UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**INTEGRACIÓN SISTÉMICA Y EVALUACIÓN DE
HERRAMIENTAS DE LA FILOSOFÍA LEAN
CONSTRUCTION: LAST PLANNER SYSTEM Y PULL
PLANNING EN LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE UN
TÚNEL DE TRINCHERA CUBIERTA EN EL PERÚ**

Tesis

para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Bach. Gian Pier Guzmán Arana (0000-0002-0188-8203)

Bach. Jean Paul Vela Cieza (0000-0002-8043-4372)

ASESOR:

Ing. Julio Farje Mallqui (0000-0003-3998-8696)

Lima, Mayo 2018

DEDICATORIA

*Dedicamos esta tesis a todas las personas interesadas y creyentes de la
Filosofía Lean Construction para seguir contribuyendo en nuestro
desarrollo y constante mejora continua.*

AGRADECIMIENTO

Primero queremos agradecer a Dios por todas las oportunidades que nos dio en nuestras vidas para poder contribuir en bien de nuestra sociedad. A nuestros padres por su apoyo incondicional en nuestro crecimiento personal y profesional. A nuestra Universidad y a todas aquellas personas que contribuyeron al desarrollo de esta tesis y de manera especial a nuestros jefes y colegas del trabajo con quienes aprendimos mucho.

RESUMEN

El objetivo de la siguiente tesis es crear una visión integral de las metodologías de planeamiento y control que forman parte de la filosofía “Lean Construction” para validarlas como buenas prácticas en construcción de obras de ingeniería. Para ello, se eligió el proyecto encargado de la construcción de un Túnel de trinchera cubierta en el Perú y se evaluó la forma de trabajo de las áreas de planeamiento y producción en el contexto de la implementación de las metodologías. Esto define dos momentos diferentes en el proyecto; inicialmente, cuando se trabajaba de manera tradicional y luego con las metodologías ya implementadas. Durante todo este largo proceso se lograron mejoras en el desempeño de la ejecución del túnel. Para constatar ello, se evaluaron las ventajas y limitaciones de los diferentes enfoques. Asimismo, el análisis de la información recopilada permitió mostrar de manera efectiva las mejoras a partir de la evaluación del grado de adherencia o cumplimiento y el análisis de los desvíos entre lo planeado y realizado. Finalmente, como propuesta y aplicación de mejora, la tesis presenta la forma ideal de implantar este sistema de gestión del tiempo en cualquier proyecto de construcción y la propuesta se expone mediante diagramas de flujos y diagramas funcionales de las etapas y procesos del sistema.

Palabras Clave: Planeamiento, Lean Construction, Túnel de Trinchera Cubierta

ABSTRACT

The aim of the thesis is to create a holistic view of planning and control methodologies that are part of the philosophy of "Lean Construction" to validate them as best practices in construction engineering. To this end, we chose the project manager of the construction of a tunnel covered trench in Peru and it was evaluated the way of work of the areas of planning and production in the context of the implementation of the methodologies. This defines two different moments in the project; initially, when working in a traditional way and then with the already implemented methodologies. Throughout this long process improvement were achieved in the implementation performance of the tunnel. To verify this, the advantages and limitations of different approaches were evaluated. Also, analysis of the collected information effectively allowed to show improvements from the evaluation of the degree of adherence or compliance and analysis of deviations between planned and realized. Finally, as a proposal and application of enhancing the thesis presents the ideal way to implement this system of time management in any construction project and the proposal set forth by functional flowcharts and diagrams of the stages and processes of the system.

Key Words: Planning, Lean Construction, Tunnel cut and cover

ÍNDICE

ÍNDICE.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABLAS.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	15
Fundamentación e importancia.....	15
Objetivos.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos.....	15
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	17
Tipo de investigación.....	17
Planteamiento, formulación del problema e hipótesis.....	17
Planteamiento del problema.....	17
Formulación del problema.....	18
Hipótesis.....	18
Diseño de la investigación.....	18
Identificación de variables.....	19
Diseño metodológico.....	20
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	22
Túnel.....	22
Clasificación de túneles.....	23
Túneles en trinchera cubierta.....	27
Metodología constructiva en túneles de trinchera cubierta.....	31
Lean Construction en el planeamiento y control estratégico de la construcción.....	32
Introducción al Lean Construction.....	32
Diferencias de planificación entre el modelo tradicional y el enfoque lean.....	34
Principios de Lean Construction.....	37

