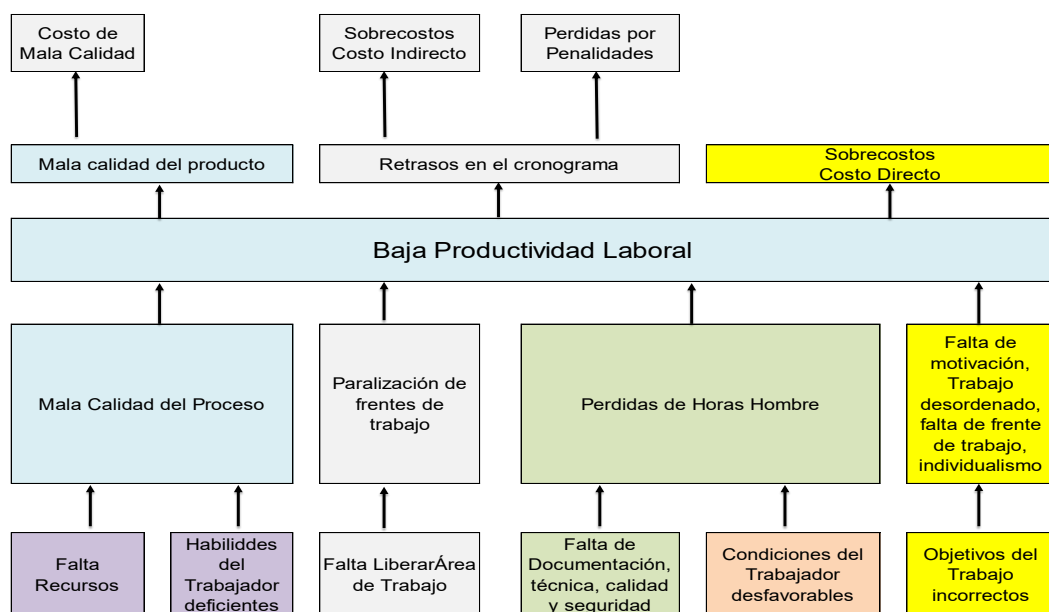
En la Figura tomada del PMBOK se aprecia que en el flujo de la información al igual que en la figura anterior se requieren pasos intermedios entre los procesos de ejecución antes y después del monitoreo. En otras palabras, el modelo actual que se suele utilizar para gestionar los proyectos de construcción de una Línea de Transmisión está de acuerdo con lo propuesto por el PMI en el PMBOK, del cual también se intuye un tiempo de retroalimentación desde que se ejecuta hasta que se reciben los indicadores de desempeño, finalmente este tiempo es el que tiene que minimizarse para mejorar la gestión de la productividad.

Para entender el problema de la baja productividad es necesario elaborar el árbol de causas y efectos donde se aprecian los principales factores de la baja productividad, ver Figura 1.3.

En la presente tesis solo se analizarán las causas y consecuencias asociadas a la dirección de la cuadrilla de trabajo, lo cual se muestra en color amarillo, considerando como óptimos los demás factores, sin embargo, se espera que un modelo de monitoreo y control basado objetivos y metas correctas (OKR), ayude también a regular en forma indirecta los demás factores que influyen en la productividad.

Figura 1.3

Árbol de causa y efecto de la baja productividad en la construcción de una línea de transmisión



Lo descrito anteriormente son las deficiencias que se observaron en el estudio de caso, y que son comunes al momento de ejecutar los proyectos de construcción de una línea de transmisión de 60 kV. "Para poder mejorar la productividad la presente investigación propone un modelo de gestión basado conceptos y herramientas del

PMI, Lean Construction y OKR que ayude a la planificación, monitoreo y control del proyecto minimizando con su implementación las causas de la baja productividad.

La productividad está estrechamente relacionada con el logro de los objetivos de costo y plazo en un proyecto, especialmente desde la perspectiva de la empresa contratista encargada de la ejecución, que es el enfoque del estudio de caso. No cumplir con estos objetivos puede marcar la diferencia entre mantenerse en el mercado o enfrentar la quiebra. En este contexto, la investigación desempeña un papel crucial, ya que contribuye a la identificación de métodos efectivos para mejorar la productividad, ayudando a las empresas a optimizar sus procesos y asegurar su competitividad a largo plazo.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema principal

Como formulación del problema general, se tiene la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las características de un modelo de gestión que permita mejorar la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV?

1.3.2 Problemas secundarios

Como formulación de los problemas secundarios se tienen las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las características de un modelo de planificación y establecimiento de metas de procesos en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV que permita mejorar la productividad?

¿Cuáles son las características de un modelo de Monitoreo de avance y costo en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV, que permita mejorar la productividad?

¿Cuáles son las características de un modelo de Análisis del Valor Planificado (PV) en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV que permitan mejorar la productividad?

¿Cuáles son las características de un modelo de Análisis y control de restricciones en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV, que permita mejorar la productividad?

CAPITULO II: OBJETIVOS, HIPÓTESIS, VARIABLES E INDICADORES

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General:

Proponer un modelo de gestión que permita mejorar la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.

2.1.2 Objetivos Específicos:

Como objetivos específicos, tenemos:

1. Determinar las características esenciales de un modelo de planificación y establecimiento de metas de procesos que contribuyan a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.
2. Determinar las características esenciales de un modelo de Monitoreo de avance y costo que contribuyan a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.
3. Determinar las características esenciales de un modelo de Análisis del Valor planificado (PV) que contribuyan a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.
4. Determinar las características esenciales de un modelo de Análisis y control de restricciones que contribuyan a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis General

La aplicación de un modelo de gestión basado en el Valor Ganado, Lean Construcción y OKR contribuirá positivamente a la mejora de la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión de 60 kV.

2.2.2 Hipótesis Específicas:

1. La implementación de un modelo de planificación y establecimiento de metas de procesos que incluya características específicas contribuirá positivamente a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.
2. La implementación de un modelo de Monitoreo de avance y costo que incluya características específicas contribuirá positivamente a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.
3. La implementación de un modelo de Análisis del Valor planificado (PV) que incluya características específicas contribuirá positivamente a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.
4. La implementación de un modelo de Análisis y control de restricciones que incluya características específicas contribuirá positivamente a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.

2.3 Variables e Indicadores

2.3.1 Variables

2.3.1.1 Variable independiente

Modelo de gestión

2.3.1.2 Variable dependiente

Productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.

2.3.2 Indicadores

2.3.2.1 Indicadores de la Variable independiente

Los indicadores de la variable independiente son:

- X1: Claridad de criterios para la fijación de metas.
- X2: Calidad de configuración de parámetros en reportes.
- X3: Avance planificado y Costo planificado.
- X4: Factores de producción.

2.3.2.2 Indicadores de la Variable dependiente

Los indicadores de la variable dependiente según criterios son:

- Y1: Variación del Cronograma (SV)*.
- Y2: Índice de desempeño del cronograma (SPI)*.
- Y3: Variación del Costo (CV)*.
- Y4: Índice de Desempeño de Costo (CPI)*.

*Criterios: Horas hombre / Costos directos / Gasto General / Costo total.

2.3.3 Eventos de estudio

Los eventos de estudio de esta investigación son:

- El evento a modificar: Se considera aquellos escenarios donde no se cumplen con lo planificado.

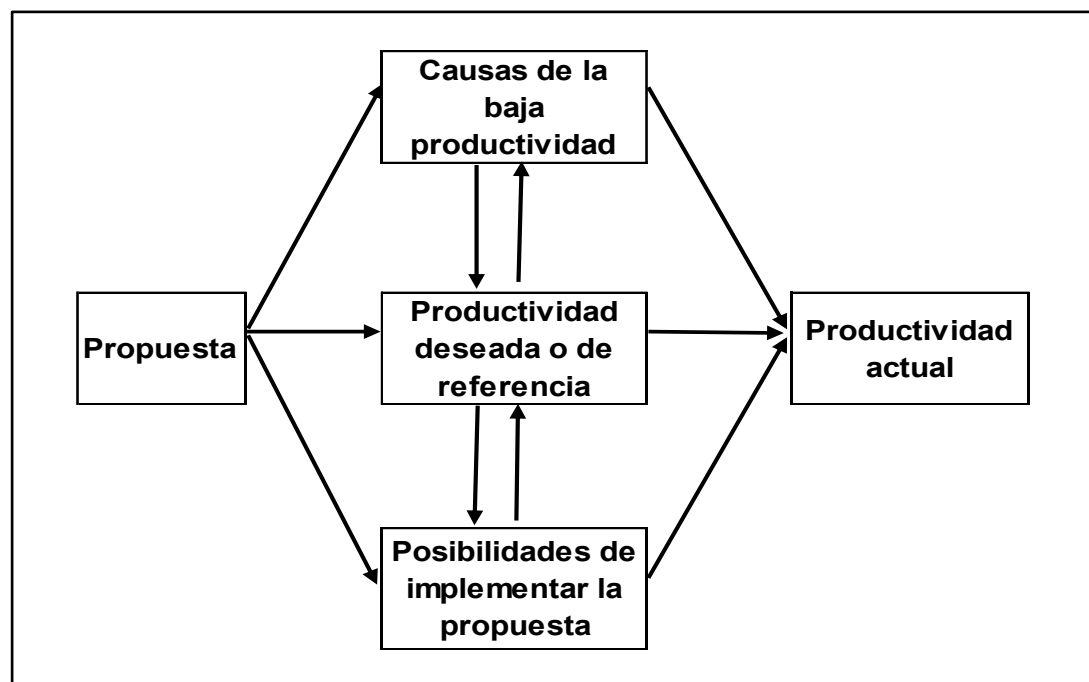
- Procesos explicativos o causales de la baja productividad: deficiencia en la planificación, deficiencias en el monitoreo y control, deficiencias en el análisis y control de restricciones.
- Las posibilidades de implementar la propuesta: Están relacionadas al costo y la factibilidad de su aplicación.
- Evento deseado, intenciones o aspiraciones: Cumplimiento de lo planificado en la ejecución de las actividades de una LT.

La presente investigación se centrará principalmente en los eventos explicativos: causas de la baja productividad, Y en el evento a modificar relacionado a la productividad actual, debido a que no se encuentra ningún problema en su implementación, y el evento deseado es cumplir con lo planificado.

En la Figura 2.1 se muestra la configuración de eventos de la investigación.

Figura 2.1.

Configuración de eventos de la investigación



Nota. Adaptado de Metodología de la investigación (4.^a ed.), por Jacqueline Hurtado de Barrera, 2012.

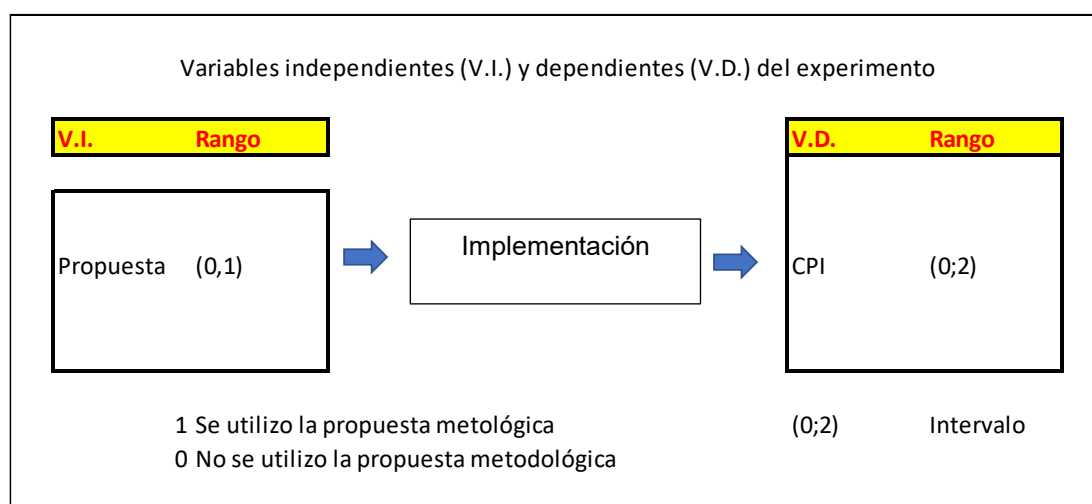
Para poder medir el evento, es necesario identificar los indicios, es decir, los aspectos observables del evento que permiten caracterizarlo (...) La operacionalización es un proceso que le permite al investigador identificar aquellos aspectos perceptibles de un evento que hacen posible dar cuenta de la presencia o intensidad de éste (Hurtado de Barrera, 2015).

Para la presente investigación los indicios o indicadores son los siguientes: para el evento a modificar: productividad el indicio o indicador de desempeño es el CPI. Pero también se puede usar el PPC, porcentaje de plan completado. Para el evento: causas de la baja productividad, el indicador a medir es la utilización de las herramientas descritas en la propuesta, puesto que estas herramientas están destinadas a modificar las causas, y con ello la productividad, si se utilizan todas las herramientas se dice que se utilizó la propuesta planteada.

En la Figura 2.2 se muestra las variables o indicadores del experimento.

Figura 2.2.

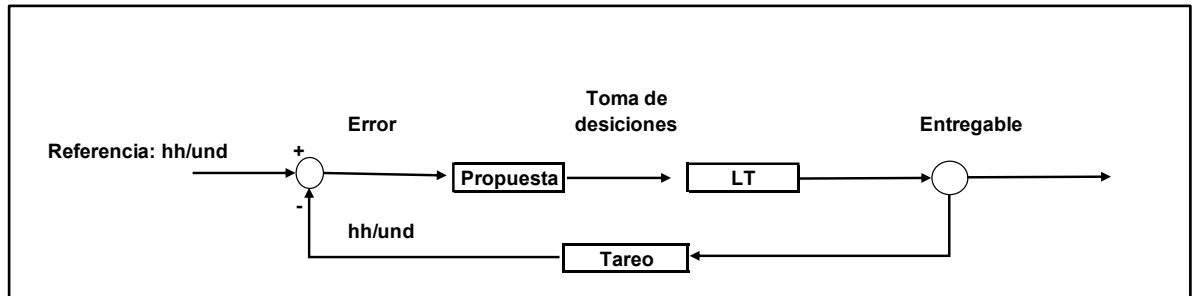
Variables del experimento.



En la Figura 2.3 se muestra el flujo de la propuesta de monitoreo y control en un proyecto de construcción de línea de transmisión (LT).

Figura 2.3.

Propuesta de monitoreo y control en un proyecto de construcción de línea de transmisión (LT)



2.4 Limitaciones y alcances

2.4.1 Alcances

La presente investigación tiene como alcance la elaboración de una propuesta (Modelo) de gestión para un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV para mejorar la productividad.

2.4.2 Limitaciones

En la presente investigación se utiliza la estrategia, estudio de caso, donde se analiza las componentes más significativas de la propuesta. Se tiene una limitación de oportunidad, tiempo y recursos, para generalizar su validez a todos los proyectos de construcción de LT para lo cual se necesitaría una muestra más grande.

CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación.

3.1.1 Tipo y Nivel de Investigación

La investigación es del tipo proyectivo. Se elaborará una propuesta de modelo de gestión.

3.1.2 Diseño de Investigación:

3.1.2.1 Diseños según el origen de datos (contexto y fuentes)

La presente investigación es de fuente mixta, teniendo como fuentes datos obtenidos del estudio de caso y de documentos.

3.1.2.2 Diseño según la temporalidad

Según su temporalidad el diseño es del tipo evolutivo contemporáneo. Se le considera evolutivo porque se analizan datos recolectados en un periodo de tiempo y contemporáneo por que los eventos a estudiar son contemporáneos con el investigador, siendo el testigo de su ocurrencia.

3.1.2.3 Diseño según el número de eventos

Es un diseño multivariable de caso, se tiene una única unidad de estudio, pero varios eventos, dimensiones o variables independientes de estudio.

3.1.2.4 Resumen

El Diseño de la presente investigación es de fuente mixta, evolutivo contemporáneo y multivariable de caso.

El tipo y el diseño de la investigación es de acuerdo a (Hurtado de Barrera, 2015).

3.2 Unidad de análisis.

En la presente tesis la unidad de análisis es un proyecto de construcción de línea de transmisión eléctrica.

3.3 Población y Muestra

Población: Proyectos de Construcción de Líneas de transmisión eléctrica de 60 kV.

Muestra: Proyecto de Construcción de Línea de Transmisión Eléctrica de 60 kV en Perú a aprox. 3000 m.s.n.m.

3.4 Técnicas de recolección de datos

Técnicas: Observación, Revisión documental. Parte diario de trabajo (PDT), Planilla de avance de trabajo (PAT), Planilla de costos (PC) y Análisis de documentos. Ver Tabla 3.1.

Tabla 3.1.

Eventos de estudio y técnicas de recolección de información

Eventos de estudio		Técnica de recolección de datos
Evento a modificar Intenciones	Productividad actual	Revisión documental
	Productividad deseada o de referencia	Revisión documental
Procesos explicativos	Causas de la baja productividad	Observación
Posibilidades	Posibilidades de implementar la propuesta	Revisión documental
Propuesta	Propuesta	Revisión documental

3.5 Análisis, procesamiento e interpretación de datos

Visualización de datos. Correlación. Análisis descriptivo y comparativo de instrumentos de recolección de datos: Parte diario de trabajo (PDT), Planilla de avance de trabajo (PAT), Planilla de costos (PC) y Análisis de documentos.

Análisis de resultados y Presentación de resultados: Análisis de Valor Ganado.

Curva S. Se analizarán la curva S del proyecto. Así como los indicadores de la variable independiente y dependiente.

Herramienta: Software de hoja de cálculo Microsoft Excel.

Propuesta de planificación, monitoreo y control.

Diseño y metodología: Estudio de caso

CAPITULO IV: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

4.1 PMBOK 6ta edición.

4.1.1 Guía del PMBOK

El PMI tiene una serie de publicaciones acerca de la gestión de proyectos, una de las cuales es la guía del PMBOK. En la presente tesis cuando se menciona a la Guía del PMBOK, se está haciendo referencia a la sexta edición.

Esta Guía del PMBOK® es diferente de una metodología. Una metodología es un sistema de prácticas, técnicas, procedimientos y reglas utilizado por quienes trabajan en una disciplina. Esta Guía del PMBOK® es una base sobre la que algunas organizaciones construyen metodologías, políticas, procedimientos, reglas, herramientas y técnicas, y fases del ciclo de vida necesarios para la práctica de la dirección de proyectos (Project Management, 2017)

Se ha utilizado la estructura de conocimiento del PMBOK para fundamentar parte del funcionamiento de la propuesta, así como para conceptualizar los eventos de estudio. La guía del PMBOK en su sexta edición, divide la gestión de proyectos en 49 procesos, agrupados en 10 áreas de conocimiento y en 05 grupos de proceso, de tal manera que cada proceso pertenece a un área de conocimiento y a la vez a un grupo de proceso.

4.1.2 Grupos de procesos

Los grupos de procesos en los cuales divide la gestión de proyectos el PMBOK son: grupos de proceso de inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y los grupos de proceso de cierre.

04 fases del ciclo de vida del proyecto consideradas:

- Inicio del proyecto,

- Organización y preparación,
- Ejecución del trabajo y
- Cierre del proyecto

la diferencia entre el ciclo de vida y los grupos de procesos, es que los procesos se dan a lo largo de todo el proyecto mientras las fases tienen un inicio y un fin, el nombre de la fase está asociado a los grupos de procesos predominantes en ese periodo de tiempo.

4.1.3 Áreas de conocimiento

EL PMBOK también divide la gestión de proyectos en diez áreas de conocimientos, o diez áreas de gestión que son: integración, alcance, cronograma, costos, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados.

El total de los 49 procesos están distribuidos en las áreas de conocimiento y los grupos de proceso como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1.

Cantidad de Procesos por áreas de conocimiento y por grupos de proceso de la dirección de proyectos

	Gestión de:	Inicio	Planificación	Ejecución	Monitoreo y control	Cierre	Total, Área
Áreas de conocimiento del Proyecto	Integración	1	1	2	2	1	7
	Alcance		4		2		6
	Cronograma		5		1		6
	Costos		3		1		4
	Calidad		1	1	1		3
	Recursos		2	3	1		6
	Comunicaciones		1	1	1		3
	Riesgos		5	1	1		7
	Adquisiciones		1	1	1		3
	Interesados	1	1	1	1		4
Total, Grupo		2	24	10	12	1	49

Nota. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (6.ª ed.), Project Management Institute, 2017.

En el marco teórico solo haremos énfasis en aquellas, gestiones, técnicas o herramientas relacionadas con la propuesta de monitoreo y control.

La lista total de procesos de la dirección de proyectos según el PMBOK se aprecia en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2.

Lista de procesos de la dirección de proyectos según el PMBOK.

Ítem	No PMBOK	Área de Conocimiento	Grupo de Proceso	Proceso
1.1	4.1	Integración	Inicio	Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto
1.2	4.2	Integración	Planificación	Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto
1.3	4.3	Integración	Ejecución	Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto
1.4	4.4	Integración	Ejecución	Gestionar el Conocimiento del Proyecto
1.5	4.5	Integración	Monitoreo y Control	Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto
1.6	4.6	Integración	Monitoreo y Control	Realizar el Control Integrado de Cambios
1.7	4.7	Integración	Cierre	Cerrar el Proyecto o Fase
2.1	5.1	Alcance	Planificación	Planificar la Gestión del Alcance
2.2	5.2	Alcance	Planificación	Recopilar Requisitos
2.3	5.3	Alcance	Planificación	Definir el Alcance
2.4	5.4	Alcance	Planificación	Crear la EDT/WBS
2.5	5.5	Alcance	Monitoreo y Control	Validar el Alcance
2.6	5.6	Alcance	Monitoreo y Control	Controlar el Alcance
3.1	6.1	Cronograma	Planificación	Planificar la Gestión del Cronograma
3.2	6.2	Cronograma	Planificación	Definir las Actividades
3.3	6.3	Cronograma	Planificación	Secuenciar las Actividades
3.4	6.4	Cronograma	Planificación	Estimar la Duración de las Actividades
3.5	6.5	Cronograma	Planificación	Desarrollar el Cronograma
3.6	6.6	Cronograma	Monitoreo y Control	Controlar el Cronograma
4.1	7.1	Costos	Planificación	Planificar la Gestión de los Costos
4.2	7.2	Costos	Planificación	Estimar los Costos
4.3	7.3	Costos	Planificación	Determinar el Presupuesto
4.4	7.4	Costos	Monitoreo y Control	Controlar los Costos
5.1	8.1	Calidad	Planificación	Planificar la Gestión de la Calidad

Ítem	No PMBOK	Área de Conocimiento	Grupo de Proceso	Proceso
5.2	8.2	Calidad	Ejecución	Gestionar la Calidad
5.3	8.3	Calidad	Monitoreo y Control	Controlar la Calidad
6.1	9.1	Recursos	Planificación	Planificar la Gestión de Recursos
6.2	9.2	Recursos	Planificación	Estimar los Recursos de las Actividades
6.3	9.3	Recursos	Ejecución	Adquirir Recursos
6.4	9.4	Recursos	Ejecución	Desarrollar el Equipo
6.5	9.5	Recursos	Ejecución	Dirigir al Equipo
6.6	9.6	Recursos	Monitoreo y Control	Controlar los Recursos
7.1	10.1	Comunicaciones	Planificación	Planificar la Gestión de las Comunicaciones
7.2	10.2	Comunicaciones	Ejecución	Gestionar las Comunicaciones
7.3	10.3	Comunicaciones	Monitoreo y Control	Monitorear las Comunicaciones
8.1	11.1	Riesgos	Planificación	Planificar la Gestión de los Riesgos
8.2	11.2	Riesgos	Planificación	Identificar los Riesgos
8.3	11.3	Riesgos	Planificación	Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos
8.4	11.4	Riesgos	Planificación	Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos
8.5	11.5	Riesgos	Planificación	Planificar la Respuesta a los Riesgos
8.6	11.6	Riesgos	Ejecución	Implementar la Respuesta a los Riesgos
8.7	11.7	Riesgos	Monitoreo y Control	Monitorear los Riesgos
9.1	12.1	Adquisiciones	Planificación	Planificar la Gestión de las Adquisiciones
9.2	12.2	Adquisiciones	Ejecución	Efectuar las Adquisiciones
9.3	12.3	Adquisiciones	Monitoreo y Control	Controlar las Adquisiciones
5.1	13.1	Interesados	Inicio	Identificar a los Interesados
5.2	13.2	Interesados	Planificación	Planificar el Involucramiento de los Interesados
5.3	13.3	Interesados	Ejecución	Gestionar la Participación de los Interesados
5.4	13.4	Interesados	Monitoreo y Control	Monitorear el Involucramiento de los Interesados

Nota. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (6.ª ed.), Project Management Institute, 2017.

En forma resumida se detalla la correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos en la Tabla 4.3. Los números que aparecen en los recuadros son los ítems descritos en la Tabla 4.2.

Tabla 4.3.

Correspondencia entre grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección de proyectos, Adaptado del PMBOK.

			Inicio	Planificación	Ejecución	Control	Cierre	Total, Área
Áreas de conocimiento del Proyecto, Gestión de:	1	Integración	1.1	1.2	1.3, 1.4	1.5, 1.6	1.7	7
	2	Alcance		2.1, 2.2, 2.3, 2.4		2.5, 2.6		6
	3	Cronograma		3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5		3.6		6
	4	Costos		4.1, 4.2, 4.3		4.4		4
	5	Calidad		5.1	5.2	5.3		3
	6	Recursos		6.1, 6.2	6.3, 6.4, 6.5	6.6		6
	7	Comunicaciones		7.1	7.2	7.3		3
	8	Riesgos		8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5	8.6	8.7		7
	9	Adquisiciones		9.1	9.2	9.3		3
	10	Interesados	10.1	10.2	10.3	10.4		4
Total, Grupo			2	24	10	12	1	49

Nota. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (6.^a ed.), Project Management Institute, 2017.

4.1.4 EDT: Estructura de desglose de trabajo.

“La EDT es una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo a realizar por el equipo del proyecto” (Project Management, 2017).

La creación del EDT forma parte de la gestión del alcance y se encuentra entre los grupos de proceso de planificación. La EDT, el diccionario de la EDT y el enunciado del alcance forman la línea base del alcance.

Enunciado del Alcance del Proyecto: El enunciado del alcance del proyecto incluye la descripción del alcance, los entregables principales, los supuestos y las restricciones del proyecto.

“Diccionario de la EDT: El diccionario de la EDT/WBS es un documento que proporciona información detallada sobre los entregables, actividades y programación de cada uno de los componentes de la EDT” (Project Management, 2017).

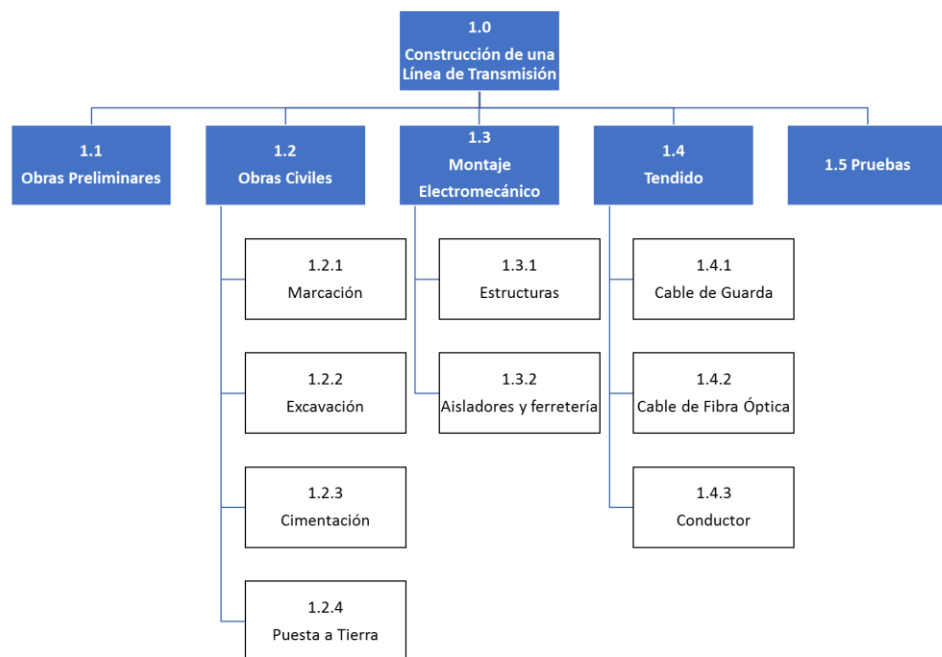
La EDT representa todo el trabajo necesario para realizar el proyecto.