Herramientas Lean.....	42
Comparación de la filosofía Lean Construction en edificaciones y en túneles de trinchera cubierta	46
CAPÍTULO IV: LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	48
Planeamiento y programación	51
Planeamiento tradicional inicial	52
Planeamiento con enfoque Lean Construction	59
Comparación del planeamiento tradicional inicial y el planeamiento con enfoque Lean	70
Resultados de la implementación	72
Previsto vs realizado	72
Porcentaje del plan cumplido – PPC	74
Análisis de la evolución del porcentaje plan cumplido (PPC)	76
Avance físico	79
CAPÍTULO V: PROPUESTA DE LA MEJORA	81
Implementación de las herramientas del sistema de planificación.....	81
Preparación de Pull Planning.....	81
Dinámica Pull Planning.....	84
Modelo sistemático de planeamiento, programación y control.....	87
Manual de planeamiento y programación en Primavera P6.....	90
Medición de la adherencia de la programación al planeamiento	90
CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE LA MEJORA	91
Generación de agendas y roles de los ingenieros de planeamiento y producción.....	91
Análisis de rentabilidad de la implementación del sistema.....	92
Nivel de satisfacción del sistema de planeamiento: integración de Last Planner System y Pull Planning	94
Indicador de adherencia de la programación al planeamiento	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97

LISTA DE FIGURAS

Gráfico Nro. 1: “Diseño de serie de tiempo cuasi experimental con múltiples grupos”	19
Gráfico Nro. 2: “Evaluación causa-efecto”	19
Figura Nro. 1: “Evolución de la construcción de túneles”	22
Gráfico Nro. 3: “Clasificación de túneles”	23
Figura Nro. 2: “Túnel proyecto integral Olmos”	24
Figura Nro. 3: “Proyecto Interconexión Vial Rímac – San Juan de Lurigancho”	24
Figura Nro. 4: “Túnel Baluarte – Autopista Durango-Mazatlán”	25
Figura Nro. 5: “Trinchera cubierta”	26
Figura Nro. 6: “Túnel urbano subacuático de Tokio”	27
Figura Nro. 7: “Túnel de la Costanera Norte – Autopista Central (Chile)”	28
Figura Nro. 8: “Tramo 1 - Estaciones Plaza de Toros y Las Feria”	29
Figura Nro. 9: “Vía Parque Rímac”	29
Figura Nro. 10: “Túnel en el tramo IIIB de la Av. Néstor Gambetta”	30
Gráfico Nro. 4: “Filosofía Lean Construction”	32
Gráfico Nro. 6: “PDCA Last Planner System”	44
Figura Nro. 11: “Tramos del túnel”	48
Figura Nro. 12: “Entrada del túnel en trinchera cubierta”	49
Figura Nro. 13: “Sección transversal del túnel”	49
Figura Nro. 14: “Dimensiones de elementos estructurales en sección típica”	50
Gráfico Nro. 7: “Metodologías de planeamiento aplicadas en la ejecución del túnel”	50
Figura Nro. 15: “Plan de ataque general del túnel”	51
Figura Nro. 16: “Plan de ataque del túnel – unidades constructivas de 30m”	52
Figura Nro. 17: “Secuencia constructiva de elementos de concreto del túnel”	54
Figura Nro. 18: “Secuencia de ejecución de losas de fondo 1”	55
Figura Nro. 19: “Secuencia de ejecución de arranques de muros 1”	55
Figura Nro. 20: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 1”	56
Gráfico Nro. 8: “Programación inicial”	59