Al nivel más bajo de la EDT se le denomina paquete de trabajo, los paquetes de trabajo son mutuamente excluyentes. El total del trabajo correspondiente a los niveles inferiores corresponde al acumulado para los niveles superiores (Project Management, 2017).

En la Figura 4.1 se observa un ejemplo de EDT para un proyecto de construcción de una Línea de Transmisión.

Figura 4.1.

EDT Construcción de una Línea de Transmisión.



Los paquetes de trabajo que constituyen el último nivel de la EDT, se dividen en actividades.

4.1.5 Lista de actividades

La lista de actividades es una salida del proceso: definir las actividades (Ítem 3.2 de la Tabla 4.2), de gestión del cronograma forma parte del grupo de procesos de Planificación.

“La lista de actividades contiene todas las actividades del cronograma necesarias para llevar a cabo el proyecto” (Project Management, 2017).

Cada paquete de trabajo del EDT se divide en actividades que luego se secuencian en el cronograma.

En la Tabla 4.4, colocamos un ejemplo de lista de actividades para el caso de la construcción de una Línea de Transmisión.

Tabla 4.4.

Lista de actividades de un proyecto de construcción de una Línea de Transmisión.

N3	EDT Nivel3	Identificador	Actividades
1.1.1	Obras Preliminares	1.1.1.01	Movilización
		1.1.1.02	Instalación de facilidades
1.2.1	Marcación	1.2.1.01	Replanteo Topográfico
		1.2.1.02	Marcación de Estructuras
1.2.2	Excavación	1.2.2.01	Cercado del terreno
		1.2.2.02	Corte
1.2.3	Cimentación	1.2.2.03	Excavación
		1.2.4.04	Verificación Topográfico
1.2.4	Puesta a Tierra (PAT)	1.2.3.01	Transporte de Materiales
		1.2.3.02	habilitación de acero
1.3.1	Estructuras	1.2.3.03	Instalación de acero
		1.2.3.04	habilitación de encofrado
1.3.1	Estructuras	1.2.3.05	Instalación de encofrado
		1.2.3.06	Pintado de Stub
1.3.1	Estructuras	1.2.3.07	Instalación de Stub
		1.2.3.08	Nivelación de Stub
1.3.1	Estructuras	1.2.3.09	Instalación de conductor de PAT (mecha)
		1.2.3.10	Concreto
1.3.1	Estructuras	1.2.3.11	Acabados: punta de diamante
		1.2.3.12	Relleno
1.3.1	Estructuras	1.2.4.01	Transporte de Materiales
		1.2.4.02	Excavación PAT
1.3.1	Estructuras	1.2.4.03	Instalación de Conductor PAT
		1.2.4.04	Relleno de PAT
1.3.1	Estructuras	1.3.1.01	Clasificación en Almacén
		1.3.1.02	Transporte de Estructuras a pie de carretera
1.3.1	Estructuras	1.3.1.03	Transporte de Estructuras a punto de Izaje
		1.3.1.04	Ensamble a nivel del suelo

N3	EDT Nivel3	Identificador	Actividades
		1.3.1.05	Montaje de estructuras
		1.3.1.06	Torqueo de estructuras
		1.3.1.07	Revisión de estructuras
1.3.2	Aisladores y ferretería	1.3.2.01	Montaje de cadena de aisladores
		1.3.2.02	Montaje de Poleas de Tendido
		1.4.1.01	Transporte de Cable de Guarda
1.4.1	Cable de Guarda	1.4.1.02	tendido de coordina
		1.4.1.03	Tendido de Cable de Guarda
		1.4.1.04	Flechado y engrampado
		1.4.2.01	Transporte de Fibra Óptica
		1.4.2.02	tendido de coordina
1.4.2	Cable de Fibra Óptica	1.4.2.03	Tendido de Cable de Fibra Óptica
		1.4.2.04	Instalación de cajas de empalme
		1.4.2.05	Empalme de Fibra Óptica
		1.4.2.06	Flechado y engrampado
		1.4.3.01	Transporte de Conductor
1.4.3	Conductor	1.4.3.02	tendido de coordina
		1.4.3.03	tendido de conductor
		1.4.3.04	Flechado y engrampado
1.5.1	Pruebas	1.5.1.01	Pruebas

4.1.6 Línea base del cronograma

La línea base del cronograma es una de las salidas del proceso 3.5 desarrollar el cronograma, del área de conocimiento gestión de cronograma, grupo de procesos de planificación.

“Una línea base del cronograma consiste en la versión aprobada de un modelo de programación que solo se cambia mediante procedimientos formales de control de cambios y que se utiliza como base de comparación con los resultados reales” (Project Management, 2017).

La línea base del cronograma se utiliza para la elaboración de la curva S que se aplica en el análisis del valor ganado.

El cronograma del proyecto se presenta en forma resumen o en forma detallada, un ejemplo de un cronograma resumen para un proyecto de construcción de una línea de Transmisión se muestra a continuación en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5.

Cronograma resumen de la construcción de una línea de transmisión.

Construcción de una Línea de Transmisión		Mes																	
N2	EDT Nivel2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.1	Obras Preliminares	1	2																
1.2	Obras Civiles			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1.3	Montaje Electromecánico									1	2	3	4	5	6	7	8		
1.4	Tendido												1	2	3	4	5	6	
1.5	Pruebas																		1

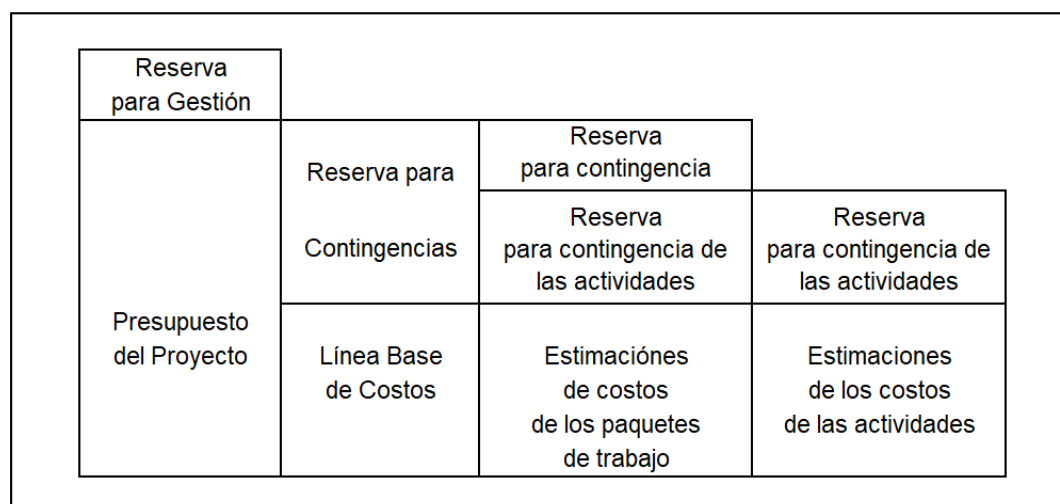
4.1.7 Presupuesto

El presupuesto es una de las salidas del proceso 4.3 determinar el presupuesto, perteneciente al área de gestión de costos, grupo de procesos de planificación.

El presupuesto de un proyecto contempla todos los fondos autorizados para ejecutar el proyecto. (Project Management, 2017) (Ver Figura 4.2).

Figura 4.2.

Componentes del presupuesto del proyecto

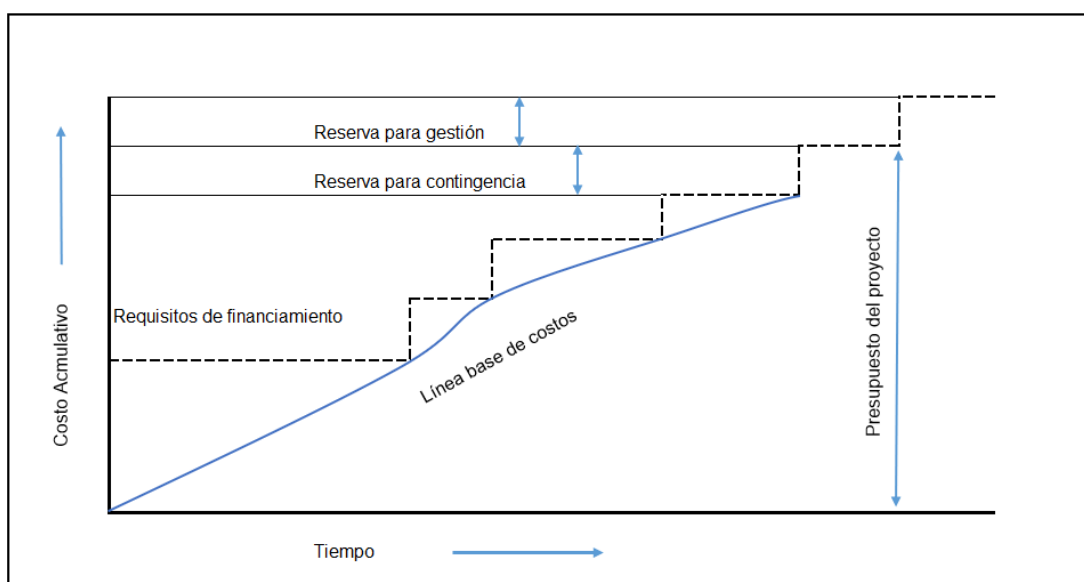


Nota. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) y El Estándar para la Dirección de Proyectos (7.^a ed.), Project Management Institute, 2021; y Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (6.^a ed.), Project Management Institute, 2017.

“A menudo, el financiamiento tiene lugar en cantidades incrementales [...] por lo que se representa como peldaños” (Project Management Institute, 2017). (Ver Figura 4.3). Los fondos totales de financiamiento comprenden los costos de la línea base, junto con las reservas de contingencia y de gestión, necesarias para cubrir tanto riesgos identificados como eventos imprevistos (Project Management Institute, 2017).

Figura 4.3.

Línea Base de costos, gastos y requisitos de financiamiento



Nota. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) y El Estándar para la Dirección de Proyectos (7.ª ed.), Project Management Institute, 2021; y Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (6.ª ed.), Project Management Institute, 2017.

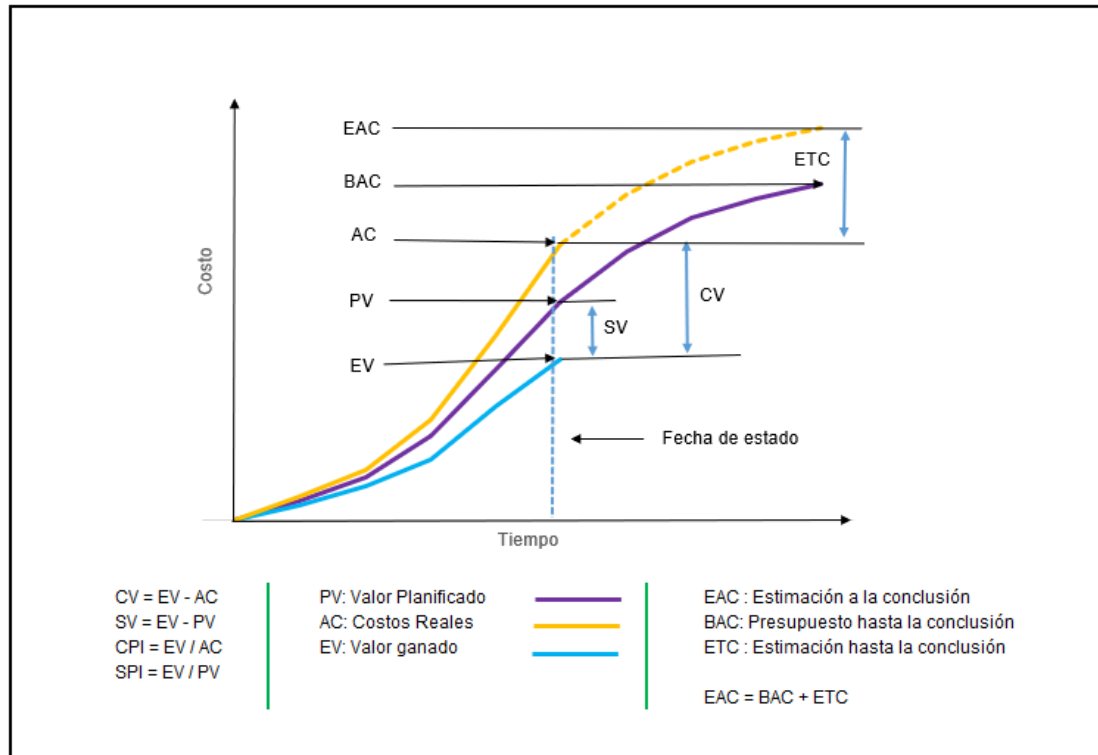
4.1.8 Valor Ganado

El valor ganado es una forma de análisis de datos incluido en herramientas y técnicas del proceso 5.4 Controlar los costos que pertenece al área de conocimiento gestión de costos y al grupo de procesos de monitoreo y control.

“El análisis del valor ganado compara la línea base para la medición del desempeño con respecto al desempeño real del cronograma y del costo” (Project Management, 2017) (Ver Figura 4.4).

Figura 4.4.

Análisis del Valor Ganado que muestra la Variación del Cronograma y del Costo, pronóstico de Estimación a la Conclusión y Estimación hasta la Conclusión



Nota. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) y El Estándar para la Dirección de Proyectos (7.ª ed.), Project Management Institute, 2021

Los indicadores que se obtienen de este análisis son: SV, CV, CPI, SPI, VAC, EAC, ETC, TCPI.

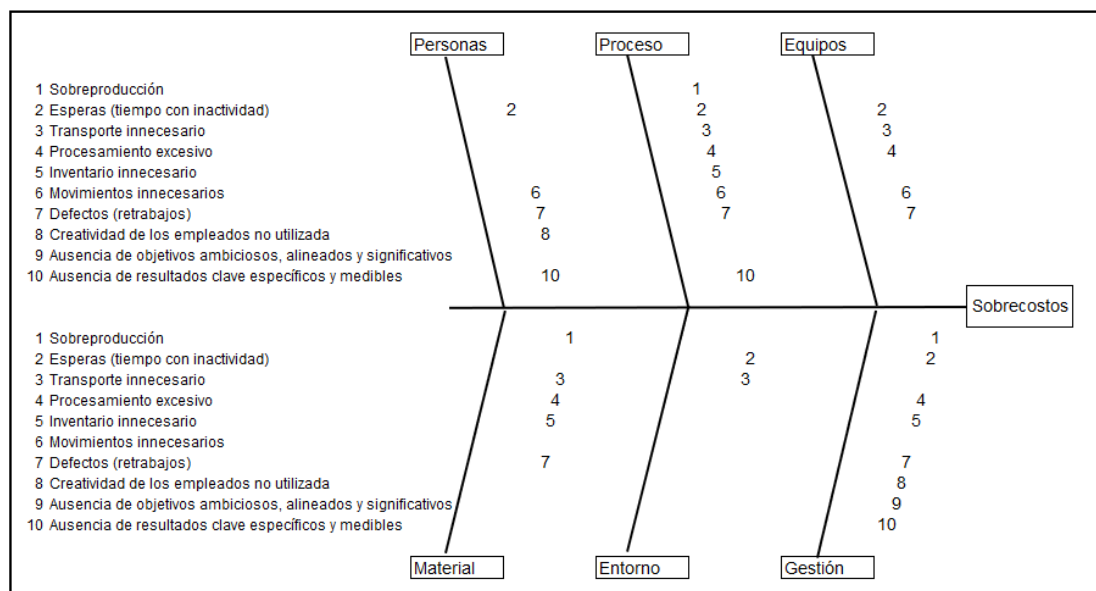
4.1.9 Diagrama causa-efecto

El diagrama causa efecto es una de las formas de representación de datos de las herramientas y técnicas del proceso 5.2 Gestionar la calidad, perteneciente al área de conocimiento gestionar la calidad del proyecto y al grupo de procesos de ejecución.

Los diagramas de causa y efecto son también conocidos como diagramas de espina de pescado, diagramas por qué-por qué o diagramas de Ishikawa. Este tipo de diagrama desglosa las causas del enunciado del problema identificado en ramas separadas, que ayudan a identificar la causa principal o raíz del problema. La Figura 4.5 es un ejemplo de diagrama causa efecto. (Project Management, 2017).

Figura 4.5.

Diagrama de causa y efecto



Nota. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (6.^a ed.), Project Management Institute, 2017.

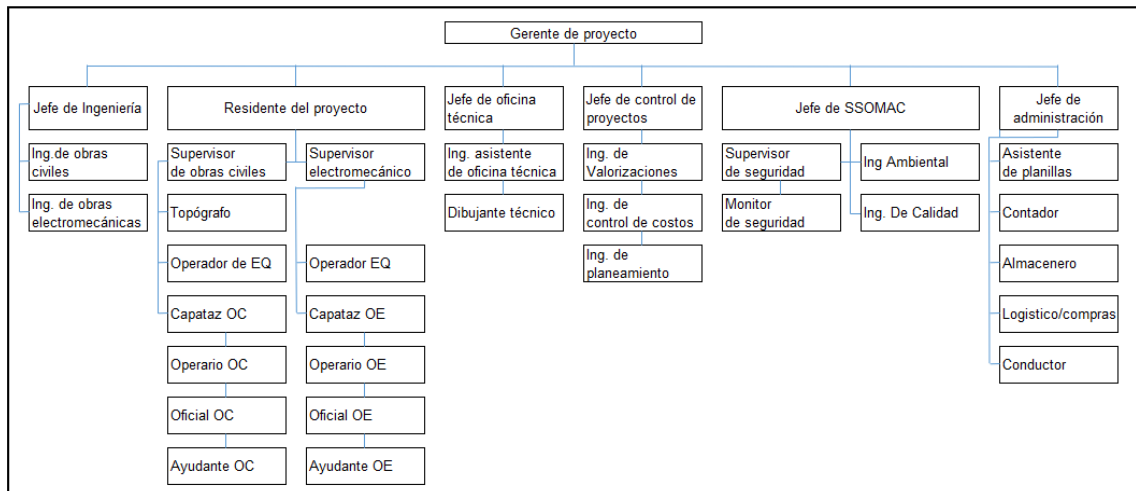
4.1.10 Organigrama

El organigrama es una salida del Proceso: 6.1 Planificar la gestión de recursos perteneciente al área de conocimiento Gestión de Recursos, grupo de procesos de planificación.

“Un organigrama del proyecto es una representación gráfica de los miembros del equipo del proyecto y de sus relaciones de comunicación” (Project Management, 2017). Ver Figura 4.6.

Figura 4.6.

Ejemplo de Organigrama



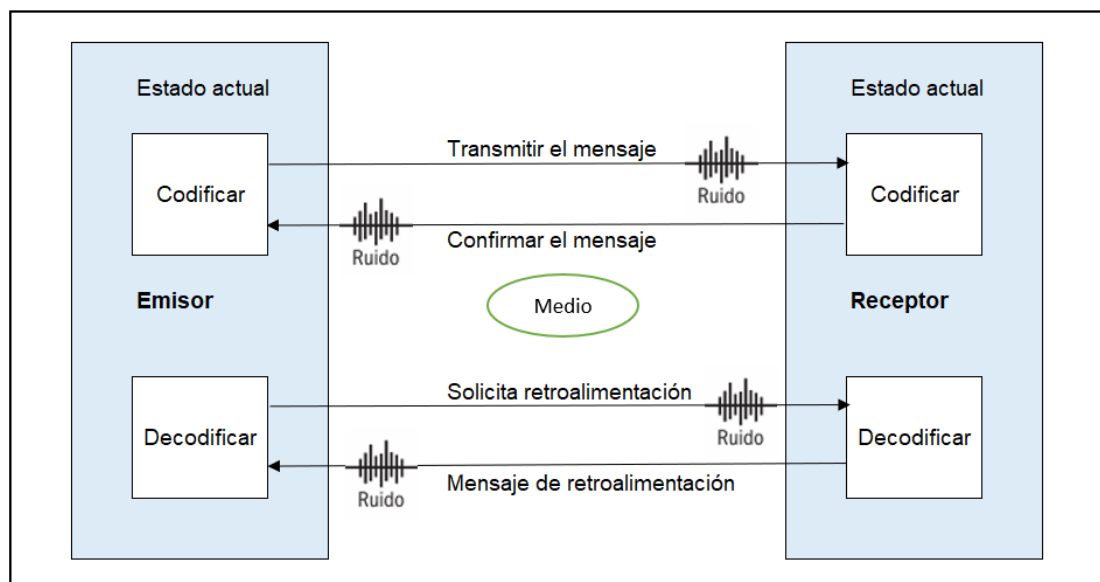
4.1.11 Modelo de Comunicación

Los modelos de comunicación forman parte de las herramientas y Técnicas del proceso 7.1: Planificar la gestión de las comunicaciones del área gestión de las Comunicaciones, y grupo de proceso de planificación. Ver Tabla 4.3. y Figura 4.7.

Los modelos de comunicación representan, el proceso de comunicación en su forma lineal más básica (emisor y receptor), en una forma más interactiva que abarque el elemento adicional de la retroalimentación (emisor, receptor y retroalimentación), o mediante un modelo más complejo que incorpore los elementos humanos del (de los) emisor(es) o receptor(es) e intente reflejar la complejidad de cualquier comunicación que involucra personas (Project Management, 2017).

Figura 4.7.

Modelo de Comunicación



Nota. Adaptado de Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) (6.ª ed.), Project Management Institute, 2017.

4.2 Lean Construction

El Lean Construcción (LC) es una metodología de gestión, que es una aplicación de la metodología Lean o el modelo Toyota a los proyectos de construcción. Que hace un fuerte énfasis en la producción magra o sin pérdidas.

Para el desarrollo de la metodología de monitoreo y control desarrollado en esta tesis, se utilizarán conceptos y herramientas del LC explicadas a continuación.

4.2.1 Mapeo de flujo de Valor – Value Stream Map (VSM)

“Un flujo de valor es la secuencia de actividades necesarias para diseñar, producir y entregar un bien o servicio a un cliente, e incluye los flujos duales de información y material.” (Martin & Osterling, 2014).

Es una herramienta de lápiz y papel que ayuda le ayuda a ver y comprender el flujo de material e información mientras el producto pasa por la cadena de valor. Lo que queremos decir con mapa de cadena de valor es sencillo: siga cuidadosamente el camino de producción de un producto desde el cliente hasta el proveedor y dibuje cuidadosamente una representación visual de cada uno de los procesos en el flujo de material e información (Rother & Shook, 1999).

“Todo esfuerzo de trabajo se clasifica como de valor agregado, necesario sin valor agregado o innecesario sin valor agregado” (Martin & Osterling, 2014)

4.2.2 Análisis de Desperdicio

Liker & Meier (2006) menciona que existen 8 tipos de pérdidas o desperdicio que no añaden valor en los procesos de producción:

1. Sobreproducción
2. Esperas (tiempo con inactividad)
3. Transportes o movimientos innecesarios
4. Sobre procesar o procesar incorrectamente

5. Exceso de inversión
6. Movimientos innecesarios
7. Defectos
8. Creatividad de los empleados no utilizada

4.2.3 Takt time

“El Takt es una palabra alemana referida al ritmo o compas” (Liker & Meier, 2006)

“El takt se utiliza para fijar el ritmo de la producción y alertar a los trabajadores cuando estén adelantados o retrasados” (Liker & Meier, 2006)

El Takt time es el tiempo que se calcula para la producción de un entregable, de acuerdo a lo solicitado por el cliente. Por ejemplo, si en una LT el cliente necesita que se instalen 100 torres en 100 días, el takt time sería un día (un día por torre). En caso necesitará 200 torres con el mismo tiempo ahora el takt time sería 0.5 días, el tiempo que demora en producir una torre, si se desea cumplir con el requerimiento del cliente.

4.2.4 Balanceo de líneas de trabajo

“Problema que consiste en determinar el número ideal de trabajadores asignados a una línea de producción.” (Niebel & Freivalds, 2009)

4.2.5 Last planner System (LPS)

El last planner System es un sistema que forma parte del enfoque LC, para la planificación, monitoreo y control de las actividades.

Este sistema se aplica de la siguiente manera. Se diseña una línea de producción, para cada entregable, que se considere necesario, para ello se secuencian las actividades o tareas, la diferencia entre secuenciar las actividades de un proceso en el LPS y secuenciar actividades del cronograma del proyectos como se indica en el PMBOK son principalmente la dependencia de las actividades, en el proceso siempre se usa la dependencia final comienzo (FC) fuerte, es decir es necesario que la

actividad predecesora esté completamente terminada, para recién iniciar la actividad siguiente del proceso, en cambio en el cronograma se usa cuatro tipos de dependencias FC, FC, CC y CF. Otra diferencia, es que el cronograma es una visión macro de los tiempos planificados del proyecto, en cambio los tiempos de ejecución de las actividades de un proceso tienden a ser más cortos. En un mismo día es posible llevar a cabo un proceso completo, por lo que cada actividad del proceso, solo se realizaría en horas. Por lo tanto, un diseño del proceso exige un conocimiento más a detalle del trabajo ejecutar. Se podría afirmar que un diseño de un proceso es una planificación rigurosa a detalle, y ello conlleva a su eficacia. En el LPS se diseña el proceso para un rendimiento objetivo, luego este rendimiento o equivalente es el que se considera para cada actividad del proceso,

Como el LPS forma parte del enfoque Lean, la minimización de desperdicio, es un objetivo inherente a esta herramienta.

En el caso del monitoreo igualmente se monitorea y controla el proceso, el análisis de restricciones es algo fundamental bajo esta metodología.

El LPS, tiene otra particularidad, que es la forma de elaborar la programación a corto plazo en la cual se involucra activamente al personal que ejecuta la actividad, el cual está representado por el líder de la cuadrilla. Para elegir las actividades que se realizarán en el corto plazo, se hace un análisis de las actividades involucradas (las cuales se obtienen del cronograma del proyecto) , las actividades que es factible su realización (las cuales se obtienen del proceso de monitoreo) , pero finalmente conjuntamente con los que realizan la actividad se decide que se realizará. Estas actividades a realizar en el corto plazo necesariamente están dentro de las que se son factibles de realizar, no se planifica nada que no se pueda realizar. De esa manera, se evita tiempos perdidos por tratar de realizar actividades que no cuentan con las condiciones previas necesarias. También se hace mucho énfasis en los

recursos a utilizar, así como el frente de trabajo, los cuales se recomienda estar disponibles antes del inicio los trabajos.

Como indicadores de desempeño de esta metodología (LPS) se usa el porcentaje del plan completado (PPC) que es la división de la cantidad de actividades ejecutadas entre la cantidad de actividades planificadas, es un indicador simple que lo que busca es dar mayor énfasis al cumplimiento de lo planificado.

Las reuniones diarias son también parte importante de este enfoque, en las reuniones diarias se planifican las actividades del día siguiente, se comunican las restricciones del día y se coordinan los planes inmediatos de acción. Es necesario que en estas reuniones participen todos los interesados de estos procesos. En estas reuniones también se comunica el avance y la utilización de recursos.

Es importante en este sistema la utilización de medios gráficos, que ayuden a los interesados, a tener información relevante del avance y de lo planificado, en todo momento. Estos medios gráficos incluyen cuadros de avance de actualización diaria, y cuadros de planificación que indiquen las metas a corto y mediano plazo.

4.3 Objetivos y resultados Clave (OKR)

“Un OBJETIVO, expliqué, responde tan solo a QUÉ hay que lograr, ni más ni menos. Por su naturaleza propia, los objetivos son concretos, trascendentes, realizan un llamamiento a la acción e inspiran (idealmente). Cuando se diseñan y utilizan de manera adecuada, suponen un remedio contra el pensamiento confuso y la ejecución imprecisa” (Doerr, 2019).

“Los RESULTADOS CLAVE son un marcador de referencia y monitorizan CÓMO llegamos a ese objetivo. Los resultados clave eficaces tienen que ser específicos, agresivos, establecerse en un marco temporal, y al mismo tiempo, realistas. Y sobre todo han de ser medibles y verificables” (Doerr, 2019).

Lo antes mencionado es perfectamente aplicable a un proyecto de construcción de una línea de transmisión donde se fijan metas diarias, para las actividades que se realizan.

4.4 Conceptos clave

4.4.1 Rendimiento de mano de obra

El rendimiento de la mano de obra, se expresa en HH/und o Und/HH

La mano de obra es uno de los elementos importantes en la estimación del trabajo en construcción (Storm, 2020). La hora-hombre de mano de obra depende del valor histórico del tiempo dedicado a las actividades de construcción (Storm, 2020). La unidad básica es definida como un trabajador que trabaja durante 1 hora (Storm, 2020).

Hora-hombre= tiempo x cantidad (cantidad unitaria)

El tiempo se expresa en relación con una unidad de medida como metro lineal, unidad de medida, metro cuadrado, tonelada (Storm, 2020). El tiempo puede ser individual o de cuadrilla y se basa en la tarea de construcción y la unidad de tiempo puede ser un minuto, hora, día, mes o año (Storm, 2020).

Como parte de la curva S, la cantidad acumulada de actividad se puede mostrar en función de los costos incurridos, la cantidad de horas de trabajo gastadas y la cantidad de material utilizado por el proyecto (Piselia, 2020).

4.4.2 Productividad

La productividad puede expresarse como la relación entre lo producido, y los medios empleados. Estos medios pueden ser hh, costo directo, costo indirecto, costo total. Etc.

4.4.3 Línea de transmisión eléctrica de 60 kV

Una línea de transmisión eléctrica es una infraestructura que comprende varias disciplinas: civil, mecánica, eléctrica, telecomunicaciones.

La disciplina civil se encarga de hacer el diseño de las bases de concreto. La disciplina mecánica se encarga del diseño de las torres de acuerdo al peso que soportarán. Como estructuras mecánicas se consideran tanto las torres como el conductor. La disciplina eléctrica se encarga del cálculo del conductor, en lo que respecta al tipo y diámetro del mismo, lo cual está relacionado a la carga eléctrica que soportará. El cálculo de la carga eléctrica también es parte de los estudios eléctricos. Por último, la disciplina de telecomunicaciones, se encarga del cálculo de la fibra óptica, que generalmente se instala en la parte superior de las torres, y de todos los equipos, accesorios y configuraciones necesarios para transmitir datos sobre el estado de la línea de un punto a otro.

4.4.4 Reuniones

Las reuniones en el proyecto son parte esencial de la gestión; se realizan con frecuencia diaria, semanal o mensual, de forma ordinaria o extraordinaria, siendo estas últimas convocadas ante la ocurrencia de un evento.

Las reuniones son integrales, participando todas las áreas de la empresa, o específicas por área, como son las reuniones de programación o de seguridad, en las que solo participan las áreas interesadas.

Las reuniones sirven para informar, pero también para designar responsables, sobre diversos temas relacionados al proyecto.

Gao & Low (2014) reveló que la mayoría a nivel proyecto, adoptan reuniones y planes semanales, y solo pocos en una periodicidad bisemanal a pedido de clientes. Así mismo, destacaron que la mayoría de los gerentes de proyectos y los ingenieros jefes juegan un rol importante al momento de determinar los planes semanales debido a su experiencia en proyectos similares. Resaltando además que antes de finalizar el plan semanal, es necesario que el equipo de planificación consulte con el capataz y los subcontratistas sobre la disponibilidad de recursos, las limitaciones de su trabajo

actual y otros factores. En una reunión menos formal, llamada reunión preliminar, Gao & Low, (2014) detalla que se invita al capataz y a los subcontratistas para discutir sobre la programación de la semana próxima, y esto es realizado antes de una reunión más formal donde se actualice a los clientes sobre el progreso del proyecto. Según la investigación llevada a cabo por Gao & Low (2014) como resultado de estas reuniones se obtiene un plan semanal que generalmente consta de tres partes:

- Resumen de los trabajos o actividades que se han completado en la última semana.
- Descripción general de los trabajos o actividades que se pretenden completar en la próxima semana.
- Análisis de las principales causas del retraso en el cronograma y contramedidas asociadas.

Paralelamente, en la entrevista realizada por Gao & Low (2014), algunos entrevistados destacaron que el equipo del proyecto llevaba a cabo reuniones breves al comienzo de la jornada laboral. En su estudio menciona que el objetivo es transmitir los objetivos diarios previamente establecidos durante la reunión semanal, así como cuestiones relacionadas con la Seguridad y Salud en el Trabajo, variaciones de planos, entre otras. Y en algunos casos, algunos entrevistados afirmaron que se celebraba un tipo de reunión al final de cada jornada laboral para revisar lo que realmente se había completado y discutir limitaciones que el equipo podría encontrar al día siguiente.

4.4.5 Recursos

Los recursos en los proyectos pueden clasificarse en los recursos del costo directo que figuran en el análisis de precios unitarios: Mano de Obra, Materiales, Equipos y subcontratos, y los que están asociados a los gastos generales.

Por lo general los recursos, que ofrecen rendimientos variables son la mano de obra y los equipos, por lo que se les monitorea. En lo que respecta a los materiales, en condiciones normales suelen tener una ratio de uso casi constante, por ejemplo, si para una base de concreto se calculó que se usarán 30 bolsas de cemento, esta ratio suele ser el mismo, tanto como si el trabajo se ejecuta en un día o en una semana, y en caso fuera diferente, la causa no radicaría en las demoras, sino en una exigencia del trabajo, que por más que se monitoree, es difícil optimizar. En caso de hurto o desperdicio excesivo, igualmente no es necesario monitorear constantemente, bastaría con hacer monitoreos puntuales. En caso de hurto, la salida del proyecto, de las personas que cometieron la falta, suele ser el control más rápido y efectivo. En el caso de desperdicio, la capacitación y las indicaciones de mejora y por último el retiro de personal en caso no siga los lineamientos, suelen ser algunas de las soluciones.

Los recursos de los gastos generales, suelen ser aquellos recursos, que es difícil asignarle a un entregable específico del proyecto, porque muchas veces está relacionado a más de uno o varios entregables, por lo tanto, se les monitorea y controla aparte, generalmente el costo es proporcional al tiempo que el recurso, permanece en el proyecto.

4.4.6 Modelo

El modelo, en este caso el modelo de gestión es una descripción de una propuesta de gestión, cuya aplicación puede ser adaptada a proyectos similares. El modelo describe como se controlará el proyecto, pero los detalles de la aplicación del mismo no son parte del alcance de esta tesis, sino que corresponde al equipo de dirección elaborar los reportes de acuerdo a las necesidades y estándares de cada empresa, lo que, si te dice el modelo es hacia donde direccionar los esfuerzos en el monitoreo y control para lograr mejores resultados. Según lo expuesto por Garel (2013), el

término modelo hace referencia a una representación o estructura conceptual que describe un enfoque sistemático o una forma de gestionar un proyecto, cuya definición se relaciona a una guía, un marco de referencia o un conjunto de mejores prácticas usados para alcanzar objetivos del proyecto. Es en el ámbito de gestión de proyectos que un modelo incluye un conjunto de principios, metodologías, herramientas y técnicas que se usan para planificar, ejecutar y controlar proyectos proporcionando un enfoque estructurado y organizado para la gestión de proyectos (Garel, 2013). Así mismo, resalta la diferencia entre prácticas gerenciales, relacionados con acciones específicas desarrolladas por los gerentes y los modelos de gestión son enfoques estructurados que proporcionan una base de mejores prácticas para la gestión de proyectos (Garel, 2013).

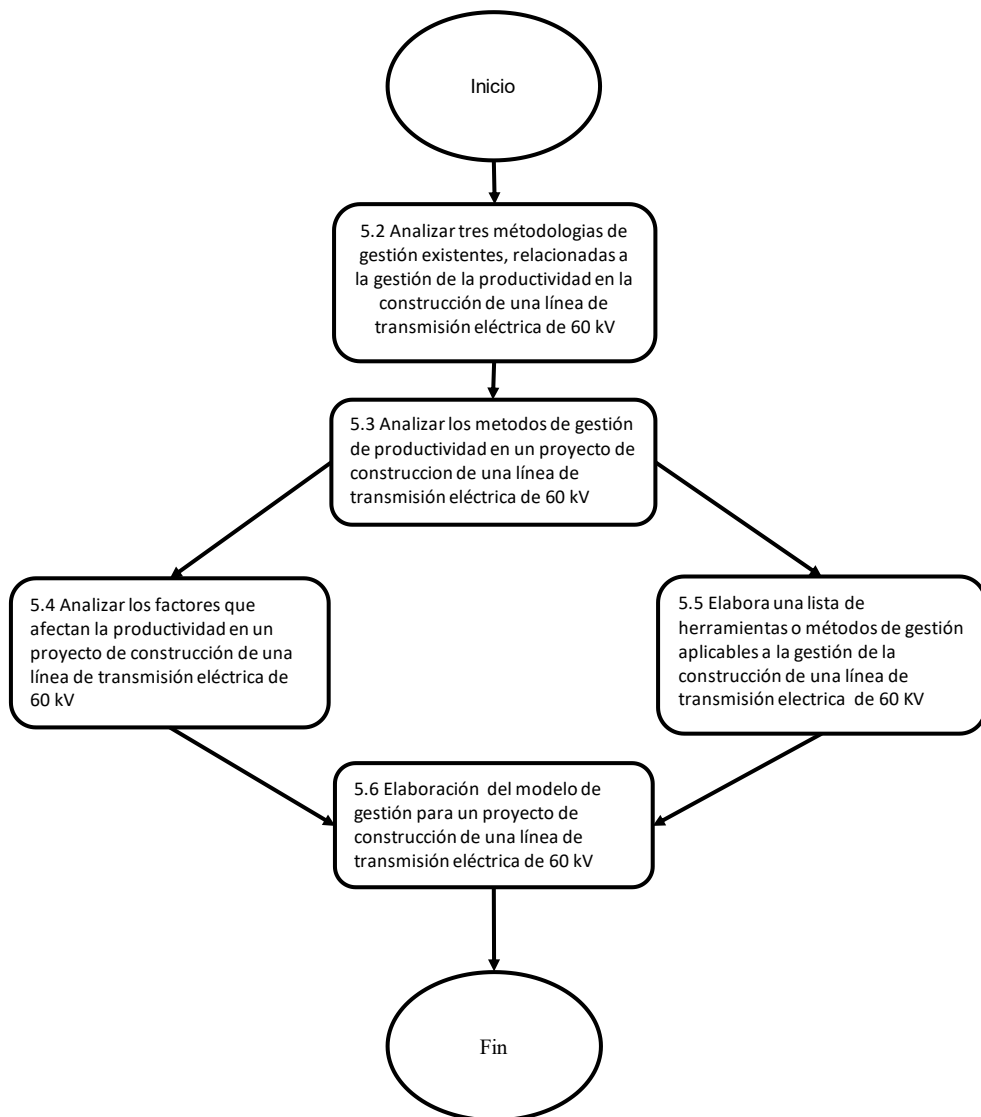
CAPITULO V: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

5.1 Introducción

En la Figura 5.1 se grafica la estructura general del diseño de la Investigación.

Figura 5.1.

Estructura General del diseño de la Investigación



5.2 Analizar tres metodologías de gestión existentes relacionadas a la gestión de la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV

En el desarrollo de la propuesta se utilizarán tres enfoques, PMI para medir los indicadores de desempeño, Lean construction para planificar y monitorear las actividades en el día a día, y OKR para fijar las metas diarias de las cuadrillas de trabajo.

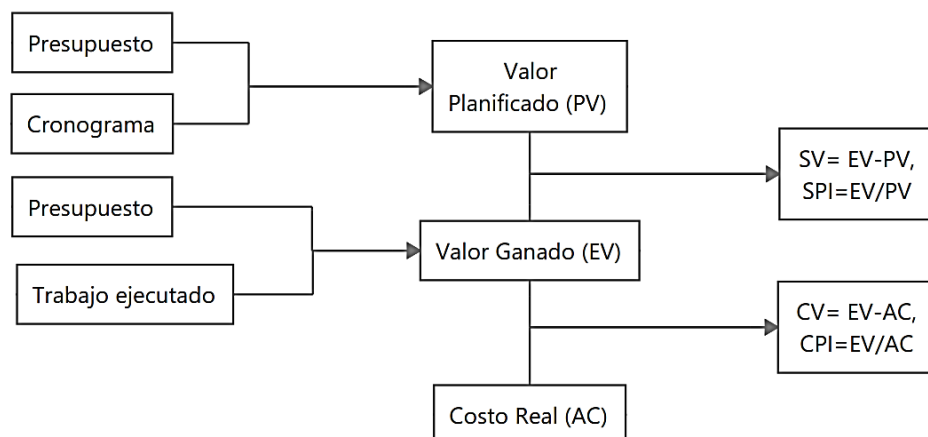
5.2.1 Herramientas y técnicas propuestas por el PMI relacionadas a la gestión de la productividad

Existen muchas herramientas de gestión propuestas por el PMI en el PMBOK, siendo el Análisis del Valor Ganado la principal herramienta desarrollada por el PMI relacionada directamente a la gestión de la productividad.

La técnica del Valor Ganado, es la herramienta más utilizada en la gestión de costos de un proyecto, permite conocer el estado actual de tres de las variables principales de la gestión de costos y cronograma: el costo actual, el valor ganado y el valor planificado, de los dos primeros se obtienen los indicadores de desempeño de costos y de los dos últimos los indicadores de desempeño de cronograma como se aprecia en la Figura 5.2.

Figura 5.2.

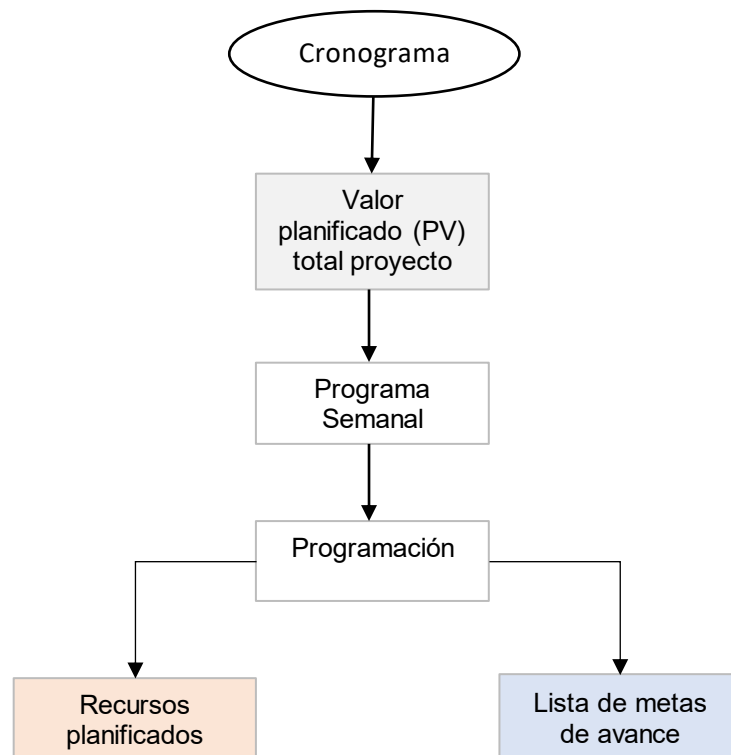
Indicadores de productividad del Análisis de Valor Ganado



En la Figura 5.3 se grafica como se obtiene la programación diaria a partir del cronograma para el caso que se solo se utilice la herramienta del Análisis de Valor Ganado

Figura 5.3.

Obtención de la Programación diaria a partir del Cronograma.



5.2.2 Herramientas y técnicas propuestas por el Lean Construction relacionadas a la gestión de la productividad

Entre las principales herramientas del Lean Construction que se utilizan en la Construcción de una Línea de Transmisión se tienen: los Trenes de trabajo y el Last Planner System.

La metodología LPS es eficiente y completa, y presenta una alta coincidencia con la propuesta de la presente tesis. Fue el doctor Glenn Ballard quien, en su tesis doctoral

Last planner System 2000, la expuso en detalle de manera magistral, mostrando evidencias de su eficacia mediante estudios de caso.

Esta tesis bien podría llamarse: *Last Planner System* aplicado a una línea de transmisión de 60 kV, con un pequeño pero significativo aporte. El aporte es fijar la productividad del tren de trabajo en un número simple, uno, dos etc., y el tiempo de ciclo del tren de trabajo en un día. Este cambio, aunque pareciera insignificante simplifica notablemente la planificación y con ello el monitoreo y control de todo el proceso a desarrollar. Es necesario, comprender porque se recomienda fijar estos valores en uno, o en su defecto en un número que ofrezca los mismos beneficios. En todo proceso de gestión encontramos que la comunicación clara y continua es muy importante. Cuando se fija la productividad de todas las tareas posibles en uno, que es el número más fácil de recordar, se está enviando un mensaje a todo el equipo de dirección y a todos los que ejecutan los trabajos: tu meta del día es hacer una unidad de lo que estes haciendo, hagas lo que hagas. por ejemplo, ante las preguntas, ¿cuál es el rendimiento de la excavación? Una torre diaria por cuadrilla, y ¿el rendimiento del acero? Una torre diaria por cuadrilla, y ¿el rendimiento del encofrado, concreto, montaje de torres, etc.? La respuesta a todos es una torre diaria por cuadrilla, con lo cual se ha logrado que la meta diaria sea 1 unidad. Además, todos conocen el rendimiento de las tareas, desde el gerente de proyecto, hasta el ayudante que realiza la actividad. Pero algo más importante es que, al finalizar el día, todo trabajador, sin intervención de otra persona, pueda concluir si cumplió o no la meta del día, y no solo al finalizar el día, sino incluso a lo largo del día, el mismo puede evaluarse constantemente: si cumplirá o no cumplirá la meta, si tiene que acelerar o puede descansar, si tiene que innovar o puede mantener el ritmo del trabajo, esto es debido a que, hacer una unidad de producción durante el día es lo más fácil de comunicar recordar e interiorizar.

Además, como todos los trabajadores conocen la meta del día, se logra la sinergia, que contribuye con el cumplimiento de las metas. El control es diario, la meta es fácil de recordar y fácil de registrar, por lo que el cumplimiento de la meta adquiere una mayor relevancia.

Hay que tener en cuenta que la meta de una unidad diaria ha sido establecida, utilizando todos los conceptos utilizados en el LC y en el LPS, como son el diseño del proceso, el mapeo del flujo de valor, el tren de actividades, teoría de las restricciones, balanceo de la línea de trabajo, etc. y que todo lo anterior, ha sido soportando por la información que se obtiene de la línea base de costos y línea base de cronograma. En otras palabras, la simplificación del proceso solo se da en la planificación final y en el monitoreo, para que sea accesible a todos. Internamente, el planificador, sigue manteniendo el detalle que exigiría cualquier modelo de control. Por ejemplo, el rendimiento de excavación de una cuadrilla de trabajo se expresa para fines de planificación y control, como una torre por día, pero el planificador, conoce cuánto mide cada excavación y cuantas personas son en cada cuadrilla. Por lo que también puede expresar los rendimientos en hh/m³ o m³/hh (hh: horas hombre) en caso se requiera.

Es tarea del planificador, del que diseña los trenes de trabajo, hacer todos los cálculos y análisis precedentes que involucran: cantidades de recurso por actividad, cantidad de trabajo por entregable, etc., antes de establecer la meta diaria y que esta sea transmitida, a todos los trabajadores.

Ahora bien, es posible que no siempre se pueda fijar la meta de una unidad en un día de trabajo, pero manteniendo el criterio de simplicidad se fija en un número fácil de recordar: una semana, un mes, o en medio día, siempre manejar metas de productividad, fácil de recordar, transmitir y monitorear. La meta que se fija inicialmente es la del tren de trabajo, ósea de todas las actividades que forman parte

del tren. En el caso de que las cantidades de las actividades (expresadas en m3, m2, kg, etc.) sean distintos para cada torre, pero las variaciones no sean significativas, la meta de una torre diaria es el equivalente a la meta de la semana, cuando esta se mide en la unidad por tipo de actividad. Es decir, un día se avanza más, otro menos, pero a la semana se avanza de acuerdo al avance planificado en m3, m2, kg, etc. También se maneja horas extras, en las torres más grandes con el fin de lograr la meta del día. O si amerita para ciertas torres, se elige como meta una torre en dos días, pero siempre buscando número enteros de días, para los plazos y una mayor productividad. Por decir si por cálculo del rendimiento se obtiene que es necesario 1.09 días para ejecutar una excavación de una torre, entonces la meta a transmitir es que la cuadrilla tiene un día para realizar la tarea, se redondea hacia el número más simple que mejore el rendimiento inicial planificado. Es preferible tener una holgura positiva de tiempo y costo redondeando el plazo de 1.09 días a 1.00 día, que redondearlo a 2.00 días planificando pérdidas.

La simplicidad de la información transmitida tiene un impacto positivo en los trabajos, haciendo más fácil y posible lograr la meta.

Este aporte que se le ha hecho al LPS, está muy relacionado con los conceptos de los objetivos y resultados clave, donde la meta tiene una relevancia especial, y donde se sustenta la importancia de simplificar la planificación, al menos a nivel comunicacional.

Hay una gran diferencia, para el cumplimiento de lo planificado, entre trabajar con metas y trabajar sin ellas.

Como parte de la aplicación del LPS, se elabora el tren de trabajo. En el proceso de planificación del día siguiente, que se realiza diariamente durante la reunión de programación, se hace partícipe al último planificador, que en este caso es el jefe de cada cuadrilla, lo que contribuye a mejorar la programación.

En las reuniones de programación diaria donde se elabora la programación del día siguiente, también se identifican y analizan las restricciones.

Para levantamiento de las restricciones, es muy importante la experiencia del líder del proyecto. Una experiencia optima no solo se limita al tipo de proyecto, sino que inclusive al conocimiento del cliente, interesados principales y lugar de trabajo.

La selección del líder de proyecto se da en la etapa de selección de personal, dentro del área de recursos humanos, y aunque se da en la etapa inicial, puede marcar la diferencia entre el éxito y fracaso de un proyecto.

5.2.3 Conceptos de objetivos y resultados clave (OKR) aplicados a un proyecto de construcción de una LT 60 kV

Los objetivos y resultados clave son un sistema de gestión basado en dos elementos principales: el objetivo y el resultado clave. En un proyecto de construcción de una línea de transmisión podemos tener el siguiente objetivo y resultado clave:

Objetivo: Tener el mejor sistema de gestión de proyectos.

Resultado Clave: Cumplir siempre con lo planificado, PPC (Porcentaje de Planificación Completada) igual al 100%. o CPI y SPI mayor o igual que 1.

No es el objetivo del modelo de gestión propuesto aplicar con exactitud la metodología OKR, pero si extraer lo concerniente a su enfoque orientado al cumplimiento de metas. El objetivo nos da el elemento inspirador y motivador y el resultado clave el indicador medible.

Una de las problemáticas principales en la gestión de proyectos, es el incumplimiento de lo planificado, problemática que sin embargo ha sido resuelto de una mejor manera en otras industrias como en la de tecnología y software, por eso migrar las metodologías exitosas aplicadas en esta industria, es una alternativa bastante desafiante, pero con muy buenos resultados.

A continuación, citaremos algunos objetivos y resultados clave específicos, para un proyecto de transmisión de una línea de transmisión eléctrica:

Objetivo n°1: Ser unos de los equipos de trabajo con mayor reconocimiento en la industria de la construcción.

Resultado Clave n°1.1: Cumplir lo planificado en avance, recursos y secuencia establecido en los trenes de trabajo.

Resultado Clave n°1.2: CPI y SPI mayor que 1.

Resultado Clave n°1.3: Equilibrio en el flujo: tiempo de espera entre una actividad y la actividad siguiente del proceso igual a cero, o al requerido por estándares de ingeniería como en el curado del concreto.

Objetivo n°2: Ser un equipo de trabajo líder e innovador que busque generar el mínimo de desperdicios.

Resultado Clave n°2.1: Cero Horas hombre y horas maquina paralizadas.

Resultado Clave n°2.2: Rendimientos del personal HH/und. y equipos HM/und. menor o igual al planificado.

En la Figura 5.4 se muestra el resumen de los resultados claves del personal en un día de trabajo en los diferentes entregables del proyecto.

Figura 5.4.

Resumen de resultados claves del personal en un día de trabajo.

EST. Incluidas en el tren de actividades Rc n°1.1	EST. NO incluidas en el tren de actividades Rc n°1.2 Rc n°1.3
Otros entregables del Proyecto	Rc n°2.2
Personal y equipos no asignados a ninguna actividad	Rc n°2.1
Total proyecto	Rc n°1.2

Nota: "Rc": es el resultado clave para cada caso. "EST": estructuras.

Una vez obtenida la programación diaria de los trenes de trabajo, se fijan las metas o resultados clave del día a día con las siguientes consideraciones: el resultado que se espera obtener se expresa con un valor numérico, el número que especifique la meta será un número fácil de recordar, por ejemplo, 1, 2 etc. de preferencia 1 por ser el valor más simple que existe. Por ejemplo, se podría ordenar a todas las cuadrillas de trabajo que la meta del día es hacer una torre, en cualquier actividad, ya sea que se encofre, se coloque acero, se instale concreto, o se monte la torre, se da la indicación, previa evaluación y coordinación de recursos, que en toda actividad del proyecto la cuadrilla de trabajo realizará el avance correspondiente a una torre al día. Generalmente para líneas de transmisión con torres de 3 toneladas de peso, rendir una torre diaria en todas las actividades o mayoría de ellas es algo factible, pero en el caso de líneas de transmisión con torres más grandes como de 20 toneladas, podría elegirse como valor de referencia una pata de torre al día, como la torre tiene cuatro patas sería la cuarta parte de la cimentación al día, pero en vez de utilizar un cuarto de torre, usamos una pata de torre al día lo cual es más fácil de recordar. Hay que tener en cuenta que todo trabajo de gestión implica comunicación, coordinaciones para sumar esfuerzos en una dirección determinada, por eso simplificar las metas trazadas, al máximo, logra un efecto de sinergia.

No es lo mismo decir el objetivo es hacer una torre al día en la actividad de excavación que es algo muy fácil de comunicar y recordar, que decir el objetivo es hacer 2.47 m³ de excavación por persona por día, imaginemos que sean trece personas tendrían que multiplicar el 2.47 por 13, para obtener la meta del día de la cuadrilla. Qué pasaría si la excavación total que corresponde a la torre es de 20 m³, puesto que una sola torre no tiene el metrado suficiente para un día de trabajo, no se podría cumplir la meta del día. Algunas veces se decide el traslado del personal y equipos de una torre a otra para completar el avance según rendimiento planificado,

pero esto genera un gasto adicional de horas hombre y horas maquinas. Las actividades de las torres suelen variar de metrado de una estructura a otra, y por lo tanto hacer ajustes diarios de cuantas personas se programan para cada torre, se torna algo engorroso, aunque el personal de oficina que planifica las actividades pueda hacerlo fácilmente con la ayuda de un programa computacional, para la cuadrilla que ejecuta el trabajo es más difícil recordarlo e interiorizarlo por lo que es mejor trabajar con números simples utilizando promedios cuando sea necesario. Un trabajador empeñoso puede saber de antemano cuál es el rendimiento esperado para cada actividad a lo largo de todo el proyecto, pero se trata de un trabajo en equipo, por eso es necesario que no solo un trabajador sino toda la cuadrilla, conozca e interiorice cuál es su meta del día y hacer una o dos torres al día es lo más fácil de interiorizar.