Figura Nro. 21: “Secuencia de ejecución de losa de fondo 2”	60
Figura Nro. 22: “Secuencia de ejecución de arranques 2.1”	60
Figura Nro. 23: “Secuencia de ejecución de arranques 2.2”	60
Figura Nro. 24: “Llaves de corte”	61
Figura Nro. 25: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.1”	61
Figura Nro. 26: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.2”	62
Figura Nro. 27: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.3”	62
Figura Nro. 28: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.4”	63
Figura Nro. 29: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.5”	63
Gráfico Nro. 9: “Programación Lean”	70
Gráfico Nro. 10: “Previsto vs realizado – losa inferior (frente norte)”	72
Gráfico Nro. 11: “Previsto vs realizado – losa inferior (frente sur)”	72
Gráfico Nro. 12: “Previsto vs realizado – muros (frente norte)”	73
Gráfico Nro. 13: “Previsto vs realizado – muros (frente sur)”	73
Gráfico Nro. 14: “PPC semanal – frente norte”	75
Gráfico Nro. 15: “PPC semanal – frente sur”	75
Gráfico Nro. 16: “PPC semanal – túnel”	76
Gráfico Nro. 17: “Análisis de la evolución del PPC semanal – frente norte”	77
Gráfico Nro. 18: “Análisis de la evolución del PPC semanal – frente sur”	78
Gráfico Nro. 19: “Análisis de la evolución del PPC semanal – túnel”	79
Gráfico Nro. 20: “Avance físico de ejecución del túnel”	80
Gráfico Nro. 21: “Diagrama de flujo de preparación de Pull Planning”	83
Gráfico Nro. 22: “Diagrama de flujo de dinámica Pull Planning”	86
Gráfico Nro. 23: “Diagrama sistemático de planeamiento, programación y control”	88
Gráfico Nro. 24: “Resultados de encuesta de satisfacción Pull Planning”	94
Gráfico Nro. 25: “Indicador de adherencia de la programación al planeamiento”	96

LISTA DE TABLAS

Tabla Nro. 1: “Diseño de serie de tiempo con múltiples grupos aplicados al proyecto”	20
Tabla Nro. 2: “Leyenda de diseño de serie de tiempo con múltiples grupos aplicados al proyecto”	21
Tabla Nro. 3: “La producción convencional y la producción sin pérdidas”	36
Gráfico Nro. 5: “Tiempo ciclo”	38
Tabla Nro. 4: “Comparación de la aplicación de la filosofía Lean Construction en edificaciones y en túneles de trinchera cubierta”	46
Tabla Nro. 5: “Ventajas y desventajas de la programación mensual”	57
Tabla Nro. 6: “Ventajas y desventajas de la programación trimestral”	66
Tabla Nro. 7: “Ventajas y desventajas de la programación semanal”	68
Tabla Nro. 8: “Planeamiento tradicional inicial y planeamiento con enfoque Lean”	70
Tabla Nro. 9: “Roles de los involucrados”	91
Tabla Nro. 10: “Reuniones”	91
Tabla Nro. 11: “Agenda y roles del área de planeamiento y producción”	92
Tabla Nro. 12: “Dimensionamiento del personal FTE – área de planeamiento y control (planeamiento inicial)”	93
Tabla Nro. 13: “Dimensionamiento del personal FTE – área de planeamiento y control (planeamiento Lean)”	93

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se han desarrollado varias herramientas de gestión para la construcción de proyectos de infraestructura. Sin embargo, pocas organizaciones implementan o intentan implementar dichas herramientas por el grado de incertidumbre que representa realizar cambios en su metodología de trabajo habitual. Se cree que nuevas filosofías requieren gran esfuerzo y tiempo para lograr buenos resultados y generar beneficios para una organización. En el Perú, la filosofía Lean Construction se llega a conocer y difundir a partir del año 2002 y en los últimos años logra tener mayor acogida por el sector de la construcción, en la medida que diversas empresas reconocidas empiezan a implementarla y utilizarla en su sistema de trabajo. Sin embargo, existe poca información del proceso de implementación, aprendizaje y de los resultados obtenidos de la aplicación de estas herramientas.

En este contexto, con el desarrollo de esta tesis se logrará evaluar las herramientas de la filosofía Lean Construction: Last Planner System y el Pull Planning System en el marco de su implementación, aplicación y proceso de mejora durante la etapa de ejecución de un proyecto de infraestructura de tipo túnel trinchera cubierta en el Perú. Todo ello con la finalidad de dar a conocer y validar las ventajas de su aplicación en proyectos de construcción.

El capítulo uno, “Generalidades”, presenta el fundamento e importancia de este estudio, asimismo, el objetivo general y los objetivos específicos. El capítulo dos, “Metodología de investigación”, inicia con la descripción del tipo y naturaleza de la investigación, luego presenta el planteamiento y la formulación del problema, seguido del desarrollo de las hipótesis. La tercera parte de este capítulo presenta el diseño de la investigación donde se hace la identificación de las variables y finalmente, el diseño metodológico.