Hay que tener en consideración que simplificar los valores de avance diario no significa omitir los cálculos que puedan hacerse con la ayuda del Excel u otro programa, pero estos cálculos quedan para las cubrir las necesidades del planificador, el personal que realiza la tarea necesita metas simples y medibles.

En la construcción de una línea de transmisión todos los demás cálculos que puedan hacerse, se harán cuando sea conveniente, pero al personal que realiza el trabajo se le comunicara de la manera simple lo que se requiere de manera que todos lo entiendan y lo interioricen.

Cuando se utilizan números decimales en los rendimientos planificados, y con el cambio en el día a día del número de personas de una cuadrilla que pueda darse, se obtiene que el rendimiento por cuadrilla en un día es variable, y difícil de verificar, en un primer momento se podría intentar cumplir las metas expresadas de esa manera, pero luego caería en desuso por su variabilidad y por lo complejo para el trabajador de interiorizarlas y sobre todo de recordar y asimilar las variaciones. Por lo que es

mejor fijar un valor promedio, en torres, de producción y manejar las variaciones de metros con horas extras, incremento de equipos, de personal o de una mayor exigencia de esfuerzo laboral para ciertos casos, que se compensará con una menor exigencia en otros.

Entonces se dice a la cuadrilla que su meta es hacer una torre diaria, para esto previamente el planificador hizo cálculos de cuanto personal por cuadrilla es necesario para que el avance promedio cumpla los requerimientos de la planificación en cuanto a rendimientos y plazos. Se hacen los cálculos matemáticos detallados siempre, pero se deja estos cálculos para el planificador, mientras que al trabajador o la cuadrilla que realiza el trabajo se le proporciona un dato simple y limpio de lo que se necesita hacer; todos los trabajadores interiorizan que el objetivo cualquier cuadrilla de trabajo, en la actividad que se encuentre es avanzar una torre al día. A veces habrá torres más grandes que otras, si los valores están dentro de un más menos 20% quiere decir que la cuadrilla a veces se esforzara más y a veces menos, pero en promedio al avanzar una torre diaria estarán cumpliendo la cuota de rendimiento por trabajador requerido en la planificación inicial del proyecto.

En casos donde las dimensiones de las torres sean muy superior o muy inferior al promedio, de manera que asignarle un día de trabajo sea algo descabellado, se ajusta recursos o tiempo para esos casos excepcionales, o en su defecto si son un grupo numeroso de estructuras con esas características se le planifica de manera diferente.

La idea es que por más que se hagan cambios tratar en lo posible que la meta del día sea un dato simple y constante para cada caso, (por decir para la torre tipo A, se conoce el plazo de ejecución es un día, pero para la tipo B se conoce que se ejecuta en dos días, es simple y fácil de recordar) que todos interioricen de manera de que antes de salir a trabajar no solo un trabajador individual sino todo el equipo de trabajo

incluyendo al equipo de dirección, desde el cargo más humilde hasta la alta dirección tengan claro con exactitud y lo hayan interiorizado cual es el trabajo del día y las consecuencias de no cumplirlo, que generalmente son pérdidas económicas debido a que la cuadrilla que sigue en el tren de actividades queda paralizada si es que la actividad previa no ha sido culminada, para evitar estos casos de paralizaciones, habrá que recurrir en algunos momentos a realizar horas extras o inclusive trabajar domingos y feriados, lo cual no es recomendable en trabajos regulares, por el desgaste del personal y su impacto en el rendimiento, pero si es posible hacerse de manera excepcional, cuando se necesite.

5.2.4 Resumen de herramientas propuestas

Las herramientas a utilizar en la Gestión de la Productividad en la Construcción de una Línea de Transmisión según las metodologías o guías analizadas son:

- Valor Ganado
- *Last Planner System*
- Objetivos y resultados clave

En la Figura 5.5 se grafica como se obtiene la programación diaria utilizando el Análisis de Valor Ganado y el Tren de Actividades.

En la

Figura **5.6** se grafica como se fijan las metas y la cantidad de recursos para la programación diaria que se obtuvo del valor planificado (PV) del valor ganado y del tren de actividades, fijando la meta del avance diario y cantidad de recursos por cuadrilla de trabajo.

Figura 5.5.

Obtención de la programación a partir del cronograma y el tren de actividades.

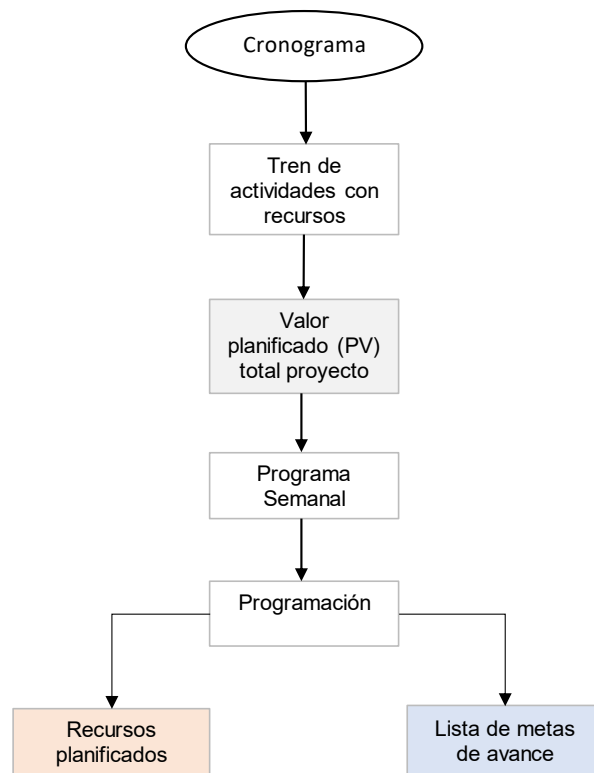
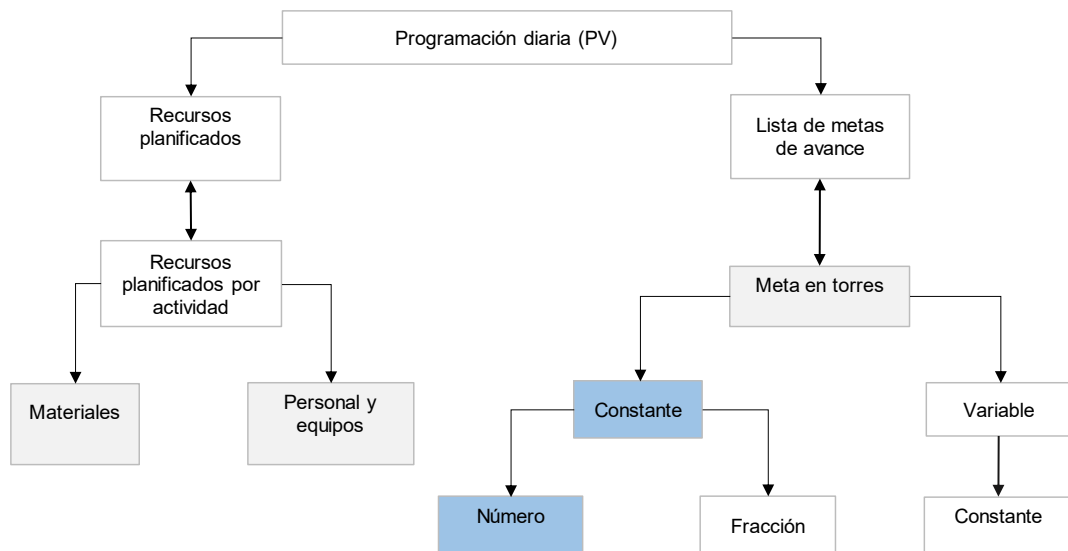


Figura 5.6.

Obtención de metas y cantidad de recursos de la programación diaria



5.3 Analizar los métodos de gestión de productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV

El estudio de caso es un proyecto de construcción de una LT de 60 kV, desarrollada en la sierra del Perú para un cliente que forma parte del estado, las herramientas utilizadas fueron variando en el tiempo, en un primer momento se utilizó el análisis de valor ganando, luego se agregó el *Last Planner System* de la cual se pueden destacar las siguientes herramientas, el tren de actividades y las reuniones de programación diaria, donde se realiza en análisis de las restricciones y finalmente se utilizó los OKR, con lo cual el modelo utilizado estaba completo. Tal como se propone en la presente tesis.

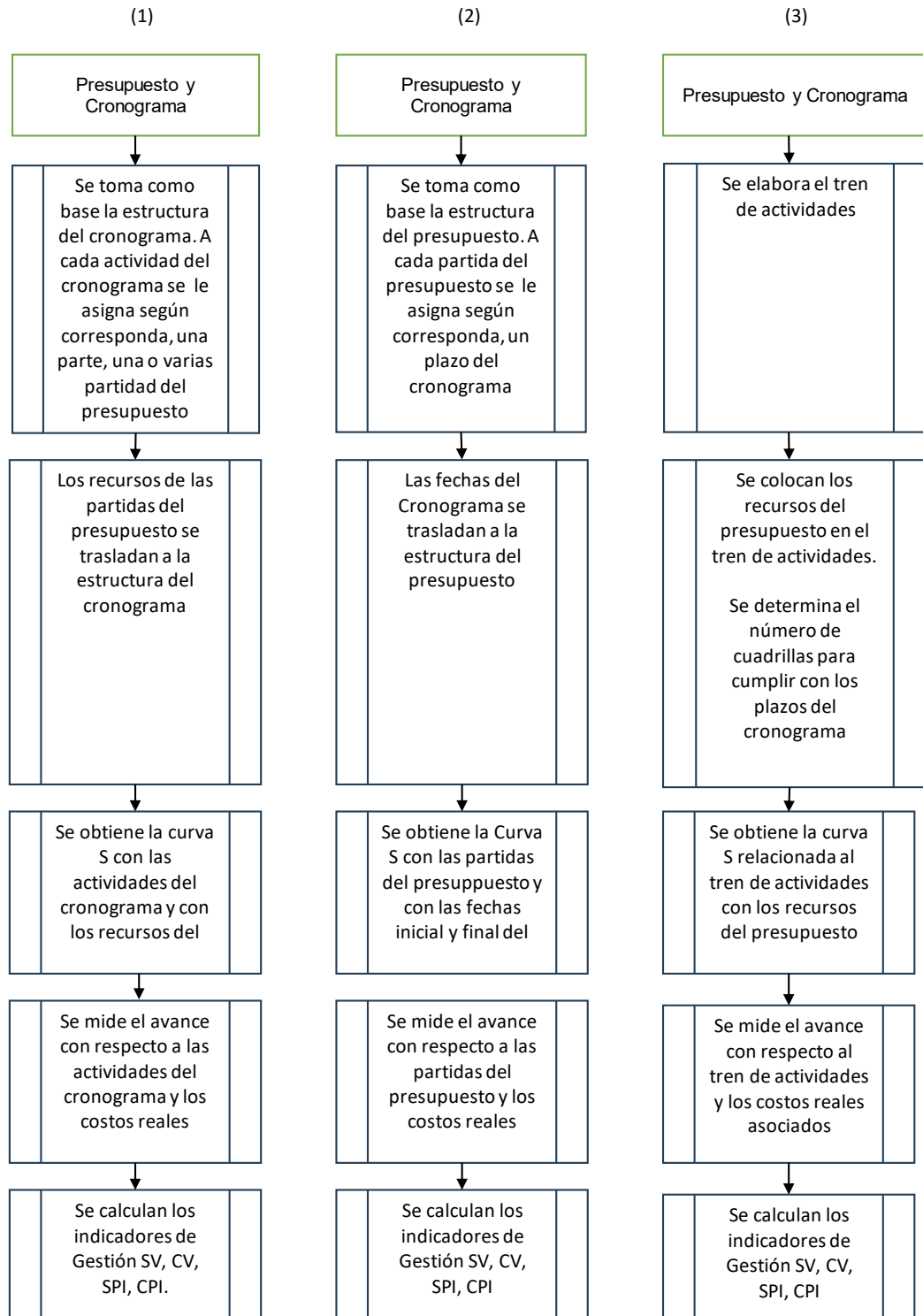
En la Figura 5.7 se muestran los diagramas de Flujo para distintos métodos alternativos de Control de Proyectos con el Análisis de Valor Ganado, en la Figura 5.7 3) se utiliza adicionalmente el tren de actividades.

El análisis de Valor Ganado frecuentemente se usa en conjunto con otras técnicas, este análisis ofrece una información por actividad y por el total del proyecto y se obtiene vinculando el cronograma con el presupuesto, para obtener una curva planificada de utilización de recursos. En la Figura 5.7, 1) la curva S se obtiene a partir del cronograma, colocándole los recursos según el presupuesto, en la Figura 5.7, 2) la curva S se obtiene a partir del presupuesto colocando las fechas del cronograma en las partidas del presupuesto, es más común generar la curva S a partir del cronograma, pero hacerlo en base al presupuesto también es válido, con la ventaja de que la asignación de recursos es directa. En la Figura 5.7 3) se ha generado la curva S a partir del tren de actividades, esta forma de análisis tiene las ventajas de que la información que se desprende de un tren de actividades es basada en una planificación realista, cuando se hace de la forma Figura 5.7 1) o 5.7.2) la distribución de recursos es aproximada, matemáticamente se proratea las

actividades y recursos , obteniendo por defecto fracciones o números no naturales, no aplicables a la realidad, por decir podría obtenerse que se necesita un número de personas o equipos no enteros, como referencia es muy útil, pero hay que hacer un cálculo de redondeo adicional, para no tener datos inconsistentes en la planificación. Además, al momento de que el programa distribuye las cantidades y los recursos planificados, en el plazo que se fija en el cronograma no considera la composición de la cuadrilla, la cual ha de tener una estructura y una producción mínimas por día. Lo que origina que se obtengan resultados de la programación diaria incongruentes, con los recursos mínimos disponibles para realizar la actividad. Por lo tanto, la recomendación es hacer la programación según se indica en la Figura 5.7-3. En la propuesta además de hacer la programación según la Figura 5.7-3, se agrega las consideraciones para fijar las metas del proceso, lo cual se aprecia en la Figura 5.8.

Figura 5.7.

Obtención de la Curva S con y sin Trenes de Actividades



5.4 Analizar los factores que afectan la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV

Entre los factores que afectan la productividad en la construcción de una línea de transmisión se encuentran:

5.4.1 Experiencia, conocimiento y habilidades del líder del proyecto

La experiencia conocimiento y habilidades del líder del proyecto es un factor muy importante que afecta la productividad en un proyecto de construcción. El control que se ejerce sobre la gestión del proyecto, esta intrínsecamente relacionado a la toma de decisiones. Y mientras más experiencia, conocimiento y habilidades tenga el líder del proyecto se podrán tomar mejores decisiones.

5.4.2 Ingeniería

La ingeniería o replanteo a destiempo o con errores es un factor muy importante que afecta negativamente la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión. De la Ingeniería es de donde se obtienen las cantidades de recursos materiales y equipos a utilizar, así como sus características técnicas, sin estos datos bien definidos, es muy difícil para el área compras y/o logística, hacer las compras y envío respectivo, lo cual origina retrasos en el inicio de las actividades y pérdidas económicas por personal y equipos paralizados.

5.4.3 Adelantos de Obra

Los adelantos de Obra también constituyen un factor muy importante para un contratista que ejecuta un proyecto de construcción, porque son estos adelantos, los que proveen del recurso monetario, necesario, para gestionar todos los recursos del proyecto, por lo tanto, contar con un adelanto de obra en la fecha planificada, influye fuertemente en el inicio del proyecto. La gestión de adelantos está acompañada de la gestión financiera de obtención de cartas fianzas.

5.4.4 Recursos

La falta de recursos en la oportunidad que se necesitan es uno de los factores, determinantes para el desarrollo normal de las actividades.

5.4.5 Personal con experiencia y capacitado

El recurso que más impacto tiene en la gestión del proyecto es el personal clave: Equipo de dirección del proyecto y capataces puesto que de ellos depende la gestión de los demás recursos del proyecto.

5.4.6 Liberación del área de terreno

En un proyecto de construcción de una línea de transmisión suelen presentarse problemas de servidumbre, que limitan el acceso al área de trabajo, creando retrasos. Como estas gestiones generalmente son ajenas al contratista se suele transferir los riesgos al cliente final, por lo que se su impacto se puede minimizar a nivel del contratista que ejecuta la actividad. Esta tesis es del punto de la vista del contratista. Pero si se quiere minimizar el impacto y costo de este factor, es importante hacer una buena gestión de servidumbre.

5.4.7 Documentación de seguridad y permisos

Principalmente en los clientes mineros, antes de iniciar cualquier actividad, se presentan una serie de documentos de seguridad, así como permisos de acceso al área de trabajo, sin los cuales no se pueden iniciar los trabajos, el no tener estos documentos, o tenerlos, pero elaborados inadecuadamente suele ser un factor de atrasos para el desarrollo normal de las actividades.

5.4.8 Sindicatos

Algunos de los requerimientos laborales de los sindicatos, así como su influencia (si es negativa) en la actitud frente al trabajo de los trabajadores, podrían también ser un factor que afecten la productividad sino se gestionan adecuadamente.

5.4.9 Planificación de los trabajos

Una buena planificación de los trabajos influye positivamente mientras que una planificación inadecuada afecta negativamente la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión. El que todos conozcan la planificación y todos apunten a la misma meta, es también un factor muy importante, de nada sirve que se elaboren documentos de planificación si no se den a conocer a todos los interesados. En la planificación del día a día es muy importante que participen el personal que realizará la actividad, representados en el jefe de cuadrilla o capataz, esto para garantizar que aquello que se está planificando, cuenta con todos los previos o recursos necesarios para su ejecución.

5.4.10 Calidad y Seguridad en el trabajo

Son dos componentes clave en la gestión de proyectos cuyos costos asociados se pueden considerar una inversión, puesto que a la larga te permite ahorrar muchos costos innecesarios.

5.4.11 Ambiente laboral

El ambiente laboral también es un factor importante puesto que afecta la motivación del equipo de dirección del proyecto y en general de todo el personal de la obra, un buen ambiente laboral facilitará el trabajo en equipo y la comunicación. Un mal ambiente laboral producirá el efecto contrario. Con respecto al ambiente laboral la fijación de los sueldos es un factor importante que afecta la productividad: *"La equidad, incluida una menor brecha salarial, se asocia con mayores niveles de cohesión, satisfacción y productividad en el lugar de trabajo."* Wilkinson & Pickett, (2009).

5.4.12 Análisis de las restricciones

El análisis de las restricciones y el levantamiento de las mismas, también es de vital importancia, en todo proceso siempre habrá alguna actividad o recurso, limitante, que impide o limita una mayor productividad en el proceso, saber identificarlas, y darles una atención adecuada contribuye a aumentar la productividad. Las reuniones diarias y semanales son el espacio apropiado para hacer una revisión de las restricciones y buscarles solución.

5.4.13 Los interesados del proyecto

Los interesados del proyecto, como el equipo del proyecto, el cliente, los proveedores, la comunidad, otros contratistas que comparten el área de trabajo, etc., pueden afectar la productividad en el proyecto. Si no se gestionan bien, pueden ocasionar paralizaciones por diferentes motivos que ocasionan improductivos.

5.5 Elaborar una lista de herramientas o métodos de gestión aplicables a la gestión de un proyecto de construcción de una línea de transmisión de 60 kV

Entre las herramientas a utilizar en la propuesta, se tienen:

- Cronograma del Proyecto
- Presupuesto del Proyecto
- Parte diario de trabajo
- Reporte semanal de obra
- Planilla de avance
- Resultado Operativo de Obra
- Tren de actividades
- Valor ganado
- Análisis de las restricciones
- Análisis de causa raíz
- Reuniones de programación diaria

- Programación de cuatro Semanas
- Plan de acción inmediato
- Proyección de Valorizaciones
- Calendario Valorizado
- Fijación del resultado clave

A continuación, explicaremos algunos de ellos,

5.5.1 Partes diarios de trabajo (PD)

Es un reporte elaborado en campo por el capataz o jefe de cuadrilla. Este reporte (**Figura 5.9**) contiene un detalle de los recursos: personal, equipos, y materiales utilizados, además del avance de los trabajos realizados. Se elabora uno para cada día y por cada cuadrilla de trabajo. Este reporte es validado por el supervisor y el residente de obra. Cuando en el reporte se colocan nombres y firmas de los trabajadores que realizan la actividad y las horas trabajadas, también puede ser utilizado para el tareo del personal, que es de donde se elaborara la planilla de pago de los trabajadores.

5.5.2 Planilla de avance

La planilla de avance es la herramienta con la que se monitorea el avance del proyecto (**Figura 5.10**), en un eje se encuentran todas las estructuras, y en el otro eje, las actividades en orden secuencial por estructura. Se coloca solo el % de avance de cada actividad por estructura. Con la planilla de metrados que se obtienen de la ingeniería se transforma estos avances en porcentaje a sus unidades respectivas. El control de avance se realiza diario.

5.5.3 Reporte Semanal de Producción (RSP)

Es un reporte que se elabora semanalmente (**Figura 5.12**) donde se acumulan los datos obtenidos del reporte diario. En el reporte semanal, se registran semana a semana las horas hombres (HH) gastadas del proyecto, que es el costo actual (AC)

en función de HH, y el avance del proyecto (EV). Ambos el AC y EV, se comparan con el PV (valor planificado) para obtener los indicadores de gestión. El valor planificado se calcula al inicio del proyecto, y se actualiza, con los cambios de alcance o cronograma del proyecto. Adicionalmente se estima una curva de proyección, la cual ofrece una estimación no formal sobre cómo podría evolucionar el proyecto en relación con el PV, utilizando ajustes basados en el estado actual.

5.5.4 Resultado Operativo (RO)

Es un reporte de costos que detalla todos los gastos del proyecto, organizados por cuentas de control para facilitar su análisis. En una primera etapa, se establece una línea base de costos que sirve para calcular el margen inicial del proyecto. Posteriormente, de manera mensual, se actualiza los costos incurridos durante el periodo y se proyectan los costos de los meses siguientes, lo que permite estimar un margen actualizado del proyecto.

5.5.5 Tren de actividades

Es un reporte intermedio entre el cronograma y la planificación final, se utiliza para mejorar la planificación del cronograma y corregirla de ser necesario. Para elaborar el tren de actividades se elabora una lista secuencial de las actividades de un mismo proceso. Se fija la productividad de la línea de proceso, que pasa a ser la productividad equivalente de cada actividad del proceso, con esta productividad se calculan los recursos para cada actividad, recursos que garantizarán un flujo continuo de trabajo (**Figura 5.11**).

5.5.6 Reuniones de programación diaria

Son reuniones cortas donde se programa las actividades a ejecutarse el día siguiente, en esta programación participa activamente el jefe de cuadrilla. Inicialmente se presentan aquellas actividades que por cronograma están programadas, pero finalmente se escogen solo aquellas que cuenten con todas las

condiciones previas necesarias para su ejecución. Antes de elaborar la programación del día siguiente se revisa brevemente el avance del día.

5.5.7 Programa de cuatro semanas

Es la programación en que se programan las tres semanas siguientes, y se reporta la semana actual, la que acaba de concluir. El objetivo es anticiparse, con un mayor plazo, en la adquisición de los recursos y levantamiento de las restricciones. Se puede decir que es una programación a mediano plazo. Esta programación es útil para calcular la proyección de la valorización del mes siguiente.

5.5.8 Calendario Valorizado

Es una planificación de todo el proyecto, donde se estima la valorización mes a mes, desde el mes actual hasta el final del proyecto. Es una planificación a largo plazo, y busca tener un horizonte total de todas las actividades a realizar. Su actualización constante al menos de manera interanual proporciona una proyección total del proyecto, basado en metas económicas mensuales que direccionan la gestión del proyecto.

Cuando la obra es con el estado, se utiliza este calendario valorizado como mecanismo de control, del estado al contratista. Se elabora al inicio del proyecto, y se actualiza solo en caso de incumplimiento, o por algún motivo justificado, previamente estipulado en la ley de contrataciones con el estado y su reglamento.

Estos reportes y herramientas tienen como insumo, el presupuesto venta y el cronograma contractual del proyecto.

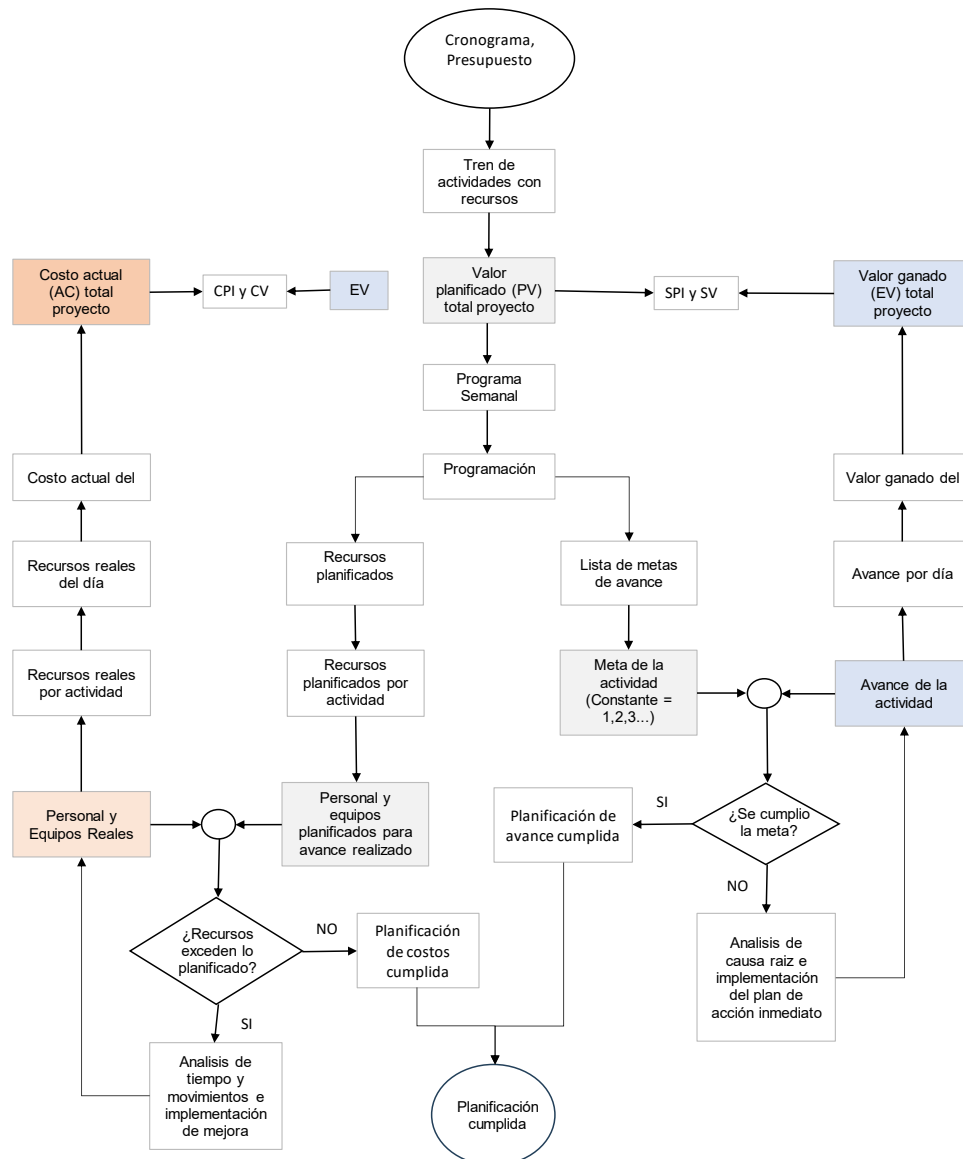
5.6 Elaboración del modelo de productividad para un proyecto de Construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV

5.6.1 Diagramas de flujo de la propuesta

En la Figura 5.8 se muestra el esquema general de la propuesta.