El capítulo tres, “Marco teórico”, está dividido en dos partes, la primera comprende el marco conceptual de definición de túneles. Su desarrollo inicia con la clasificación, luego se enfatiza en el tipo de túneles en trinchera cubierta para finalmente dar a conocer su metodología constructiva. La segunda parte muestra el marco conceptual de la filosofía Lean Construction y sus herramientas: Last Planner System y Pull Planning.

El capítulo cuatro, “Levantamiento y análisis de la información”, está compuesto por dos partes, la primera describe la planificación y la programación de la ejecución del túnel en estudio en dos momentos diferentes, definidos básicamente por la aplicación de la filosofía Lean Construction. La segunda parte muestra los resultados de la implementación y aplicación de las herramientas Lean. Primero con el contraste de adherencia entre lo previsto y realizado, luego mediante el análisis de la mejora del desempeño con la aplicación del PPC (porcentaje de plan cumplido), antes y durante la aplicación de la metodología Lean y finalmente su repercusión en el avance físico del proyecto.

El capítulo cinco y seis muestra la “Propuesta y aplicación de la mejora”. Se parte de la concepción e integración sistemática de todos los procesos y roles de los actores involucrados en el planeamiento para esquematizar un diagrama funcional que permita aplicar la metodología de Last Planner System y Pull Planning en cualquier proyecto de ingeniería civil.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

Fundamentación e importancia

Actualmente, la ejecución de proyectos de ingeniería se rige sobre sobre cuatro pilares importantes: el alcance, el costo, el tiempo y la calidad. Su buena gestión y equilibrio puede garantizar el éxito y la rentabilidad de los proyectos. En este sentido, se entiende que las actividades encargadas de la gestión y administración del tiempo en un proyecto son el planeamiento y la programación, pues representan un rol muy importante para el desarrollo de toda la obra, siendo responsables de crear y dar ritmo al avance físico para cumplir con los plazos establecidos.

He aquí la importancia de identificar, implementar y seguir innovando en buenas prácticas para la planificación estratégica de proyectos de ingeniería que permitan optimizar procesos en la construcción y gestión con la finalidad de cumplir el alcance en el plazo establecido, con el costo óptimo y satisfaciendo la calidad del cliente.

Objetivos

Objetivo general

- Integrar y validar un modelo sistémico de planeamiento y control de proyectos aplicable a la construcción de túneles de trinchera cubierta, basado en dos herramientas de la filosofía Lean Construction: Last Planner System y Pull Planning.

Objetivos específicos

- Describir los principios de la filosofía Lean Construction en el planeamiento de proyectos de construcción.
- Describir las fases y procesos de la herramienta Last Planner System: Master Plan, Pull Planning, Six Week Look Ahead, Programación Semanal; en base al ciclo PDCA.

- Comparar metodologías de planeamiento y control de la producción aplicadas durante la construcción de un túnel de trinchera cubierta: planeamiento tradicional inicial y planeamiento con enfoque Lean.
- Evaluar y consolidar resultados de la implementación de las herramientas del Lean Construction a través de indicadores.
- Integrar y validar un modelo sistémico de planificación y control aplicable a la construcción de túneles de trinchera cubierta basado en las herramientas Lean: Last Planner y Pull Planning.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

Esta investigación es de carácter descriptivo dado que analiza características y propiedades de herramientas de gestión de planificación para la ejecución de un proyecto de infraestructura a través de la selección de variables susceptibles a medir o conjeturar. De esta manera adopta la forma de un estudio descriptivo de campo y descriptivo de tendencia.

En cuanto al estudio descriptivo de campo, la investigación desarrolla el marco conceptual de los túneles y su clasificación. Asimismo, profundiza en los túneles urbanos de tipo trinchera cubierta y cita ejemplos principales de este tipo en el Perú y en el mundo. Luego describe las principales metodologías constructivas para finalmente establecer el vínculo con herramientas de planeamiento y control estratégico para su ejecución.

La etapa de estudio descriptivo de tendencia se basa en comprobar los cambios generados en el proyecto a través del tiempo, es decir, que a partir de la implementación de las herramientas ya mencionadas se comprueban los efectos en el desempeño de la ejecución del túnel. Para lograr ello, se realiza un estudio retrospectivo en la búsqueda y análisis de información de la etapa preliminar y se compara con la información adquirida post implementación.