Figura 5.8.

Esquema general de la propuesta.



5.6.2 Principios del modelo de gestión propuesto

Los principios de la propuesta sin ningún orden específico son los siguientes:

- Planificación con objetivos y metas claras. Meta del tren de trabajo simple, la meta de tren igual a la meta de cada actividad. La secuenciación del tren de trabajo es importante.

- Al momento de crear estructuras de desglose para el monitoreo y control, considerar que la suma de las partes es igual al todo, y las partes son conjuntos disjuntos entre sí.
- La medición del avance se realiza en tres formas, planilla de avance, medición del avance mediante presupuesto de licitación acumulado (Valorizaciones) y valor ganado.
- Los que controlan son las personas. Los que deciden los cambios son las personas. Los que toman las decisiones son las personas. Lo que se mide es la productividad de un proceso que tiene una persona como responsable. Todas las estructuras de control tienen como último nivel un proceso que tiene un responsable.
- No dividas lo que no nace dividido y no totalices sin mantener el detalle perdiendo información: Ejemplo si los reportes son por cuadrilla de trabajo, entonces se elaboran controles que mantenga en suma toda la información del reporte por cuadrilla de trabajo.
- Utiliza reportes que ayuden al control y descarta los que no ayuden.
Los reportes tienen que ser exactos o con capacidad de serlo.
No hagas trabajo adicional innecesario, si la organización tiene establecido un método de control eficiente, tómallo como punto de partida para hacer mejoras incrementales. No reinventes lo que ya existe, usa lo que ya tienes primero.
- Las personas que realizan un trabajo habitualmente saben cómo monitorearlo y controlarlo, usa su experiencia para hacer nuevos reportes de control.
- En un proyecto todos hacen monitoreo y control del trabajo que tienen asignado.

- Hacer monitoreo sobre todas las actividades, las que agregan valor y las que no.
- Además del costo también es importante gestionar adecuadamente todas las áreas de conocimiento.

5.6.3 Procedimientos de la propuesta

Elaboración de la curva S

Se elabora la curva S, a partir del cronograma, del tren de actividades y del presupuesto del proyecto

Elaboración del VSM

Se elabora el VSM o mapa de flujo de valor con la información del cronograma y presupuesto. Se identifican posibles desperdicios y se planifica su eliminación (Figura 5.13, Figura 5.14 y Figura 5.15).

Elaboración del tren de trabajo

Se elabora el tren de trabajo a partir de las actividades y partidas del presupuesto, se ordenan las actividades en un flujo continuo, se fija el rendimiento del proceso y se hace el balance de recursos.

Determinación de resultados clave

Se determinan las metas por día, se hace participe a los trabajadores en la fijación de las metas diarias.

Reuniones diarias

Se realizan reuniones diarias con participación del líder de cuadrilla, se revisa el avance del día, las restricciones encontradas y se planifica el día siguiente. Se asigna responsables que se encarguen del plan inmediato para levantar las restricciones.

5.6.4 Documentos que se generan al efectuar las actividades de la propuesta

Figura 5.9.

Parte diario de Trabajo

		PARTE DIARIO DE TRABAJO							
					C. C.				
					PAG.		DE		
OBRA:					LUGAR:				
GRUPO DE TRABAJO:					FECHA:				
IT	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	TOTAL HORAS	HH / ACTIVIDAD ó FASE					
				①	②	③	④		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
PRODUCCION			UN CANT						
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES								FASE	
1									
2									
3									
4									
IT	MATERIALES	UNID	CANT	EQUIPOS	UNID	CANT			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
OBSERVACIONES									
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:					
Firma:	Fecha:	Firma:	Fecha:	Firma:	Fecha:				

Figura 5.10.

Control de avance físico de LT 60 KV.

CONTROL DE AVANCE FISICO LT 60 kV																								
N° DE EST.	TIPO DE EST.	REPLANTEO TOPOGRAFICO	SECCIONAMIENTO DE PATAS	TIPO DE FUNDACION	MEDIDA RESIST. TERRENO	CAMINOS DE ACCESO	ACARREO DE AGREGADOS	MARCAJON EXCAVACION	EXCAVACION	SOLADO	INST. ACERO	NIVELACION STUB	ENCOFRADO	VACIADO DE CONCRETO	INST. DE PARRILLAS	RELLENO Y COMPACTADO	PRUEBA DE COMPACTADO	PUESTA A TIERRA	MEDIDA DE RESISTIVIDAD	ESTADO DE SERVIDUMBRE	TIPO SE SUELO	SELECCION DE ESTRUCTURAS	TRANSPORTE DE ESTRUCTURA A PIE DE CARRETERA	
1	T-3	10	10	Stub	10		10	10	10	10	10	10	10	10		1	1					LI	1	1
2		10	10	Parrilla	10	10																		
3		10	10	Parrilla	10	10																		
4		10	10	Parrilla	10	10																		
5		10	10	Stub	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10								LI		
6		10	10	Parrilla	10	10	10																	
7		10	10	Parrilla	10	10	10																	
8		10	10	Parrilla	10	10	10																	
9		10	10	Parrilla	10	10	10																	
10		10	10	Stub	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10							LI		

CONTROL DE AVANCE FISICO LT 60 KV																	
N° DE EST.	TIPO DE EST.	ESTADO DE SERVIDUMBRE	TIPO DE SUELO	SELECCION DE ESTRUCTURAS	TRANSPORTE DE ESTRUCTURAS A PIE DE CARRETERA	TRANSPORTE DE ESTRUCTURAS A PTO DE IZAJE	MONTAJE DE ESTRUCTURAS	TORQUEO VERTICALIDAD Y TORSION TORRE	INSTALACION CADENA AISLADORES	TENDIDO CORDONA CABLE OPGW	TENDIDO CABLE OPGW	TENDIDO DE CORDINA CONDUCTOR	TENDIDO CONDUCTOR KM	REGULADO CABLE OPGW	REGULADO DE CONDUCTOR	PRUEBAS PUESTA EN SERVICIO	OBSERVACIONES
1	T-3		U														
2	S-3																
3	S-3																
4	S-3																
5	A-3		U														
6	S-3																
7	S-3																
8	S-3																
9	S-3																
10	A-3		U														

Figura 5.11.

Tren de actividades

TREN DE ACTIVIDADES																									
Estructura/Día	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
1	RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR									
2		RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR								
3			RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR							
4				RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR						
5					RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR					
6						RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR				
7							RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR			
8								RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR		
9									RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR	
10										RT	SP	MR	CA	AA	ME	EX	SO	IA	NS	EN	CO	RC	PC	PT	MR

COD	CUADRILLA	Und	Takt time Planing	Und Equivalente	Recursos
RT	REPLANTEO TOPOGRAFICO	Und	1	Torre	
SP	SECCIONAMIENTO DE PATAS	pata	1	Torre	
MR	MEDICION DE RESISTIVIDAD DE TERRENO	torre	1	Torre	
CA	CAMINO DE ACCESO	mts	1	Torre	
AA	ACARREO DE AGREGADOS	m3	1	Torre	
ME	MARCAJON DE EXCAVACION	pata	1	Torre	
EX	EXCAVACION	m3	1	Torre	
SO	SOLADO	m2	1	Torre	
IA	INSTALACION DE ACERO	kg	1	Torre	
NS	NIVELACION DE STUB	Und	1	Torre	
EN	ENCOFRADO	m2	1	Torre	
CO	CONCRETO	m3	1	Torre	
RC	RELLENO Y COMPACTACION	m3	1	Torre	
PC	PRUEBA DE COMPACTADO	und	1	Torre	
PT	PUESTA A TIERRA	und	1	Torre	
MR	MEDIDA DE RESISTIVIDAD	und	1	Torre	

Figura 5.12.

Reporte Semanal de Producción

FASE	DESCRIPCION	Unid	Metrado Actual	Rendimiento (H-H/Unid)		PV (%)	EV(%)	AC(%)	Desviación		Indice	
				PLANIFIC.	ACTUAL				SV	CV	SPI	CPI
A	LINEA DE TRANSMISION	GLB				50.8%	47.9%	51%	-2.9%	-2.8%	0.94	0.94
	OBRAS CIVILES LT					44.4%	83.5%	89%	39.1%	-5.6%	1.88	0.94
1.0	TRABAJOS PRELIMINARES	GLB				106.2%	92.3%	51%	-13.9%	41.5%	0.87	1.81
1.1	CAMPAMENTOS Y MONITOREO DE RESTOS AR	GLB	1.00	846.29	960.00	100.0%	50.0%	57%	-50.0%	-6.7%	0.50	0.88
1.2	REPLANTEO, GESTION DE SERVIDUMBRE	KM	76.18	63.53	34.08	108.9%	108.9%	58%		50.5%	1.00	1.86
1.3	LIMPIEZA	HA	9.00	136.00	41.28	100.0%	56.1%	17%	-43.9%	39.1%	0.56	3.29
2.0	CAMINOS DE ACCESO	GLB				100.0%	78.8%	82%	-21.2%	-2.8%	0.79	0.97
2.1	CONSTRUCCION DE CAMINOS	KM	13.50	304.84		100.0%			-100.0%			
2.2	MEJORAMIENTO DE CAMINOS	KM	7.80	189.51	234.86	100.0%	117.2%	145%	17.2%	-28.0%	1.17	0.81
2.3	CAMINO DE HERRADURA DE 4M DE ANCHO	KM	20.94	590.15	594.07	100.0%	100.4%	101%	0.4%	-0.7%	1.00	0.99
3.0	CIMENTACIONES	GLB				73.3%	75.4%	84%	2.1%	-8.4%	1.03	0.90
3.1	EXCAVACIONES	M3	4573.67	8.88	7.88	60.7%	82.2%	73%	21.5%	9.3%	1.36	1.13
3.2	RELLENO Y ELIMINACION	M3	4555.45	3.40	4.66	48.4%	51.7%	71%	3.3%	-19.1%	1.07	0.73
3.3	NIVELACION DE STUBS	U	100.00	40.00	53.73	100.0%	95.0%	128%	-5.0%	-32.6%	0.95	0.74
3.4	INSTALACIÓN DE PARRILLAS	U	77279.23	0.15	0.19	45.7%	25.6%	31%	-20.1%	-5.6%	0.56	0.82
3.5	SOLADO	M2	1116.28	0.56	2.43	91.4%	92.0%	339%	0.6%	-307.1%	1.01	0.23
3.6	ACERO	KG	40762.09	0.11	0.15	101.6%	91.4%	122%	-10.2%	-31.1%	0.90	0.75
3.7	ENCOFRADO	M2	1327.36	2.15	3.27	96.2%	94.7%	144%	-1.5%	-43.5%	0.98	0.66
3.8	CONCRETO	M3	502.90	16.96	20.42	89.2%	93.3%	112%	4.0%	-19.0%	1.05	0.83
3.9	TRANSPORTE DE AGREGADOS	KG	1771092.50	0.02	0.02	46.7%	96.1%	103%	49.4%	-6.5%	2.06	0.94
3.10	TRANSPORTE DE PARRILLAS	KG	77279.23	0.08	0.07	46.7%	23.5%	20%	-23.2%	4.0%	0.50	1.20
	OBRAS ELECTROMECANICAS					6.4%	4.3%	4%	-2.1%	0.4%	0.67	1.09
4.0	MONTAJE DE ESTRUCTURAS	GLB				17.8%	8.4%	7%	-9.4%	1.6%	0.47	1.23
4.1	CLASIFICACION DE TORRES Y MONTAJE	U	172.00	96.63	110.30	21.9%	12.2%	14%	-9.6%	-1.7%	0.56	0.88
	TRANSPORTE DE TORRES	KG	850000.00	0.03	0.02	15.6%	6.3%	3%	-9.3%	3.5%	0.41	2.21
5.0	MONTAJE DE CONDUCTOR	GLB										
5.1	CONDUCTOR	M	224661.00	0.15								
5.2	CABLE DE GUARDA	M	80530.00	0.11								
5.3	ACCESORIOS	GLB	1.00	10,047.31								
6.0	PUESTA A TIERRA	GLB				51.6%	42.4%	41%	-9.2%	1.4%	0.82	1.03
6.1	PUESTA A TIERRA	GLB	1.00	18,436.52	17,846.99	51.6%	42.4%	41%	-9.2%	1.4%	0.82	1.03
7.0	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO	GLB										
7.1	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO	GLB	1.00	640.00								

Figura 5.13.

Elaboración del VSM para una LT 60 kV.

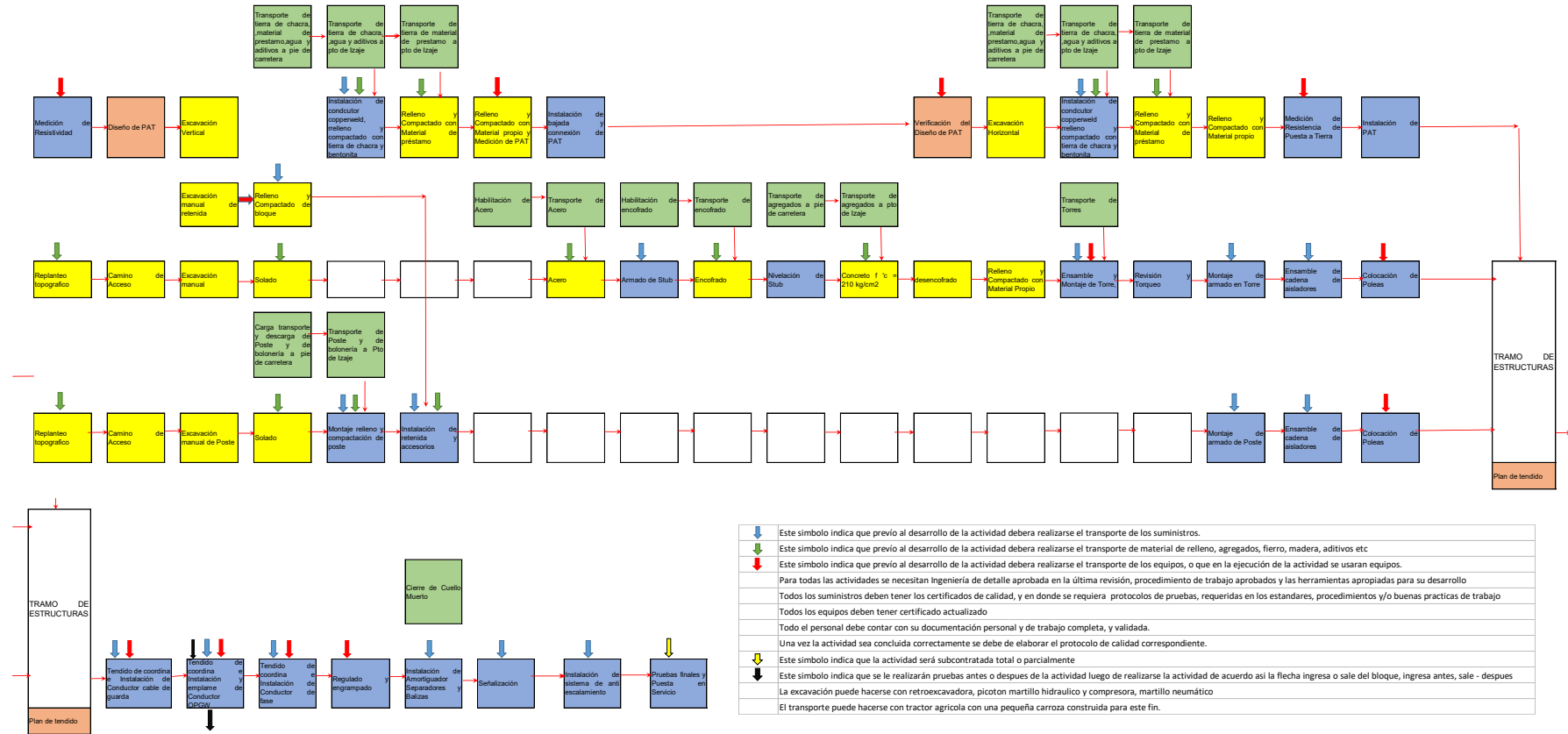


Figura 5.14.

Elaboración del VSM para una LT 60 kV para una actividad.

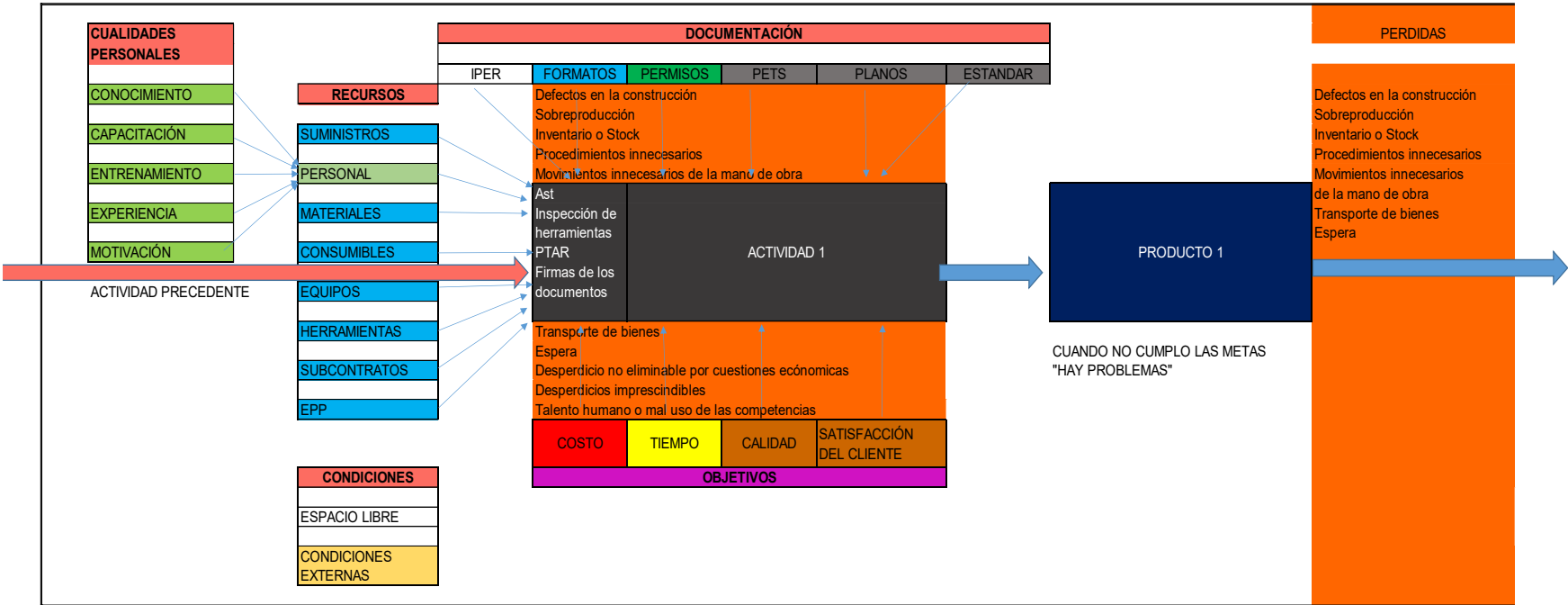
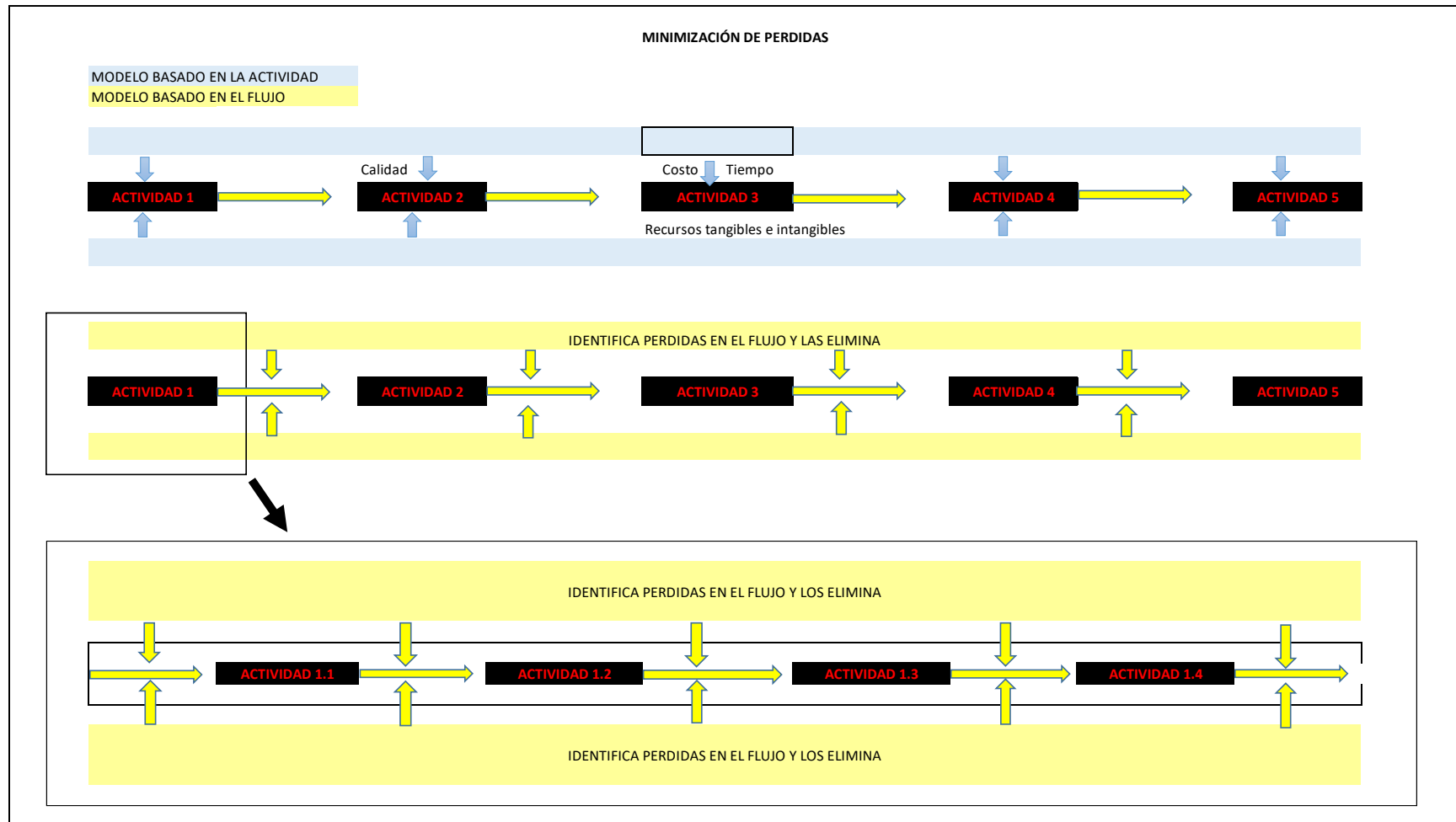


Figura 5.15.

Minimización de pérdidas en el flujo y en la actividad.



5.7 Resumen de la propuesta

El resumen del modelo de gestión propuesta se muestra esquematizado en la Figura 5.16 (Estructura general), Figura 5.17 (Planificación), Figura 5.18 (Monitoreo) y Figura 5.19 (Control).

Figura 5.16

Estructura general del modelo de planificación, monitoreo y control

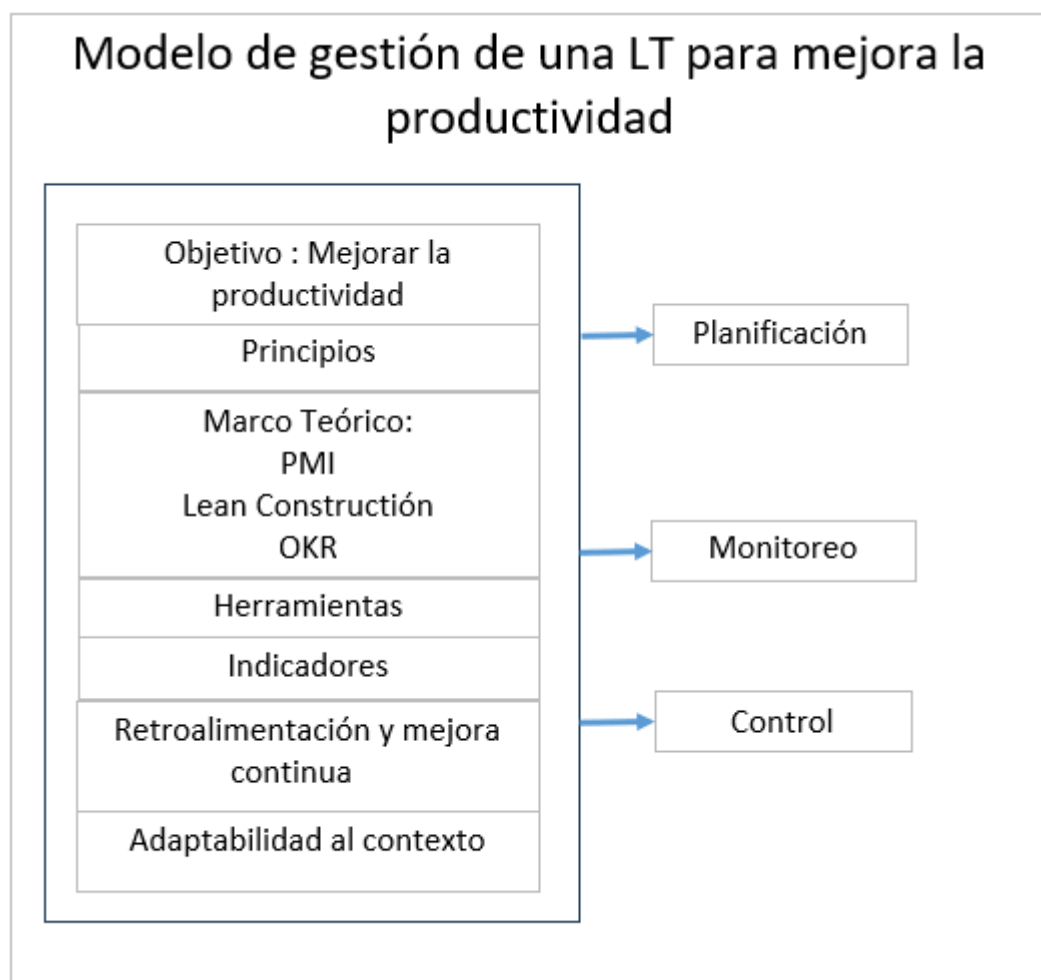


Figura 5.17

Estructura general del modelo de planificación

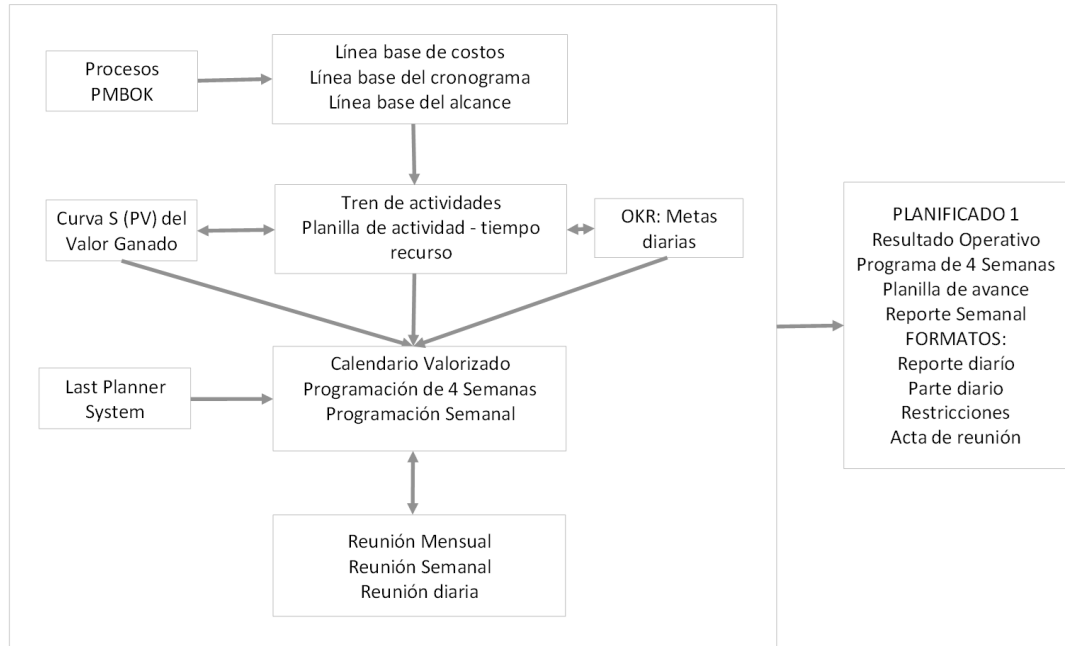


Figura 5.18

Estructura general del modelo de monitoreo

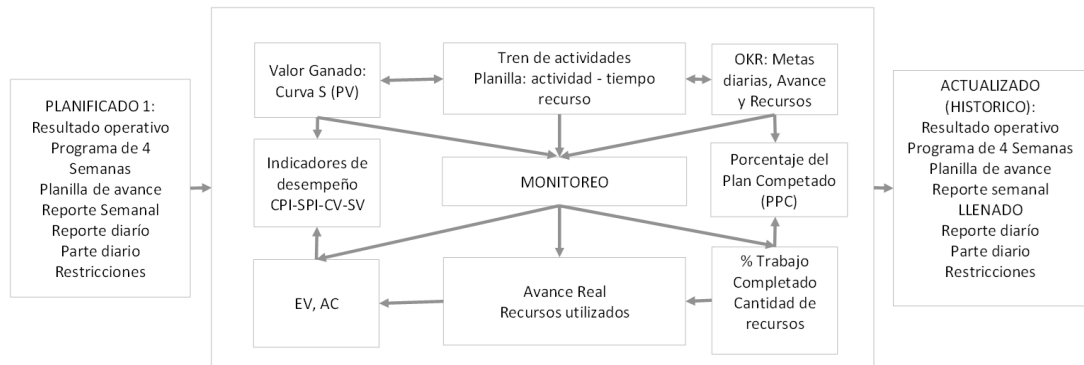
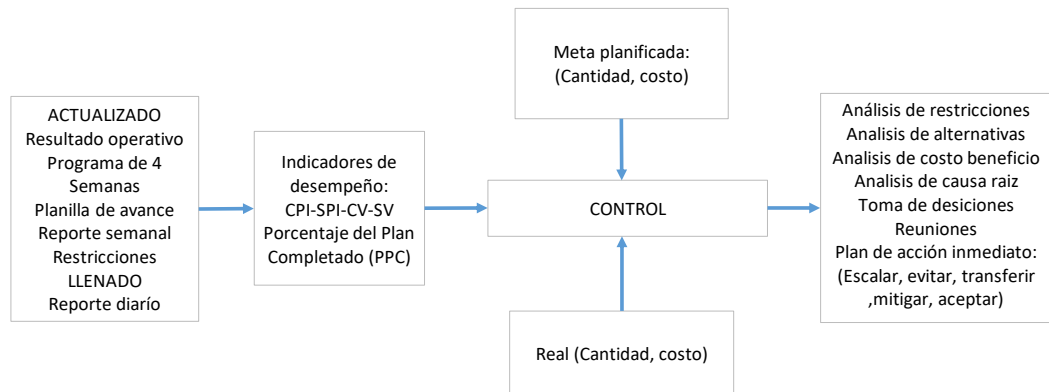


Figura 5.19

Estructura general del modelo de control



CAPITULO VI: ESTUDIO DE CASO

6.1 Metodología

Los proyectos de construcción de una Línea de Transmisión actualmente son gestionados principalmente por dos modelos de gestión: PMI y Lean Construcción. Entre las herramientas más utilizadas del PMI para la gestión de costos y cronograma se tiene el Análisis de Valor Ganado (EVA). Entre las herramientas más utilizadas del Lean Construction se tiene al *Last Planner System* o también llamado Sistema del Último Planificador, el *Value Stream Mapping* o Mapa de la Cadena de Valor, así como los trenes de trabajo y la eliminación de desperdicio.