Planteamiento, formulación del problema e hipótesis

Planteamiento del problema

Existen diversas metodologías de planeamiento para la construcción de proyectos de ingeniería civil tales como Last Planner System, Pull Planning System y Look Ahead Planning que son aplicadas en la búsqueda del cumplimiento de plazos de entrega. Sin embargo, el problema surge cuando el enfoque se limita solo a la utilización de herramientas dejando de lado la concepción sistémica e integrada de todos los procesos que la componen. Las consecuencias de ello en la mayoría de los casos van desde la desacreditación de las

metodologías, incumplimiento de plazos contractuales, baja productividad, sobrecostos, re trabajos, hasta pérdida de credibilidad en los responsables por la ejecución del proyecto y generación de barreras para postular a futuras contrataciones.

Formulación del problema

¿Cómo la ausencia de integración sistémica de las herramientas de Lean Construction: Last Planner System y Pull Planning influyen en la adherencia a la planificación y en el control adecuado para la ejecución de un túnel de trinchera cubierta en el Perú?

Hipótesis

Si no existe una integración sistémica de las herramientas Lean: Last Planner y Pull Planning en el planeamiento y control de obras civiles que envuelva a todas las áreas de apoyo (Ingeniería, Planeamiento, Costos, Producción, Seguridad, Calidad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Administración) entonces los resultados de avance físico no atenderán a la demanda del plan inicial de obra ni a las expectativas del cliente.

En esta hipótesis se identifican tres variables relacionadas:

- Integración sistémica de herramientas Lean
- Áreas de apoyo involucradas
- Avance físico del proyecto

A través de la relación de estas tres variables se puede predecir cuál sería el resultado si no se le da la debida importancia a la integración sistémica de las herramientas Lean. Más aún si no se logra difundirla a todos los sectores y niveles de la organización.

Diseño de la investigación

La siguiente investigación se basa en un diseño cuasi experimental de serie cronológica con múltiples grupos, dado que se manipula una variable independiente para medir su efecto relacionado con una o más variables dependientes en el mediano o largo plazo. En ese sentido, se seleccionan grupos equiparables y se les aplica mediciones periódicas para constatar su evolución. El diseño se puede esquematizar de la siguiente manera:

Gráfico Nro. 1: “Diseño de serie de tiempo cuasi experimental con múltiples grupos”

Fuente: Metodología de la Investigación - Pino 2007

Donde:

- O_1, O_2, O_3 : Son prepruebas
- O_4, O_5, O_6 : Son post pruebas
- G_1, G_2 : Son los grupos analizados
- X : Tratamiento experimental

Identificación de variables

Se entiende por variable todo aquello que pueda causar cambios susceptibles a medirse, observarse y/o evaluarse. Se distingue entre variable independiente, dependiente y controlada. La esencia de esta investigación es la manipulación de una variable independiente para determinar sus efectos sobre una variable dependiente. A continuación, en la gráfica nro. 2 se muestra una explicación gráfica del proceso.¹

Gráfico Nro. 2: “Evaluación causa-efecto”

¹ Cfr. Pino 2007: 129

Fuente: Metodología de la investigación - Pino 2007

Los resultados del proceso serán registrados, comparados y podrán describirse mediante tablas y gráficos, con la finalidad de hacer análisis que muestren y confirmen la hipótesis emitida.

Variable dependiente

Es la variable que actúa como efecto de una causa que ejerce coerción y se denotará con la letra Y.

- Y1: PPC
- Y2: Avance Físico

Variable independiente

Es la variable causante del efecto que se da en la variable dependiente y se denotará con la letra X.

- X1: Aplicación integrada de herramientas de la filosofía Lean Construction: Last Planner System y Pull Planning

Diseño metodológico

Una vez definido el diseño de la investigación e identificado las variables se puede esquematizar el diseño experimental de la siguiente manera:

Tabla Nro. 1: “Diseño de serie de tiempo con múltiples grupos aplicados al proyecto”

		O1	O2	On
G1	SG11	Y1-11-1	Y1-11-2	Y1-11-n
		Y2-11-1	Y2-11-2	Y2-11-n
	SG12	Y1-12-1	Y1-12-2	Y1-12-n
		Y2-12-1	Y2-12-2	Y2-12-n
	SG13	Y1-13-1	Y1-13-2	Y1-13-n
		Y2-13-1	Y2-13-2	Y2-13-n
G2	SG21	Y1-21-1	Y1-21-2	Y1-21-n
		Y2-21-1	Y2-21-2	Y2-21-n
	SG22	Y1-22-1	Y1-22-2	Y1-22-n
		Y2-22-1	Y2-22-2	Y2-22-n
	SG23	Y1-23-1	Y1-23-2	Y1-23-n
		Y2-23-1	Y2-23-2	Y2-23-n