Para realizar el monitoreo de la productividad se utilizan los indicadores de gestión CPI, SPI, CV y SV que se obtienen del análisis de Valor Ganado, el porcentaje de cumplimiento de lo planificado (PPC), que se utiliza en el *Last Planner System*, y la comparación de la productividad real con la planificada. Estas tres formas de monitorear entregan información complementaria que se utiliza para monitorear el estado de la productividad en el proyecto.

6.2 Datos de entrada.

Los datos de entrada que se consideran son las herramientas utilizadas.

6.3 Datos de salida

Los datos de salida es la curva S e indicadores de desempeño.

6.4 Resultados

Se realiza el análisis de valor ganado utilizando para su cálculo los siguientes criterios: horas hombre, costo directo, gasto general y costo total.

En cada criterio se utiliza para la elaboración de la curva S, el costo asociado al tipo de criterio, así para el criterio de horas hombre, todos los costos fueron calculados

en base a las horas hombres; para el criterio del costo directo, todos los costos fueron calculados en base al costo directo, y así sucesivamente para cada criterio.

Para el criterio de HH, el PV, del Análisis de Valor Ganado, se calcula en base a las cantidades de cada actividad, los análisis de precios unitarios (APU) del presupuesto y el cronograma. El Análisis del Valor Ganado para este criterio se hace en el Reporte Semanal de Producción (RSP).

Para los criterios de costo directo, gasto general y costo total, el PV se obtiene del primer Resultado Operativo (RO) del proyecto. El análisis del valor ganado para estos criterios se obtiene del RO.

En el análisis de valor ganado utilizando los criterios: horas hombres, costo directo, gasto general y costo total se analizan las siguientes mediciones, antes de iniciar la implementación de la propuesta, en un estado intermedio con implementación de la propuesta y en una semana próxima a la culminación del proyecto.

6.5 Resultados iniciales antes de implementar la propuesta

6.5.1 Análisis de valor ganado (HH)

Valor planificado: el valor planificado se obtiene del cronograma, asignándole a cada actividad cantidades y HH que le corresponden de acuerdo al análisis de precios unitarios.

Costo Actual: el costo actual se obtiene, de la HH reportadas por las cuadrillas de trabajo, en el parte diario de trabajo.

Valor ganado: el valor ganado se obtiene del avance diario reportado en el parte diario de trabajo, dicho avance es verificado y procesado en la planilla de avance.

Inicialmente no se utilizó, la planilla de avance para la verificación de los avances, solo se usó el parte diario de trabajo.

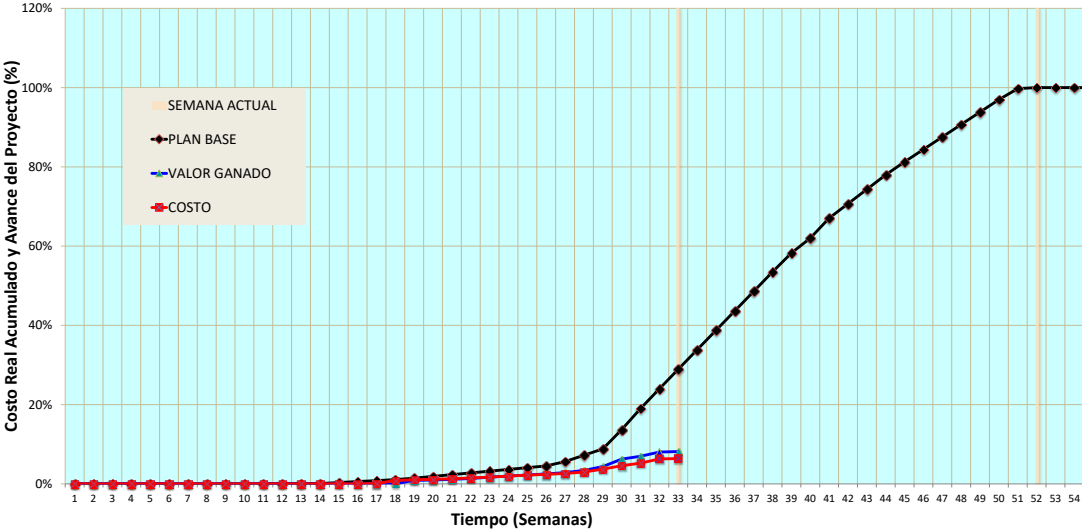
Los partes diarios de trabajo suelen tener errores en cuanto al avance, debido a que a los líderes de cuadrilla les cuesta reportar un avance no significativo o nulo en una

jornada de trabajo, por lo que tienden a reportar avances ficticios superiores al real. Estos errores se tratan de corregir con revisiones aleatorias no sistematizadas, pero por suponer un mayor esfuerzo, muchas veces no se realiza. Implementando la planilla de avances una herramienta que es parte del modelo de gestión, se hizo una mejora al control del avance del proyecto con la cual se corrigen los errores en el avance obtenido del Parte Diario, manteniendo el error dentro de un rango aceptable. En el reporte semanal se visualiza semanalmente en forma acumulativa el PV, EV y AC de los cuales se obtienen los indicadores de desempeño SV, CV, SPI y CPI (Figura 6.1 y Figura 6.2).

Figura 6.1
Análisis del Valor Ganado (HH) – Semana 33

SEM 33	PARCIAL	ACUMULADO
PV	4.9%	28.9%
EV	0.1%	8.1%
AC	0.1%	6.4%
SV	-4.8%	-20.8%
CV	0.0%	1.8%
SPI	0.02	0.28
CPI	1.21	1.28

Figura 6.2.
Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales (HH) – Semana 33



Observando los indicadores de desempeño, se observa que el SPI acumulado en la semana 33 es de 0.28, lo cual es crítico. Los valores de SPI aceptados para este proyecto es como mínimo 0.8, y el rango donde se le considera normal es más menos 20% es decir entre 0.8 y 1.2. Actualmente el EV es 8.1% vs el planificado (PV) que es 28.9 %, se aprecia un fuerte atraso, de continuar así, en la semana 52 que se espera concluir el proyecto, solo se tendría un avance de 28%, y se necesitaría un plazo de 3.55 veces el inicial para terminar el proyecto, lo cual no es aceptable.

Se aprecia además que el CPI de mano de obra directa es de 1.28, lo cual indica una productividad de mano de obra optima y un ahorro en costo, para verificar este ahorro es necesario hacer el EVA con costos. Es necesario puntualizar, que, sin necesidad de hacer el EVA de costos, se puede inferir que el estado del proyecto está lejos del optimo. Es necesario que ambos indicadores, SPI y CPI, estén cercanos a uno, para poder afirmar que el proyecto se encuentra en condiciones satisfactorias. Los EVA en base a costos indicarán si efectivamente existe un ahorro en los costos del proyecto, como lo indica el indicador CPI, o si solo es un ahorro en cuanto al recurso de HH y solo en las actividades incluidas en el reporte semanal.

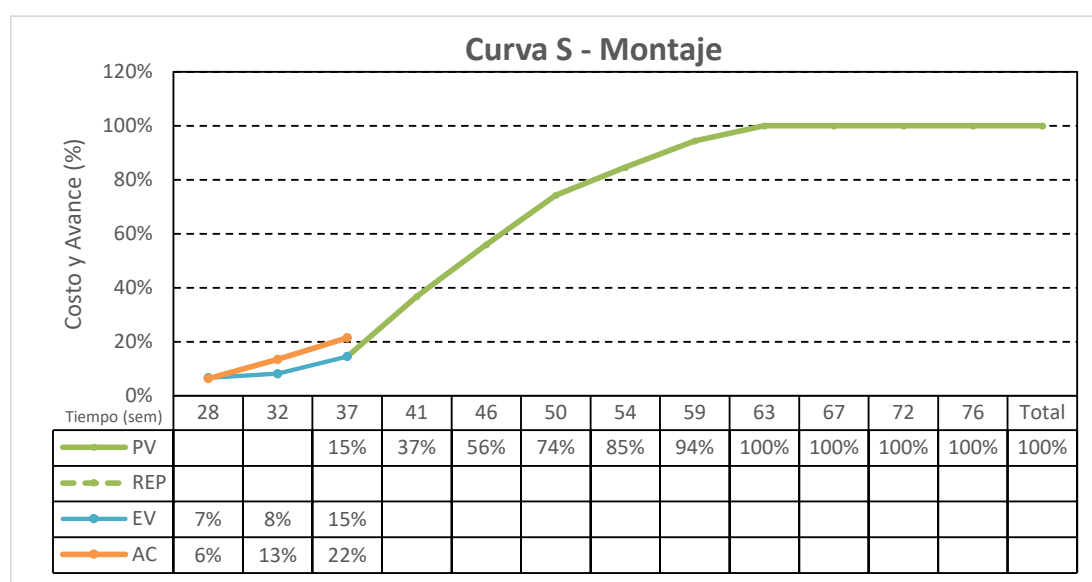
6.5.2 Análisis de valor ganado (costo):

Para elaborar el análisis de valor ganado utilizando costo directo, se utiliza un reporte intermedio conocido como Resultado Operativo (RO), reporte donde se registran y clasifican todos los costos del proyecto, este reporte tiene como finalidad la obtención del margen del proyecto, y su comparación con el margen inicial planificado. No es el objetivo del resultado operativo, presentar las curvas S: PV, EV, y AC, sino solo el margen esperado del proyecto; sin embargo, como se registran los costos y el avance, es posible, realizar el análisis de valor ganado haciendo un artificio. El RO se actualiza mensualmente. Como el término de los meses no siempre coinciden con los términos de las semanas, el Análisis de Valor Ganado de costos del RO que es

mensual, no tiene exactamente la fecha de corte del reporte semanal, pero la diferencia suele ser de más o menos 3 días, por lo que, para fines de análisis, los datos siguen siendo válidos para hacer comparaciones entre ambos. Se ha tratado de que los cortes de las curvas en base a HH, costo directo, gasto general y costo total sean en la misma fecha o cercanas.

Figura 6.3.

Valor Ganado, y Costos Reales (CD) – Semana 32



El PV base, en el Resultado Operativo se recalcula mes a mes. El PV coincide con el valor ganado para la semana 37, porque en esta semana se hizo un recalcu del PV.

Para este análisis, se ha considerado la curva PV, de la semana 37 como el PV Base. Ósea se asumirá que la curva PV inicial para el análisis de costos directos (montaje), gastos generales y costos totales, es el PV que se obtiene del RO de este primer análisis (semana 37), antes de implementar la propuesta.

Al hacer el Análisis de Valor Ganado (Montaje) para la semana 32 (**Figura 6.3**), cercana a la 33, se puede apreciar que el valor del CPI es de 0.76 (EV/AC) si lo

comparamos con el CPI, obtenido del análisis de valor ganado utilizando horas hombre (EVA) , CPI: 1.28, se aprecia que el CPI Costos es mucho menor que el que CPI HH, la razón principal es que existen dos tipos de costos que no se suelen registrar en el Parte Diario de Trabajo, de donde se obtiene el EVA semanal de HH, son los costos de los equipos, y los costos del personal que no está en ninguna cuadrilla de trabajo por diferentes motivos; como suelen ser: capacitaciones iniciales, falta de algún requisito para su ingreso. etc. Entonces lo que se puede concluir es que, si bien el indicador de productividad de HH de la cuadrilla de trabajo es óptimo, existen costos asociados que no se están considerando en el análisis semanal, y que, al ser considerados, como se aprecia en el análisis mensual usando el costo directo indican que se está excediendo en el presupuesto.

En la **Figura 6.4** se aprecia el detalle del cálculo del CPI en base a horas hombres, en este caso el CPI puede salir más alto de lo normal por lo siguiente: 1) el valor planificado se elaboró en base a horas hombre, pero la actividad tiene un fuerte componentes de equipos, si solo consideramos el costo de horas hombre, aparentemente estamos dentro del costo, pero si sumamos todos los recursos, vemos que en la realidad nos hemos excedido, esto es lo que podría estar sucediendo en las actividades de transporte, caminos y limpieza, que pueden fácilmente ser ejecutados incrementando los equipos utilizados en su ejecución, 2) pueden haber recursos paralizados que no se están cargando a ninguna actividad.

Figura 6.4.

Resumen Semanal de Producción – Semana 33

FASE	DESCRIPCION	Unid	Metrado Actual	Rendimiento (H-H/Unid)		PV (%)	EV (%)	AC (%)	Variación		Indice	
				PLANIFIC.	ACTUAL				SV	CV	SPI	CPI
	LINEA DE TRANSMISION 60 KV					28.9%	8.1%	6%	-20.8%	1.8%	0.28	1.28
1.0	TRABAJOS PRELIMINARES					100.0%	77.5%	80%	-22.5%	-2.8%	0.78	0.96
1.1	CAMPAMENTOS	GLB	1.00	440.00	960.00	100.0%	50.0%	109%	-50.0%	-59.1%	0.50	0.46
1.2	REPLANTEO	KM	76.18	16.00	19.62	100.0%	108.9%	134%	8.9%	-24.6%	1.09	0.82
1.3	LIMPIEZA	HA	9.00	136.00	41.28	100.0%	56.1%	17%	-43.9%	39.1%	0.56	3.29
2.0	CAMINOS DE ACCESO					100.0%	128.4%	97%	28.4%	31.8%	1.28	1.33
2.1	CONSTRUCCION DE CAMINOS	KM	13.50	304.83		100.0%			-100.0%			
2.2	MEJORAMIENTO DE CAMINOS	KM	2.00	65.81	189.51	100.0%	390.1%	1123%	290.1%	-733.2%	3.90	0.35
2.3	CAMINO DE HERRADURA DE 4M DE ANCHO	KM	11.80	853.33	590.15	100.0%	177.5%	123%	77.5%	54.7%	1.77	1.45
3.0	CIMENTACIONES					28.6%	6.6%	2%	-22.0%	4.5%	0.23	3.18
3.1	EXCAVACIONES	M3	3713.01	8.88	5.98	52.9%	13.4%	9%	-39.5%	4.4%	0.25	1.49
3.2	RELLENO Y ELIMINACION	M3	4370.96	3.40		33.3%			-33.3%			
3.3	NIVELACION DE STUBS	M2	2214.19	0.37		33.3%			-33.3%			
3.4	NIVELACION DE PARRILLAS	KG	23592.92	0.11		33.3%			-33.3%			
3.5	SOLADO	M2	1328.16	0.56		33.3%			-33.3%			
3.6	ACERO	KG	65162.38	0.11	0.09	33.3%	1.9%	2%	-31.4%	0.4%	0.06	1.24
3.7	ENCOFRADO	M2	1648.66	2.15		33.3%			-33.3%			
3.8	CONCRETO	M3	472.34	16.96		33.3%			-33.3%			
3.9	TRANSPORTE	KG	3103000.00	0.03	0.00	18.2%	6.7%	0%	-11.5%	6.3%	0.37	18.41
4.0	MONTAJE DE ESTRUCTURAS					28.6%			-28.6%			
4.1	CLASIFICACION DE TORRES Y MONTAJE	U	179.00	92.85								
5.0	MONTAJE DE CONDUCTOR											
5.1	CONDUCTOR	M	224661.00	0.09								
5.2	CABLE DE GUARDA	M	80530.00	0.04								
5.3	ACCESORIOS	GLB	1.00	10,695.98								
6.0	PUESTA A TIERRA					21.0%			-21.0%			
6.1	PUESTA A TIERRA	GLB	1.00	18,436.52		21.0%			-21.0%			
7.0	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO											
7.1	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO	GLB	1.00	640.00								

En conclusión, inicialmente del EVA semanal se determinó que el proyecto estaba en atraso, pero que aparentemente está dentro del costo. Haciendo el EVA de montaje o de costo directo, se puede apreciar, que no estamos dentro del costo planificado, ya que el CPI obtenido es de 0.76. Además, Se intuye que un atraso tan fuerte, traiga consigo también mayores gastos generales, por lo cual, es necesario hacer el EVA considerando el costo total del proyecto y como manera complementaria utilizando solo el gasto general (**Figura 6.5**).

Figura 6.5.

Valor Ganado, Gasto General – Semana 32

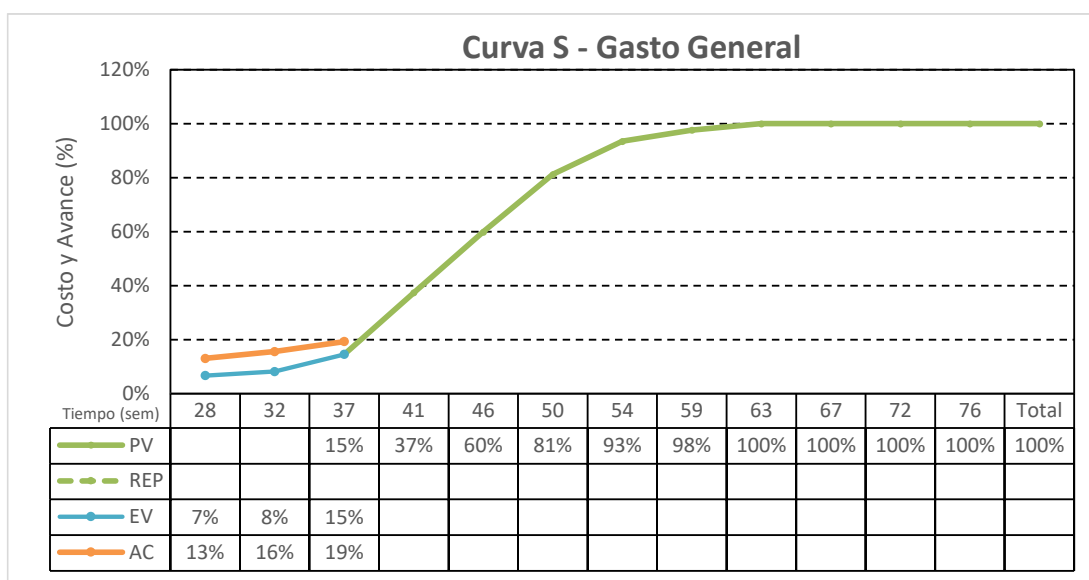
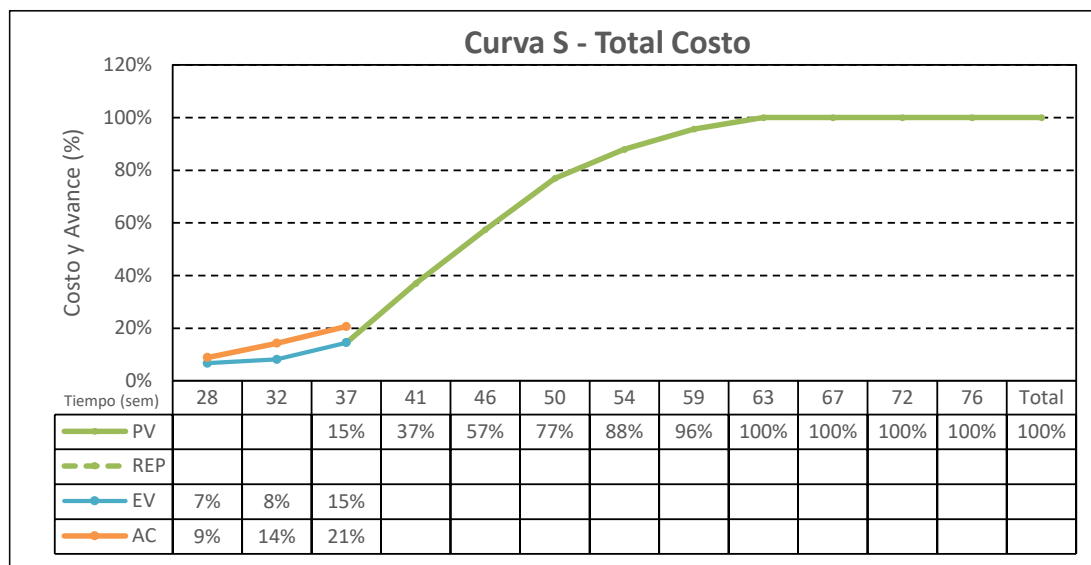


Figura 6.6.

Valor Ganado, y Costos Reales (CT) – Semana 32



El CPI del proyecto para el caso del gasto general en la semana 32 es 0.52, y el CPI para el caso del costo total (**Figura 6.6**) es 0.57. Por lo tanto, si bien es cierto se aprecia que la productividad de la mano de obra específica de la actividad, es mayor al planificado, cuando se considera en el cálculo de la eficiencia, la suma de todos los recursos involucrados en el proyecto se aprecia que la productividad de los recursos es mucho menor a lo planificado, recuperando solo el 0.57 por cada sol invertido, si esta situación continua así, se terminará gastando 1.75 ($1/\text{CPI}$) veces lo planificado inicial. Entonces se puede concluir lo siguiente, en un EVA considerando solo HH, aparentemente estamos ahorrando, recursos, pero cuando se considera el costo total del montaje, se observa que hay una perdida, y cuando adicional a eso, se le suma el gasto general, afectado por el poco avance, la perdida es mucho mayor, siendo el indicador CPI del gasto general, el más afectado. En general tanto en avance como en costos, el proyecto se encuentra en un estado crítico.

6.6 Resultados estado intermedio con implementación de la propuesta

Habiendo explicado en el ítem anterior, ítem 6.5, como es que se obtienen los valores, necesarios para el EVA; en esta sección se expondrán los resultados y su análisis, directamente, subrayando o comentando algunos elementos, cuando sea necesario.

6.6.1 Análisis de valor ganado (HH):

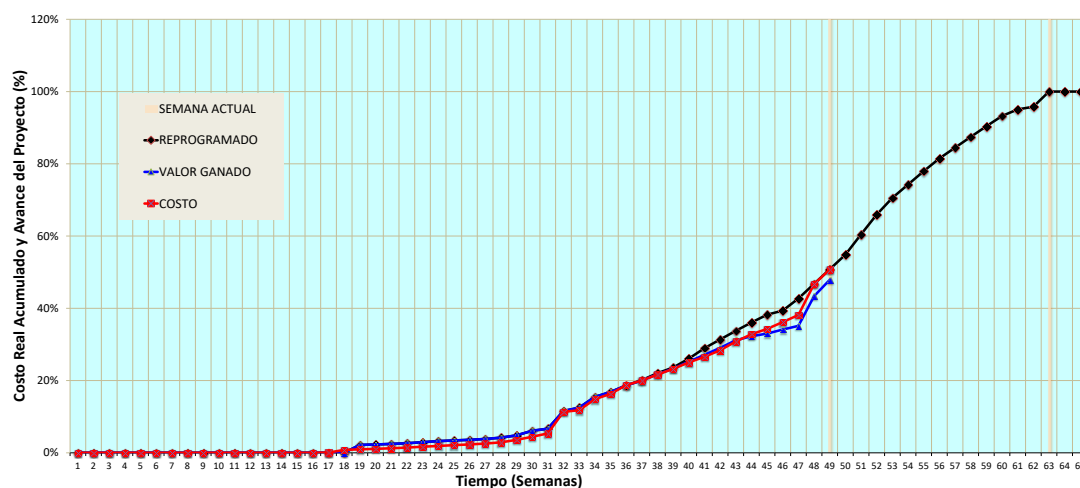
Figura 6.7.

Análisis del Valor Ganado (HH) – Semana 49

SEM 49	PARCIAL	ACUMULADO
PV	4.0%	50.8%
EV	4.6%	47.9%
AC	4.0%	50.7%
SV	0.5%	-2.9%
CV	0.5%	-2.8%
SPI	1.12	0.94
CPI	1.13	0.94

Figura 6.8.

Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales (HH) – Semana 49



En la Figura 6.7 y **Figura 6.8** se aprecia que el valor de los indicadores de desempeño SPI y CPI en la semana 49 es de 0.94, lo cual representa una mejora significativa,

en la gestión de costos, de cronograma, y en la gestión de productividad de la mano de obra.