Fuente: Elaboración propia

Donde las variables están definidas de acuerdo con la leyenda que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla Nro. 2: “Leyenda de diseño de serie de tiempo con múltiples grupos aplicados al proyecto”

G	Grupo de Control: Frentes de Trabajo	
	G1	Frente Norte
	G2	Frente Sur
SG	Sub-Grupo: Servicio	
	SG1	Acero
	SG2	Encofrado
	SG3	Concreto
Y	Variable Dependiente: Indicador de Planeamiento	
	Y1	PPC
	Y2	Avance Físico
O	Observación: Desempeño	
	On	Medición Periódica de Desempeño

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

Túnel

Según el Diccionario de la Real Academia Española define a un túnel como “paso subterráneo abierto artificialmente para establecer una comunicación a través del monte, por debajo de un río u otro obstáculo”. Un túnel, es una obra subterránea artificial normalmente horizontal o inclinada de gran longitud con el objetivo de comunicar dos puntos entre sí. Se ejecutan túneles con la finalidad de construir carreteras, ferrocarriles, canales, pasos inferiores en canales, ríos, estrechos o brazos del mar, almacenamiento de materiales o sustancias, instalaciones y refugios subterráneos, desde los tiempos más remotos. En el mundo, se construyen túneles para líneas de alta velocidad, obras hidráulicas, obras urbanas, explotaciones mineras e investigaciones científicas; estos tipos de infraestructuras viabilizan el desarrollo en múltiples disciplinas.

En el Perú, los túneles tienen un papel muy importante para el desarrollo del país. En la actualidad, se encuentran construyendo líneas de alta velocidad con la intención de resolver el tráfico vehicular, además la ejecución de túneles para la canalización y almacenamiento de agua que sirve para alimentar el consumo de nuevas ciudades. La tecnología que se viene implementando en las obras antes mencionadas es la misma que se utiliza en los países desarrollados del oriente.

Figura Nro. 1: “Evolución de la construcción de túneles”

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra un esquema de la clasificación de túneles de acuerdo con su uso, sección, ubicación, material y características constructivas.

Gráfico Nro. 3: “Clasificación de túneles”

Fuente: Elaboración propia

Clasificación de túneles

Los túneles según características estructurales y de construcción puede ser definidos como:

En roca

Los túneles en roca son normalmente construidos a través de montaña. El método de ejecución para este tipo de túneles es muy complejo, por la necesidad de utilizar equipo o maquinaria especial ya sea de voladura o perforación, a su vez, se caracterizan por ser los más costosos y riesgosos por ser trabajos en espacios confinados. Actualmente, la ingeniería ha desarrollado numerosos métodos para construir este tipo de túneles por la complejidad en el diseño y el enfrentamiento a la geotecnia (rocas). En muchos casos, la utilización de este tipo de túneles es para el tránsito vial (carretero, ferroviario, metro) o la conducción de materiales o recursos hídricos. En la figura número 2, se muestra el túnel trasandino del

proyecto integral Olmos con una longitud de 20 km, que fue construido con la finalidad de servir de trasvase de las aguas del río Huancabamba de la vertiente del Atlántico a la vertiente del Pacífico. El proyecto se ubica a 900 km al norte de Lima en la región de Lambayeque.

Figura Nro. 2: “Túnel proyecto integral Olmos”

Fuente: El Digital 2013

En suelo

Los túneles en suelo generalmente son urbanos. Los túneles en suelo pueden ser para el tránsito peatonal, carretero, ferrocarriles subterráneos, para el abastecimiento de agua, sistemas de alcantarillado o energía eléctrica. La construcción este tipo de túneles se hacen de manera convencional con procesos de excavación, sostenimiento y obras estructurales.

La ingeniería y ejecución se complica cuando hay presencia de napa freática, esta condición natural demanda la aplicación de soluciones y uso de nuevas tecnologías para la depresión de los niveles de agua superficial y la protección de las estructuras a ejecutarse.