A continuación, mostraremos el detalle de los indicadores para la semana 49

Figura 6.9. Resumen Semanal de Producción – Semana 49

FASE	DESCRIPCION	Uai d	Metrado Actual	Rendimiento (H-H/Uaiid)		PV (%)	EV(%)	AC(%)	Desviación		Indice	
				PLANIFIC.	ACTUAL				SV	CV	SPI	CPI
A	LINEA DE TRANSMISION	GLB				50.8%	47.9%	51%	-2.9%	-2.8%	0.94	0.94
	OBRAS CIVILES LT					44.4%	83.5%	89%	39.1%	-5.6%	1.88	0.94
1.0	TRABAJOS PRELIMINARES	Glb				106.2%	92.3%	51%	-13.9%	41.5%	0.87	1.81
1.1	CAMPAMENTOS Y MONITOREO DE RESTOS AR	GLB	1.00	846.29	960.00	100.0%	50.0%	57%	-50.0%	-6.7%	0.50	0.88
1.2	REPLANTEO, GESTION DE SERVIDUMBRE	KM	76.18	63.53	34.08	108.3%	108.3%	58%		50.5%	1.00	1.86
1.3	LIMPIEZA	HA	9.00	136.00	41.28	100.0%	56.1%	17%	-43.9%	39.1%	0.56	3.29
2.0	CAMINOS DE ACCESO	Glb				100.0%	78.8%	82%	-21.2%	-2.8%	0.79	0.97
2.1	CONSTRUCCION DE CAMINOS	KM	13.50	304.84		100.0%			-100.0%			
2.2	MEJORAMIENTO DE CAMINOS	KM	7.80	189.51	234.86	100.0%	117.2%	145%	17.2%	-28.0%	1.17	0.81
2.3	CAMINO DE HERRADURA DE 4M DE ANCHO	KM	20.34	590.15	594.07	100.0%	100.4%	101%	0.4%	-0.7%	1.00	0.99
3.0	CIMENTACIONES	Glb				73.3%	75.4%	84%	2.1%	-8.4%	1.03	0.90
3.1	EXCAVACIONES	M3	4573.67	8.88	7.88	60.7%	82.2%	73%	21.5%	9.3%	1.36	1.13
3.2	RELLENO Y ELIMINACION	M3	4555.45	3.40	4.66	48.4%	51.7%	71%	3.3%	-19.1%	1.07	0.73
3.3	NIVELACION DE STUBS	U	100.00	40.00	53.73	100.0%	95.0%	128%	-5.0%	-32.6%	0.95	0.74
3.4	INSTALACIÓN DE PARRILLAS	U	77279.23	0.15	0.19	45.7%	25.6%	31%	-20.1%	-5.6%	0.56	0.82
3.5	SOLADO	M2	1116.28	0.56	2.43	31.4%	32.0%	339%	0.6%	-307.1%	1.01	0.23
3.6	ACERO	KG	40762.09	0.11	0.15	101.6%	31.4%	122%	-10.2%	-31.1%	0.90	0.75
3.7	ENCOFRADO	M2	1327.36	2.15	3.27	36.2%	34.7%	144%	-1.5%	-49.5%	0.98	0.66
3.8	CONCRETO	M3	502.90	16.96	20.42	89.2%	93.3%	112%	4.0%	-19.0%	1.05	0.83
3.9	TRANSPORTE DE AGREGADOS	KG	1771092.50	0.02	0.02	46.7%	36.1%	103%	49.4%	-6.5%	2.06	0.94
3.10	TRANSPORTE DE PARRILLAS	KG	77279.23	0.08	0.07	46.7%	23.5%	20%	-23.2%	4.0%	0.50	1.20
	OBRAS ELECTROMECANICAS					6.4%	4.3%	4%	-2.1%	0.4%	0.67	1.09
4.0	MONTAJE DE ESTRUCTURAS	Glb				17.8%	8.4%	7%	-9.4%	1.6%	0.47	1.23
4.1	CLASIFICACION DE TORRES Y MONTAJE	U	172.00	96.63	110.30	21.9%	12.2%	14%	-9.6%	-1.7%	0.56	0.88
	TRANSPORTE DE TORRES	KG	850000.00	0.03	0.02	15.6%	6.3%	3%	-9.3%	3.5%	0.41	2.21
5.0	MONTAJE DE CONDUCTOR	Glb										
5.1	CONDUCTOR	M	224661.00	0.15								
5.2	CABLE DE GUARDA	M	80530.00	0.11								
5.3	ACCESORIOS	GLB	1.00	10,047.91								
6.0	PUESTA A TIERRA	Glb				51.6%	42.4%	41%	-9.2%	1.4%	0.82	1.03
6.1	PUESTA A TIERRA	GLB	1.00	18,436.52	17,846.99	51.6%	42.4%	41%	-9.2%	1.4%	0.82	1.03
7.0	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO	Glb										
7.1	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO	GLB	1.00	640.00								

En la Figura 6.9 se aprecia el detalle de la productividad para cada actividad, existiendo algunas actividades, con un rendimiento mayor:

como excavación CPI: 1.13 y transporte de torres CPI: 2.21.

Existen cuatro grupos de actividades principales en una Línea de transmisión: caminos, cimentación, montaje de torres y el tendido de conductor.

Para lo que es cimentación, la actividad de excavación es una de las actividades principales, ya que es el punto de partida; para el montaje de torres, el transporte es la actividad inicial; y para todos, los caminos son necesarios. Si nos fijamos en los valores e indicadores de estas actividades, se puede concluir que, de manera general, la situación descrita, es bastante favorable.

6.6.2 Análisis de valor ganado (costo):

Se hace también el EVA para el costo directo (**Figura 6.10**), gasto general (**Figura 6.11**) y costo total (**Figura 6.12**), que como se observó en el análisis inicial, no siempre dicen los mismo, que el análisis, hecho solamente con HH.

Figura 6.10.

Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramado y Costos Reales (CD) – Semana 50

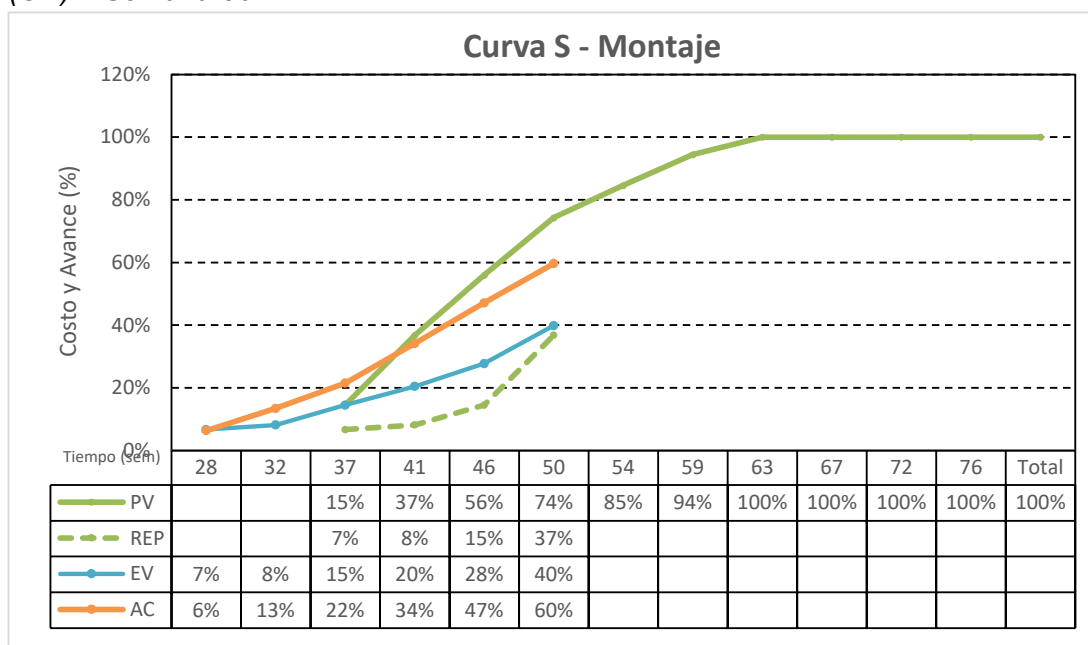


Figura 6.11.

Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramando y Costos Reales (GG) – Semana 50

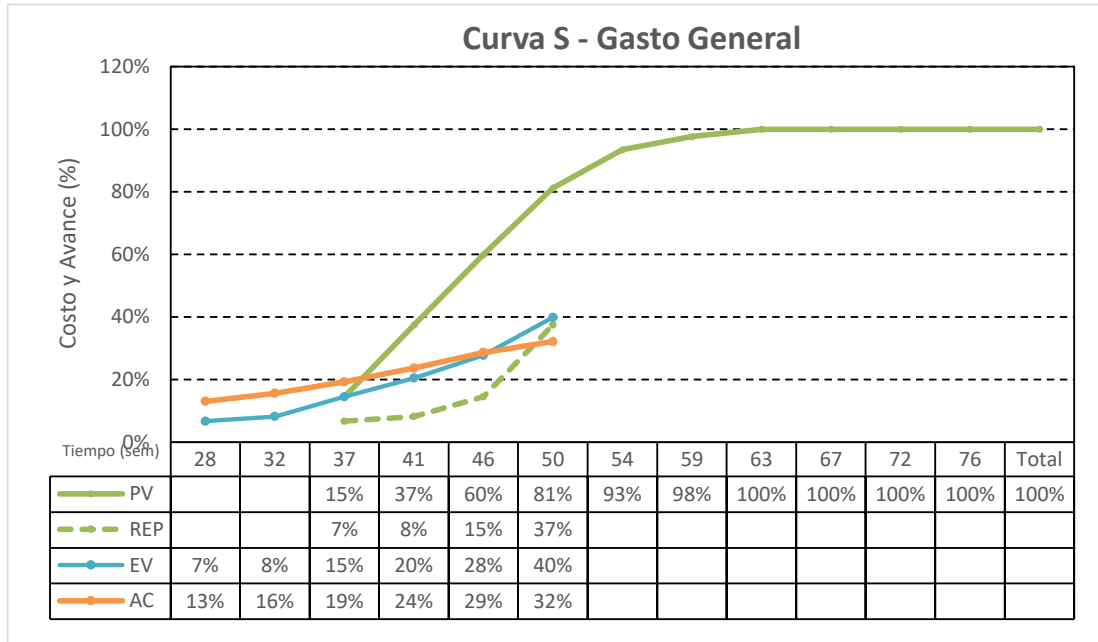
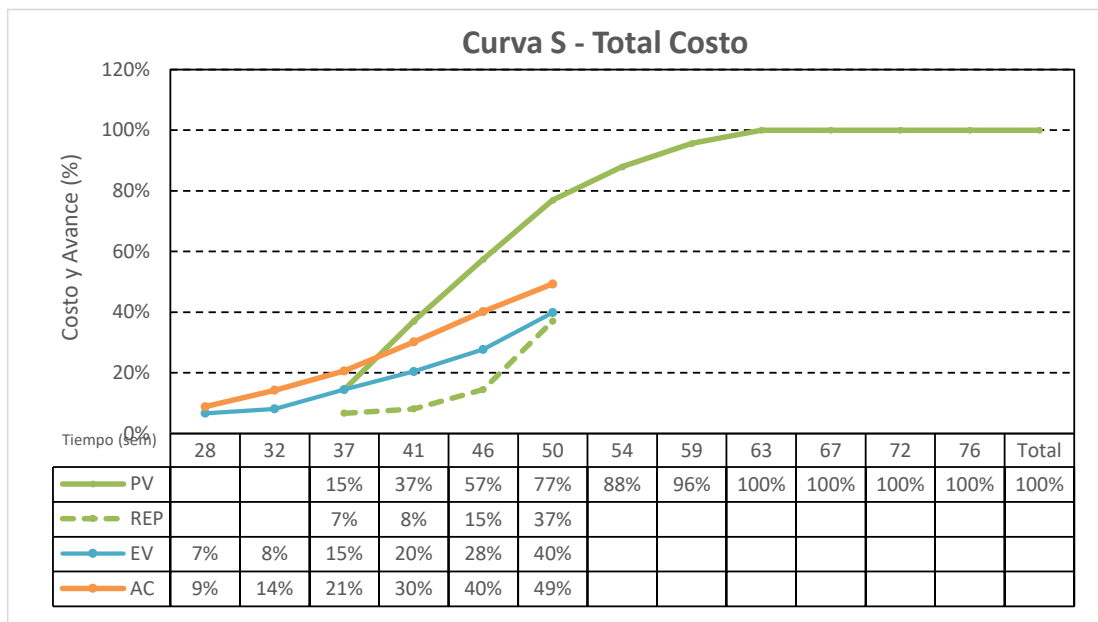


Figura 6.12.

Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramando y Costos Reales (CT) – Semana 50



Al igual que en el análisis anterior, lo que nos interesa de este análisis es el cálculo del CPI para la semana 50, obteniendo los siguientes valores, CPI del montaje 0.67 CPI del gasto general: 1.24, y CPI del costo total 0.81 lo cual demuestra que la situación actual es mucho mejor que la situación inicial,

Aunque el CPI del montaje 0.67 (semana 50) es menor que el CPI inicial 0.76 (semana 32), y el CPI de la mano de obra CPI: 0.94 (semana 33), es menor a la inicial 1.28 (Semana 49), el CPI total 0.81 (semana 50) es mucho mejor que el CPI total 0.57 (Semana 33), sobre todo por la componente gasto general, que disminuye al disminuir los plazos de ejecución.

6.7 Resultados estado final, con implementación de la propuesta.

A este análisis se le conoce como estado final, no porque coincida con el final del proyecto, sino porque el último análisis que se elaboró con el proyecto muy avanzado.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Figura 6.13, Figura 6.14, Figura 6.15, Figura 6.16, Figura 6.17, Figura 6.18 y Figura 6.19).

Figura 6.13.

Análisis del Valor Ganado (HH) – Semana 68

SEM 68	PARCIAL	ACUMULADO
PV		100.0%
EV	2.2%	97.1%
AC	1.8%	113.5%
SV	2.2%	-2.9%
CV	0.4%	-16.5%
SPI	-	0.97
CPI	1.21	0.86

Figura 6.14

Valor Ganado, Valor Planificado y Costos Reales (HH) – Semana 68

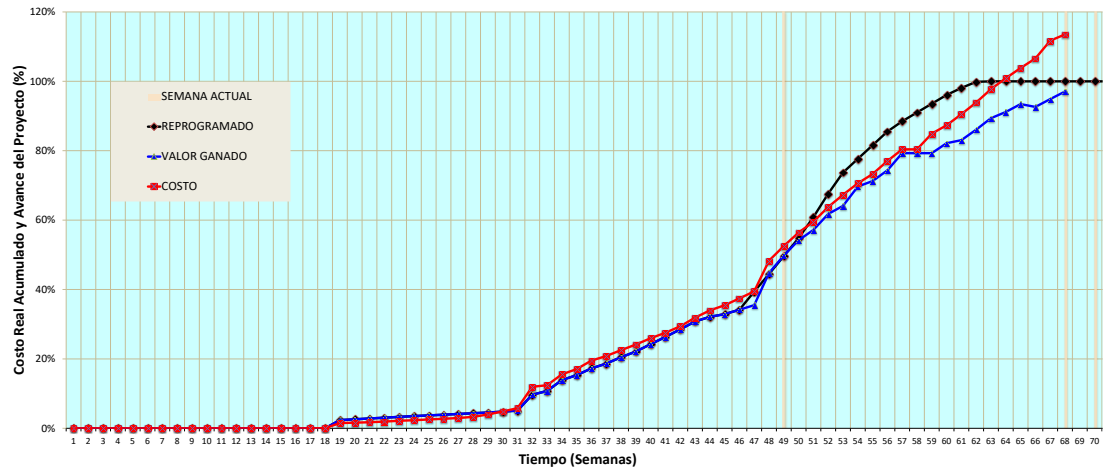


Figura 6.15

Resumen Semanal de Producción – Semana 68 (a)

FASE	DESCRIPCION	Unid	Metrado Actual	Rendimiento (H-H/Unid)		H-H Totales		PV (%)	EV (%)	AC (%)	Variación		Indice	
				PLANIFIC.	ACTUAL	PLANIFIC.	PROYECT.				SV	CV	SPI	CPI
A	LINEA DE TRANSMISION	GLB				265,630	310,926	100.0%	97.1%	114%	-2.9%	-16.5%	0.97	0.86
	OBRAS CIVILES LT					152,507	167,726	100.0%	99.5%	110%	-0.5%	-10.2%	0.99	0.91
1.0	OBRAS PROVISIONALES	Glb				440	248	100.0%	97.5%	55%	-2.5%	42.2%	0.97	1.76
1.1	Instalación de Campamentos y Almacenes	Gbl	2.00	136.00	78.91	272	158	100.0%	100.0%	58%		42.0%	1.00	1.72
1.1	Movilización y Desmovilización	Gbl	1.00	56.00	21.38	56	21	100.0%	80.0%	31%	-20.0%	49.5%	0.80	2.62
1.1	Cartel de Obra	Pza	2.00	56.00	34.20	112	68	100.0%	100.0%	61%		38.9%	1.00	1.64
1.0	TRABAJOS PRELIMINARES	Glb				6,274	3,975	100.0%	87.2%	55%	-12.8%	32.0%	0.87	1.58
1.2	Replanteo topográfico de la ruta de la línea	km	74.80	16.00	9.69	1,197	725	100.0%	100.0%	61%		39.4%	1.00	1.65
1.1	Supervisión arqueológica del INIC	km	74.80	5.33	2.67	399	200	100.0%	100.0%	50%		49.9%	1.00	1.99
1.2	Gestión de Servidumbre (de acuerdo a norma MEMID)	km	74.80	48.00	31.90	3,590	2,306	100.0%	90.1%	60%	-9.9%	30.2%	0.90	1.50
1.3	Limpieza de faja de servidumbre	Ha	8.00	136.00	83.06	1,088	684	100.0%	59.8%	36%	-41.3%	22.9%	0.59	1.64
2.0	CAMINOS DE ACCESO	Glb				9,352	14,326	100.0%	100.0%	150%		-58.0%	1.00	0.67
2.1	CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS	KM	3.95	209.02	72.91	826	288	100.0%	100.0%	35%		65.1%	1.00	2.87
2.2	MEJORAMIENTO DE CAMINOS	KM	14.08	85.81	162.45	927	2,146	100.0%	100.0%	232%		191.7%	1.00	0.43
2.3	CAMINO DE HERRADURA DE 4M DE ANCHO	KM	9.61	853.33	1,300.05	8,199	12,492	100.0%	100.0%	162%		52.3%	1.00	0.65
3.0	CIMENTACIONES	Glb				135,842	148,577	100.0%	100.0%	109%	-9.4%	1.00	0.91	
3.01	EXCAVACIONES	M3	4908.01	8.89	7.98	43,623	39,081	100.0%	100.0%	90%		10.4%	1.00	1.12
3.02	RELLENO Y ELIMINACION	M3	4999.87	3.47	4.23	16,368	20,745	100.0%	100.0%	122%		-22.1%	1.00	0.82
3.03	INVELACION DE STUBS	U	100.00	40.00	52.07	4,000	5,207	100.0%	100.0%	130%		-30.2%	1.00	0.77
3.04	INSTALACIÓN DE PARRILLAS	Kg	89694.63	0.11	0.13	10,165	11,816	100.0%	100.0%	116%		-16.2%	1.00	0.86
3.05	SOLADO	M2	112164	0.56	2.30	628	2,584	100.0%	100.0%	411%		-311.5%	1.00	0.24
3.06	ACERO	KG	41060.68	0.12	0.14	4,778	5,798	100.0%	100.0%	121%		-21.3%	1.00	0.82
3.07	ENCOFRADO	M2	1327.36	2.16	3.21	2,867	4,260	100.0%	100.0%	149%		-48.6%	1.00	0.67
3.08	CONCRETO	M3	499.90	18.62	20.04	9,306	10,018	100.0%	100.0%	108%		-7.7%	1.00	0.93
3.09	TRANSPORTE DE AGREGADOS	KG	1771092.50	0.02	0.02	37,319	41,070	100.0%	100.0%	110%		-10.1%	1.00	0.91
3.10	TRANSPORTE DE PARRILLAS	KG	77279.23	0.08	0.10	6,167	7,999	100.0%	100.0%	130%		-29.7%	1.00	0.77

Figura 6.16.

Resumen Semanal de Producción – Semana 68 (b)

FASE	DESCRIPCION	Unid	Metrado Actual	Rendimiento (H-H/Unid)		H-H Totales		PV (%)	EV (%)	AC (%)	Variación		Indice		
				PLANIFIC.	ACTUAL	PLANIFIC.	PROYECT.				SV	CV	SPI	CPI	
A	LINEA DE TRANSMISION	GLB				265,630	310,926	100.0%	97.1%	114%	-2.9%	-16.5%	0.97	0.86	
	OBRAS CIVILES LT					152,507	167,726	100.0%	99.5%	110%	-0.5%	-10.2%	0.99	0.91	
1.0	OBRAS PROVISIONALES	Glb				440	248	100.0%	97.5%	55%	-2.5%	42.2%	0.97	1.76	
1.0	TRABAJOS PRELIMINARES	Glb				6,274	3,975	100.0%	87.2%	55%	-12.8%	32.0%	0.87	1.58	
2.0	CAMINOS DE ACCESO	Glb				9,952	14,926	100.0%	100.0%	150%		-50.0%	1.00	0.67	
3.0	CIMENTACIONES	Glb				135,842	148,577	100.0%	100.0%	109%		-9.4%	1.00	0.91	
3.01	EXCAVACIONES	M3	4908.01	8.89	7.96	43,623	39,081	100.0%	100.0%	90%		10.4%	1.00	1.12	
3.02	RELLENO Y ELIMINACION	M3	4899.87	3.47	4.23	16,388	20,745	100.0%	100.0%	122%		-22.1%	1.00	0.82	
3.03	NIVELACION DE STUBS	U	100.00	40.00	52.07	4,000	5,207	100.0%	100.0%	130%		-30.2%	1.00	0.77	
3.04	INSTALACION DE PARRILLAS	Kg	89694.63	0.11	0.13	10,165	11,816	100.0%	100.0%	116%		-16.2%	1.00	0.86	
3.05	SOLADO	M2	1121.64	0.56	2.30	628	2,584	100.0%	100.0%	411%		-311.5%	1.00	0.24	
3.06	ACERO	KG	41060.68	0.12	0.14	4,778	5,798	100.0%	100.0%	121%		-21.3%	1.00	0.82	
3.07	ENCOFFRADO	M2	1327.36	2.16	3.21	2,967	4,260	100.0%	100.0%	143%		-48.6%	1.00	0.67	
3.08	CONCRETO	M3	499.90	19.62	20.04	3,306	10,018	100.0%	100.0%	109%		-7.7%	1.00	0.93	
3.09	TRANSPORTE DE AGREGADOS	KG	1771092.50	0.02	0.02	37,319	41,070	100.0%	100.0%	110%		-10.1%	1.00	0.91	
3.10	TRANSPORTE DE PARRILLAS	KG	77279.23	0.08	0.10	6,167	7,999	100.0%	100.0%	130%		-29.7%	1.00	0.77	
	OBRAS ELECTROMECANICAS LT					113,123	143,200	100.0%	93.8%	119%	-6.2%	-24.9%	0.94	0.79	
4.0	MONTAJE DE ESTRUCTURAS	Glb				31,783	57,885	100.0%	99.5%	181%	-0.5%	-81.6%	1.00	0.55	
4.1	CLASIFICACION DE TORRES Y MONTAJE	U	172.00	87.19	196.30	14,997	33,763	100.0%	100.0%	225%		-125.1%	1.00	0.44	
4.2	TRANSPORTE DE TORRES	KG	444474.10	0.03	0.05	15,223	20,739	100.0%	100.0%	136%		-36.2%	1.00	0.73	
4.2	TRANSPORTE AISLADORES Y FERRETERIA	KG	45643.00	0.03	0.07	1,563	3,384	100.0%	100.0%	196%		-9.6%	0.90	0.46	
5.0	MONTAJE DE CONDUCTOR	Glb				50,888	67,540	100.0%	88.6%	118%	-11.4%	-29.0%	0.89	0.75	
5.1	CONDUCTOR	M	231350.00	0.15	0.20	35,782	45,632	100.0%	88.7%	115%		-11.3%	-24.4%	0.89	0.78
5.2	CABLE DE GUARDA	M	80530.00	0.12	0.17	9,449	13,617	100.0%	89.2%	123%		-10.8%	-39.3%	0.89	0.69
5.3	ACCESORIOS	GLB	1.00	5,657.20	8,290.80	5,657	8,291	100.0%	87.4%	128%		-12.6%	-40.7%	0.87	0.68
6.0	PUESTA A TIERRA	Glb				29,811	17,136	100.0%	98.5%	57%	-1.5%	41.9%	0.99	1.74	
6.1	PUESTA A TIERRA LT	GLB	1.00	29,811.11	17,135.65	29,811	17,136	100.0%	98.5%	57%		-1.5%	41.9%	0.99	1.74
														1.00	
7.0	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO	Glb				640	640	100.0%			-100.0%			1.00	
7.1	PRUEBA Y PUESTA EN SERVICIO LT	GLB	1.00	640.00		640	640	100.0%				-100.0%		1.00	
														1.00	

Figura 6.17.

Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramado y Costos Reales (Costo Directo) – Semana 67

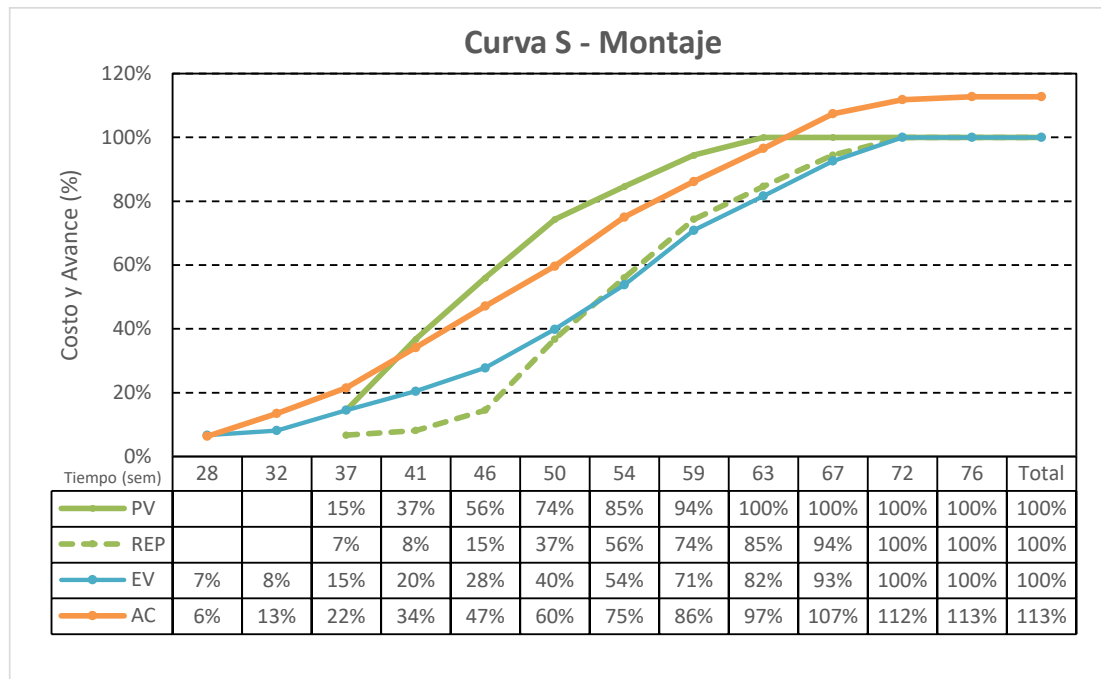


Figura 6.18.

Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramado y Costos Reales (Gasto General) – Semana 67

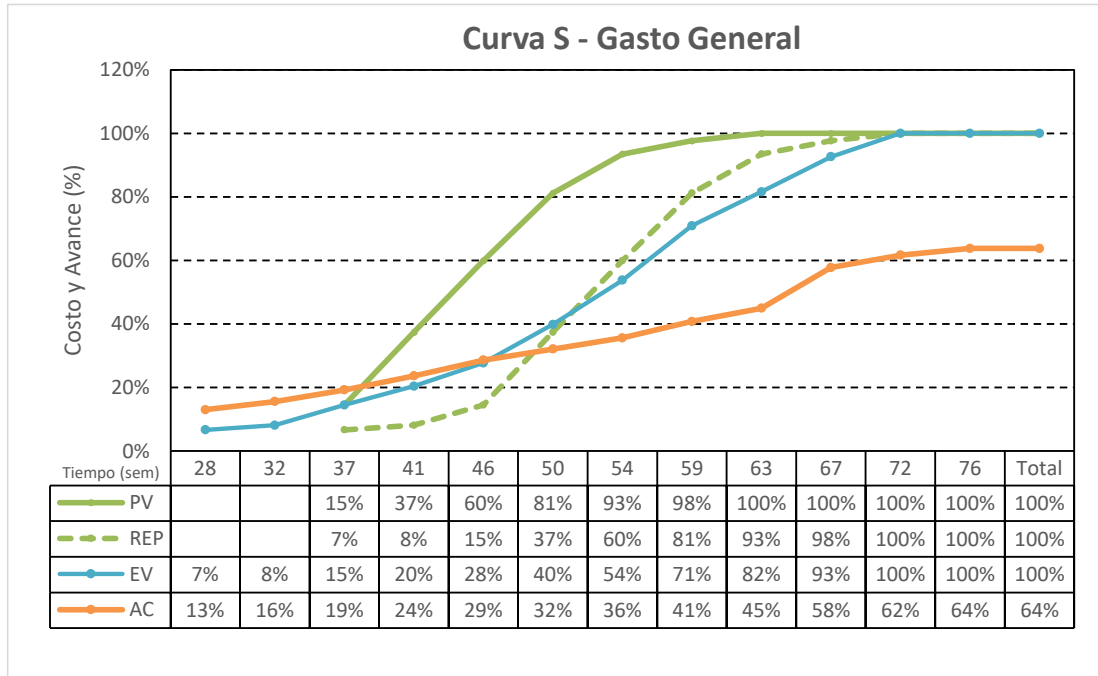
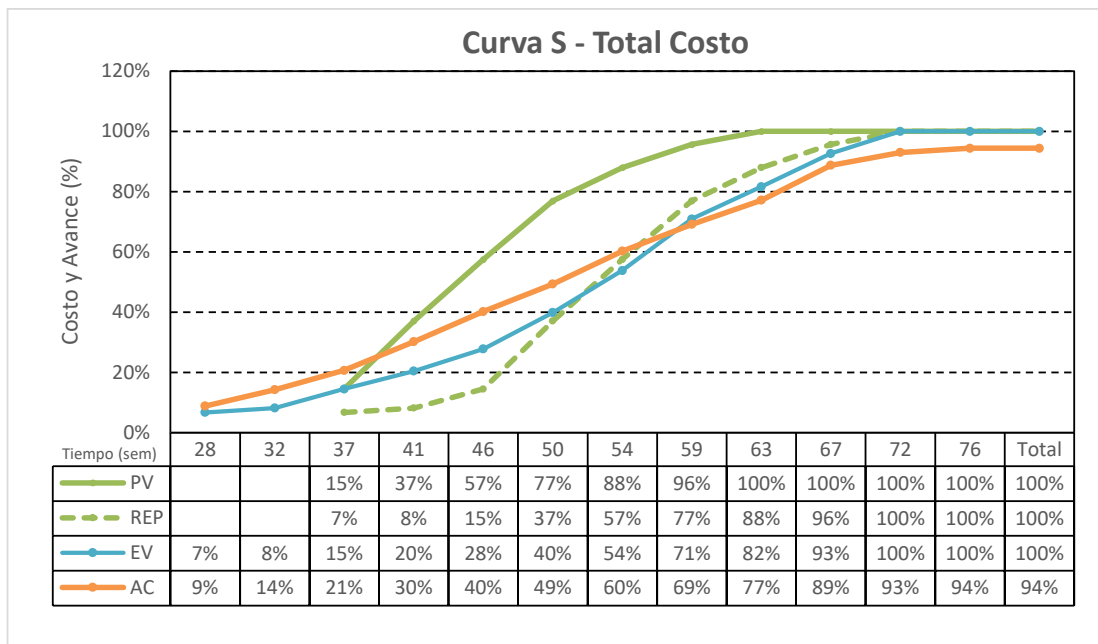


Figura 6.19.

Valor Ganado, Valor planificado, Valor Planificado Reprogramado y Costos Reales (Costo Total) – Semana 67



En la etapa final del proyecto se aprecian los siguientes indicadores

EVA HH. SPI 097, CPI 0.86,

EVA costo directo: CPI 0.86

EVA gasto general: CPI 1.6

EVA costo total: CPI 1.04

Donde EVA HH, es el análisis de valor ganado utilizando las HH, y en forma análoga para el resto de las abreviaturas, en la situación final analizada se aprecia que todos los indicadores, son mucho mejores que en el estado inicial, salvo el indicador CPI HH. Al ser el CPI HH en la medición inicial muy distinto al obtenido del CPI del montaje, se deduce, que el valor obtenido inicialmente de CPI HH era consecuencia, de una distorsión surgida, por la forma como se realizó la medición inicial.

Además, se aprecia lo siguiente, la curva planificada inicialmente del análisis de costo, que está en color verde fue desplazada dos meses dando la curva reprogramada punteada del mismo color, la cual está muy cerca a la curva EV. Lo que indica que el proyecto tuvo un atraso de 18 semanas a partir de esta línea base (la curva solida de color verde). Inicialmente se previa un retraso total de 60 semanas, considerando un plazo total de 24 semanas inicial y que este se extendía en 62 semanas por el índice SPI de 0.28 en que se encontraba, $\text{plazo final} = \text{plazo total} / \text{SPI} = 24 / 0.28 \approx 86$, por lo tanto, también en plazo se puede observar que hubo una mejora significativa, comparado con las condiciones iniciales ya que se redujo de 62 semanas proyectadas inicialmente a solo 18 semanas (Inicialmente terminaba en la semana 52 y al final termino en la 72)

Conclusión General, después de implementada la propuesta los indicadores de productividad y eficiencia, mejoraron notablemente.

6.8 Discusión de resultados

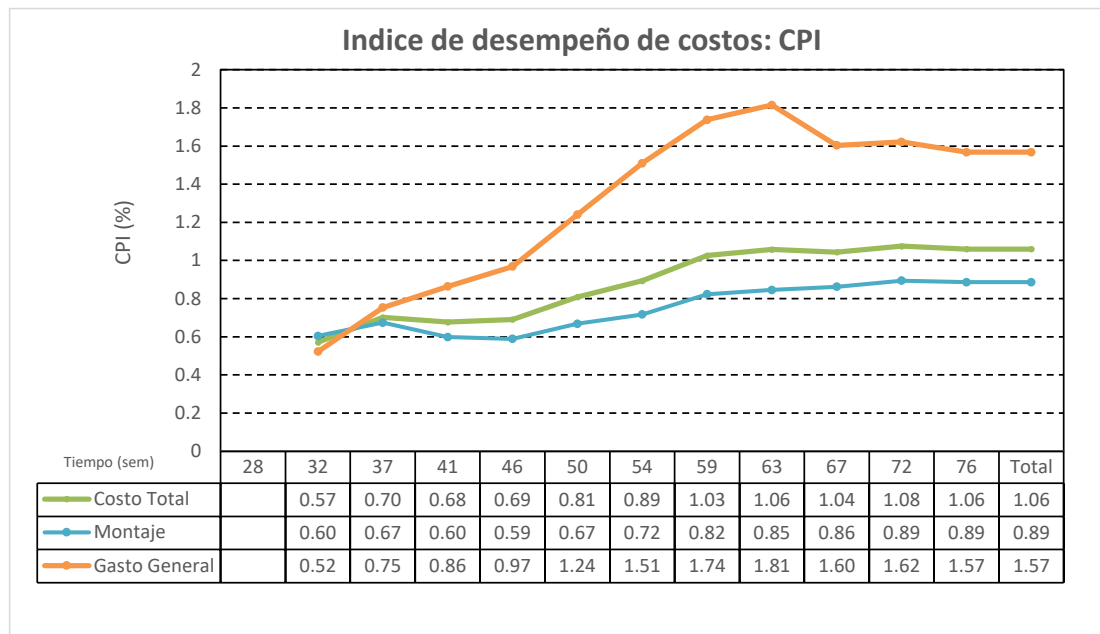
En el EVA Costo total Inicial (semana 33) el CPI es 0.57 (Medición hecha antes de implementar la propuesta), comparado con el CPI final 1.04 después de implementar la propuesta (Tabla 6.1), se aprecia un aumento de la productividad en: $\text{CPI final/ CPI Inicial} = 1.04/0.57 = 182.45\%$.

Tabla 6.1. Resumen de CPI para los criterios Montaje, Gasto General y Costo Total en el estado inicial, intermedio y final.

Criterio	Indicador	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Montaje	CPI	0.76	0.67	0.86
Gasto General	CPI	0.52	1.24	1.60
Costo Total	CPI	0.57	0.81	1.04

Figura 6.20.

Curva de CPI



Se aprecia en la Figura 6.20 que cuando solo se utilizó la guía del PMI como en la primera parte de la línea de transmisión LT 60 kV, los resultados del CPI estaban muy por debajo del óptimo (mucho menor que 1.00). Cuando además de los conocimientos del PMI se utilizaron el Mapa de flujo de Valor, Tren de actividades y el *Last planner System*, los resultados mejoraron considerablemente, y cuando finalmente se utilizaron las técnicas OKR sumado a todo lo anterior, el CPI total (acumulado) alcanzó el valor óptimo de 1.06 (mayor que 1.00).

6.9 Otras observaciones

La Línea de Transmisión de 60 kV es una línea hecha con una empresa pública, la supervisión trabajaba en un ambiente de colaboración mutua, las exigencias en seguridad y calidad se vieron también en un clima de confianza, ósea rara vez se paralizaron los trabajos por esta razón.

En la línea 60 kV se utilizaron todas las herramientas de la propuesta en la segunda etapa.

En la primera solo se utilizó el valor ganado, los resultados en la primera etapa no fueron satisfactorios, la razón principal, es que se tenía una planificación robusta, pero general, basado en algunos casos en el criterio del planificador, pero no en la observación directa de trabajos similares exitosos ni en la experiencia del personal que realizaba las actividades, en los reportes de valor ganado se apreciaban fuertes retrasos, pero no se sabía ¿Por qué? mucho menos que hacer para remediarlo, se monitoreaba, pero no se controlaba.

En la segunda etapa cuando se comenzaron a utilizar todas las herramientas mencionadas en esta investigación, el proyecto salió del estancamiento. Se pudo apreciar además que contar con un gerente de proyecto que tenga una sólida experiencia y conocimientos en construcción LT de 60 kV, un especialista, es muy importante para el éxito del proyecto.

En la Línea de transmisión 60 kV se tiene los siguientes resultados:

- Curva S
- Cálculo de rendimientos e Indicadores de desempeño
- Planilla de tren de actividades
- Cálculo de los OKR

6.9.1 Curva S

La curva S es la salida última y resumen de la gestión como se inicio se aprecia que hasta la semana 34 el desfase con lo planificado era considerable, luego de la semana 34 cuando se cambió de gerente de proyecto y se empezaron a aplicar todas las herramientas de gestión de la propuesta, se observa que se empezó a revertir la situación.

6.9.2 Cálculo de rendimientos

El cálculo de rendimientos sirve para observar desviaciones por actividad y por semana,

El análisis de la curva “S” se utiliza para reflejar la totalidad del proyecto, una vez observada la curva S general, del proyecto y detectado la variación puedo ir al análisis por actividad para visualizar cual es la actividad que está ocasionando el desfase, puedo saber qué actividad es donde tengo mayor variación , pero no puedo saber las causas, tanto el cálculo de rendimientos como la curva S, te dice que hay un problema y cuál es la actividad donde está visualizándose pero no te dice las causas , ni mucho menos que hacer para corregirlo,

El análisis de la Curva S, como el monitoreo de rendimientos son importantes, porque te dan la alerta inicial, si estas bien o si hay algún problema, pero nada más, no te dice dónde está el problema ni que hacer, los proyectos que solo utilizan la técnica del valor ganado para el control tienden a ser proyectos en que en el día a día se

observa como el proyecto se está saliendo de control, pero sin decir nada más al respecto, para lo cual se necesita de un análisis posterior.

6.9.3 Planilla de tren de actividades

La planilla del tren de actividades es un documento que sirve para visualizar el estado del avance actual del proyecto, te ayuda a planificar las actividades, así como la distribución de recursos, como planilla de tren de actividades se distingue dos documentos, el primero es el de planificación y el segundo es de avance, ambos documentos aunque tienen los mismos principios no son iguales, el de planificación tiene la variable tiempo es un poco más extenso, el de avance es un formato más fácil de manejar solo se visualiza el estado actual, pero si se quiere tener el histórico se arma fácilmente a partir de todos los documentos del día.

Para la línea de transmisión 60 kV no se hizo un tren de actividades formal, pero si se realizó el VSM mapa de cadena de valor, el mapa de cadena de valor es como un resumen del tren de actividades, en que la variable tiempo desaparece, pero la secuencia lógica de las actividades se mantiene, la secuencialidad no obedece a los días, sino a primero, segundo etc.

6.9.4 Cálculo de OKR

Los cálculos OKR son la novedad del monitoreo y control, aunque es utilizado en muchas empresas, no es muy común que se utilice en el día a día en los proyectos de construcción. Hay que hacer notar que el Lean Construcción para realizar el tren de actividades, exige cierta coordinación de objetivos, y que ha sido documentado principalmente para proyectos de construcción en edificios, la diferencia principal del LC con los OKR aquí propuestos, son primero que ellos lo aplican para edificios, segundo que sus objetivos diarios fijados obedecen netamente a cálculos aritméticos, pero no a un mayor nivel de comunicación e integración del equipo.

Lo realizado por estos expositores es válido también para las líneas de transmisión, pero de aplicarse tal y cual es mencionado, requeriría de un mayor esfuerzo de comunicación y no lograría la sinergia esperada. Los cálculos aritméticos, son la base para el cálculo de los OKR, pero estos se enuncian de manera simplificada. Si bien es cierto también se realiza el balanceo de recursos y rendimientos en LC, pero se hacen sin buscar un verdadero sentido de simplicidad y máxima efectividad, mientras ellos calculan metas a seguir de acuerdo a los cálculos, en el análisis aquí mencionado, las metas no solo son consecuencia del cálculo, sino que es algo que se busca, desde el comienzo de manera simplificada. Mientras que en el primer caso LC, hablamos de metas que se obtienen de los cálculos, donde el cálculo es lo principal y la meta es algo que se deduce de ello en este segundo análisis de la meta es lo principal, y los cálculos se hacen de manera de lograr las metas adecuadas, en el primero metas que se obtienen de cálculos, y en el segundo cálculos orientados a las metas que queremos lograr, en el primero los cálculos son lo primero, las metas son algo que se deduce de ellos, en el segundo la meta es lo importante y es lo primero, los cálculos sirven para sustentarla, sustentarla en la medida que mediante los cálculos puedo hallar la cantidad de recursos que se necesita para la meta que se fijó, no estamos hablando de una que desprende meramente del cronograma, sino de la meta que el planificador y el equipo del proyecto quiere fijar porque es la más beneficiosa para el proyecto, sin dejar claro de estar sincronizada con todos los demás entregables del proyecto.

CONCLUSIONES

1. El modelo de gestión propuesto permito mejorar la productividad en la línea de transmisión de 60KV del estudio de caso. La variación en porcentaje (%) de la productividad luego de implementar la propuesta fue de 182.45%.
2. El modelo de programación que contribuye a mejorar la productividad en la construcción de una Línea de Transmisión tiene las siguientes características: Se elabora en base al cronograma, el presupuesto, el tren de actividades y reuniones de programación (diarias, semanales y mensuales). El establecimiento de metas de avance para todo el plazo del proyecto se fija en el calendario valorizado; para el mes con la proyección de valorización del mes; para la semana con la programación semanal y para el día con las metas diarias que se obtienen del tren de actividades. La meta de la cuadrilla de trabajo por día se fija de acuerdo a la meta del tren de actividades.
3. El modelo de monitoreo tiene las siguientes características: Se monitorea el avance con la planilla de avance; los recursos con la planilla de recursos de acuerdo con el tipo, mano de obra, materiales, equipos, subcontratos etc. y los costos con el detalle de costos que proporciona la contabilidad. Para la presentación de los datos e indicadores se utiliza resúmenes por planillas, el método del valor ganado o el resultado operativo.
4. El modelo de análisis y levantamiento de restricciones incluye lo siguiente: Reuniones diarias, Análisis de causa raíz, Plan de acción inmediato.
5. Del estudio de caso se destacan los siguientes aspectos que impactan positivamente en la productividad: personal capacitado y con experiencia, Ingeniería de calidad y oportuna, gestión logística oportuna, reuniones diarias de programación con los lideres de las cuadrilla, buen ambiente laboral, metas

fáciles de recordar, análisis y levantamiento constante de restricciones; planificación, monitoreo y control a detalle en su elaboración, pero claro y sencillo en su divulgación, cultura de minimización de actividades que no agregan valor.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar la implementar el modelo de gestión propuesto en otros proyectos donde se aprecie una periodicidad en las actividades.
2. Se recomienda evaluar la implementación de herramientas tecnológicas digitales para el diseño, planificación y visualización de proyectos de construcción.
3. Se recomienda evaluar la implementación de un sistema ERP, para la automatización de procesos, acceso a la información en tiempo real, e integración de la información, para el monitoreo de los proyectos de construcción.
4. Se recomienda evaluar la implementación de un Sistema Conversacional de Toma de Decisiones Inteligente para el levantamiento rápido de restricciones mediante IA.
5. Se sugiere que, en futuras investigaciones, se explore la integración de enfoques científicos en la gestión de proyectos, complementando las buenas prácticas.

GLOSARIO

AC: Costo actual

APU: Análisis de precios unitarios

BIM: Modelado de información de construcción

EDT: Estructura de desglose de trabajo

EDMS: Sistema de gestión de documentos electrónicos

EST.: Estructura/s

EV: Valor ganado

EVA: Análisis de valor ganado

HH: Horas hombre

LC: Lean Construction

LPS: Last Planner System

LT: Línea de transmisión

LTE: Línea de transmisión eléctrica

OKR: Objetivos y resultados clave

PMI: Project Management Institute / Instituto de Gestión de proyectos

PMBOK: Project Management Body of Knowledge / Cuerpo de Conocimiento de
Gestión de Proyectos

PV: Valor planificado

VSM: Value Stream Map / Mapeo de flujo de valor

REFERENCIAS

- Awad, T., Guardiola, J., & Fraíz, D. (2021). Sustainable Construction: Improving Productivity through Lean Construction. *Sustainability*, 13(24), 13877. <https://doi.org/10.3390/su132413877>
- Deckert, J. (2021). *OKRs for Project Managers: A Research Primer*. PMI Mile-Hi Chapter. <https://pmimilehi.org/blog/okrs-for-project-managers-a-research-primer>
- Doerr, J. (2019). *Mide lo que importa. Como Google, Bono y la Fundación Gates cambian el mundo con OKR*.
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). The Last Planner System in China's construction industry - A SWOT analysis on implementation. *International Journal of Project Management*, 32(7), 1260–1272. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.01.002>
- Garcés, G., & Peña, C. (2023). Una revisión sobre Lean Construction para la Gestión de Proyectos de Construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38(1), 43–60. <https://doi.org/10.7764/RIC.00051.21>
- Garel, G. (2013). A history of project management models: From pre-models to the standard models. *International Journal of Project Management*, 31(5), 663–669. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.011>
- Hurtado de Barrera, J. (2015). *El proyecto de investigación - Comprensión holística de la metodología y la investigación* (Ediciones Quirón (ed.); Octava edi).
- Idme Machaca, V. (2018). *Planteamiento de una metodología para la implementación de proyectos de transmisión eléctrica en empresas de distribución del estado peruano* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://goo.su/WAD4XU6>
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook - A Practical Guide for*

- Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill. <https://doi.org/10.1036/0071448934>
- Martin, K., & Osterling, M. (2014). *Value Stream Mapping* (McGraw-Hill (ed.)).
- Nasirzadeh, F., Rostamnezhad, M., Carmichael, D. G., Khosravi, A., & Aisbett, B. (2022). Labour productivity in Australian building construction projects: a roadmap for improvement. *International Journal of Construction Management*, 22(11), 2079–2088. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1765286>
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial - Métodos, estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill.
- Piselia, M. (2020). 4D BIM implementation to improve EPC project performance from contractor's perspective. A case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 930(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/930/1/012011>
- Proaño-Narváez, M., Flores-Vázquez, C., Vásquez Quiroz, P., & Avila-Calle, M. (2022). Earned Value Method (EVM) for Construction Projects: Current Application and Future Projections. *Buildings*, 12(3), 301. <https://doi.org/10.3390/buildings12030301>
- Project Management. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (6ta Ed.).
- Project Management Institute. (2021). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) y El Estándar para la Dirección de Proyectos* (Séptima ed). Project Management Institute Inc.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda (Lean Enterprise Institute). In *Lean Enterprise Institute Brookline* (p. 122). http://www.leanenterprises.com/Library/Learning_to_See_Foreword.pdf
- Shah, F. H., Bhatti, O. S., & Ahmed, S. (2023). A Review of the Effects of Project

- Management Practices on Cost Overrun in Construction Projects. *CSCE 2023*, 1. <https://doi.org/10.3390/engproc2023044001>
- Srinivasan, S., & Li-Kuan (Jason), N. (2023). A Primer on OKRs. *Harvard Business School Background Note*, 123–081.
- Storm, K. (2020). Introduction to construction estimating. In *Industrial Construction Estimating Manual* (pp. 1–14). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823362-7.00001-6>
- Uvarova, S. S., Orlov, A. K., & Kankhva, V. S. (2023). Ensuring Efficient Implementation of Lean Construction Projects Using Building Information Modeling. *Buildings*, 13(3), 770. <https://doi.org/10.3390/buildings13030770>
- Wilkinson, R. D., & Pickett, K. (2009). *The spirit level: Why more equal societies almost always do better*. Allen Lane/Penguin Group UK. Bloomsbury Publishing.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia	109
Anexo 2 Matriz de Operacionalidad	110

Anexo 1 Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<u>Problema general</u> ¿Cuáles son las características de un modelo de gestión que permita mejorar la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV?	<u>Objetivo general</u> Proponer un modelo de gestión que permita mejorar la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.	<u>Hipótesis general</u> Es factible elaborar un modelo de gestión que mejoré la productividad en un proyecto de construcción de una línea de transmisión de 60 kV.	<u>Variable independiente (X):</u> Modelo de gestión	X1: Claridad de criterios para la fijación de metas. X2: Calidad de configuración de parámetros en reportes. X3: Avance planificado y Costo planificado. X4: Factores de producción.	<u>Tipo de investigación:</u> Investigación Proyectiva <u>Nivel de investigación:</u> Descriptiva, explicativa <u>Métodos:</u> Investigación cuantitativa y cualitativa <u>Diseño:</u> Estudio de caso
<u>Problemas específicos</u>	<u>Objetivos específicos</u>	<u>Hipótesis específicas</u>	<u>Variable dependiente (Y):</u> Productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV	Y1 : Variación del Cronograma (SV)*. Y2 : Índice de desempeño del cronograma (SPI)*. Y3 : Variación del Costo (CV)*. Y4 : Índice de Desempeño de Costo (CPI)*. *Criterios: Horas hombre / Costos directos / Gasto General / Costo total.	<u>Población y Muestra</u> <u>Población:</u> Proyectos de Construcción de Líneas de transmisión eléctrica de 60 kV <u>Muestra:</u> Proyecto de Construcción de Línea de Transmisión Eléctrica de 60 kV en Perú a aprox. 3000 m.s.n.m. <u>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</u> Parte diario de trabajo (PDT), Planilla de avance de trabajo (PAT), Planilla de costos (PC) Análisis de documentos <u>Técnicas e instrumentos de análisis y procesamiento de datos recolección de datos</u> Análisis de Valor Ganado. Software de hoja de cálculo Microsoft Excel
1. ¿Cuáles son las características de un modelo de Programación y establecimiento de metas de procesos en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV que permita mejorar la productividad?	1. Determinar las características esenciales de un modelo de Programación y establecimiento de metas de procesos que contribuyan a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.	1. La implementación de un modelo de Programación y establecimiento de metas de procesos que incluya características específicas mejorará la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.			
2. ¿Cuáles son las características de un modelo de Monitoreo de avance y costo en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV, que permita mejorar la productividad?	2. Determinar las características esenciales de un modelo de Monitoreo de avance y costo que contribuyan a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.	2. La implementación de un modelo de Monitoreo de avance y costo que incluya características específicas mejorará la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.			
3. ¿Cuáles son las características de un modelo de Análisis del Valor Planificado (PV) en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV que permitan mejorar la productividad?	3. Determinar las características esenciales de un modelo de Análisis del Valor planificado (PV) que contribuyan a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.	3. La implementación de un modelo de Análisis del Valor planificado (PV) que incluya características específicas mejorará la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.			
4. ¿Cuáles son las características de un modelo de Análisis y control de restricciones en un proyecto de construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV, que permita mejorar la productividad?	4. Determinar las características esenciales de un modelo de Análisis y control de restricciones que contribuyan a mejorar la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.	4. La implementación de un modelo de Análisis y control de restricciones que incluya características específicas mejorará la productividad en la construcción de una línea de transmisión eléctrica de 60 kV.			

Anexo 2 Matriz de Operacionalidad

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	OPERACIONALIZACIÓN		ESCALA DE MEDICIÓN
			DIMENSIONES	INDICADORES	
<u>Variable independiente (X):</u> Modelo de gestión	El modelo de gestión es un esquema de un sistema que representa como se lleva a cabo un grupo de procesos requeridos para planificar hacer seguimiento, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, identificar áreas en las que el plan requiera cambios e iniciar los cambios correspondientes.	El modelo de gestión se relaciona con la utilización de herramientas de gestión que involucran el secuenciamiento constructivo, la programación de actividades, el establecimiento de metas de procesos, el análisis de Valor Ganado, el análisis de restricciones, y análisis de causa raíz.	Programación y establecimiento de metas de procesos	Claridad de criterios para la fijación de metas	Cualitativo
			Monitoreo de avance y costo	Calidad de configuración de parámetros en reportes	Cualitativo
			Análisis del Valor planificado (PV)	Avance planificado y Costo planificado	Cuantitativo
			Análisis y control de restricciones	Factores de producción	Cualitativo
<u>Variable dependiente (Y):</u> Productividad en la construcción de una línea de transmisión 60 kV	La productividad es definida como la relación entre lo producido y lo gastado en ello, pero también puede definirse como una medición de la eficiencia con la que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado (Cantú et al., 2018).	Se efectúa cálculos basados en la relación entre la cantidad de trabajo ejecutado a la fecha expresado en términos del presupuesto (EV), el costo real incurrido por el trabajo llevado cabo en una actividad en un periodo de tiempo específico (AC) , y el presupuesto autorizado que ha sido asignado al trabajo planificado (PV). Utilizando los criterios, horas hombres, costo directo, gasto general y costo total para su cálculo.	Cantidad de trabajo ejecutado a la fecha expresado en términos del presupuesto (EV)	Variación del Cronograma (SV)*. Índice de desempeño de Cronograma (SPI)*. Variación del Costo (CV)*.	Cuantitativo
			Costo real incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad en un periodo de tiempo específico (AC)	Índice de desempeño de costos (CPI)*. *Criterios: Horas hombre / Costos directos / Gasto General / Costo total	