En la figura número 3 se muestra una imagen del proyecto de interconexión vial de dos distritos Limeños: Rímac y San Juan de Lurigancho. Su diseño contempla la ejecución de 2 túneles de 300 metros de longitud que penetran roca viva a través del cerro Santa Rosa – Lima.

Figura Nro. 3: “Proyecto Interconexión Vial Rímac – San Juan de Lurigancho”

Fuente: La Primera Digital 2012

Falso

Los túneles en falso tienen la finalidad de proteger a los vehículos de la caída de rocas, se construyen antes de la entrada a los túneles roca. La estructura es de concreto armado, sigue las dimensiones del túnel entrante y luego es relleno con material natural; cumpliendo con la protección en el ingreso.

La figura número 4 corresponde al acceso del túnel Baluarte, este tiene una longitud de 556 m y un ancho de 20.40 m. y se encuentra ubicado en la autopista Durango-Mazatlán, México. En la figura se puede apreciar el ingreso en falso túnel.

Figura Nro. 4: “Túnel Baluarte – Autopista Durango-Mazatlán”

Fuente: Poon 2013

Cobertizos

Los túneles cobertizos tienen como finalidad proteger a los vehículos de las avalanchas de nieve en zonas montañosas. Estas estructuras son de sección rectangular conformada por concreto armado y siempre es abierta en uno de sus extremos de la sección.

Trinchera cubierta

Un túnel de trinchera cubierta se define como una estructura de concreto armado de sección rectangular, conformado por losas y muros, que es construida sobre una superficie plataformada y posteriormente es recubierta o rellenada. Estos tipos de túneles por lo general son construidos con la finalidad de crear viaductos para el tránsito vial (carretero, ferroviario, metro). La complejidad de ejecución de estos tipos de proyectos aumenta cuando de por medio existe presencia del agua.

La ejecución de túneles de trinchera cubierta exige excavaciones previas con soporte, por medio de tablestacas o muros colados. Este soporte mantiene la trinchera abierta durante la construcción y evita los desplazamientos de tierra que pueden causar daños a las estructuras cercanas.

Figura Nro. 5: “Trinchera cubierta”

Fuente: Fieras de la ingeniería 2014

Túneles en trinchera cubierta

En el mundo

- **Túnel urbano subacuático (Tokio):**

El Aqualine Bahía de Tokio es una obra que conecta dos ciudades, Kawasaki y Kisarazu, a través de un paso marino. El proyecto tiene una longitud total de 15.1 km que son 2/3 de un túnel en trinchera cubierta y 1/3 de puente. El túnel subterráneo cuenta con tres vías con dos carriles para cada uno.

Según el ITA-AITES, para ir de una ciudad a otra sólo hacen falta 15 minutos, por lo que la autopista desempeña un papel clave a la hora de integrar estas dos zonas de gran importancia industrial. El recorrido alternativo tiene una longitud de 100 kilómetros y hay que atravesar el centro del Tokio metropolitano, de modo que la Aqualine también sirve para descongestionar el tráfico en la gran red viaria metropolitana.

Figura Nro. 6: “Túnel urbano subacuático de Tokio”

Fuente: Geotecnia Andina 2011

- **Américo Vespucio Oriente, Tramo Av. El Salto – Príncipe de Gales (Chile):**

Según la Coordinación de Concesiones de Obras Públicas del Gobierno de Chile se muestra El proyecto de concesión Américo Vespucio Oriente, Tramo el Salto –Príncipe de Gales, consiste en la construcción y explotación de una autopista urbana con una longitud

aproximada de 9,3 Km, cuyo trazado abarca 5 comunas: La Reina, Las Condes, Vitacura; Recoleta y Huechuraba.

Por su diseño y proceso de ejecución este proyecto se considera como un túnel en trinchera cubierta, presenta dos niveles de pistas para dos sentidos de vía y cada una contará con 3 carriles. Una de las características resaltantes de la construcción de este túnel es que estará por debajo de un parque con el fin de mejorar el medio ambiente para la ciudad de Santiago.

Figura Nro. 7: “Túnel de la Costanera Norte – Autopista Central (Chile)”

Fuente: Gobierno de Chile 2015

- **Línea 1 del metro de Valencia (España)**

Otro ejemplo de túneles de trinchera cubierta en el mundo es la obra la Línea 1 del metro de Valencia, entre las estaciones de Plaza de Toros y Guarapo. El proyecto fue ejecutado por la empresa Ghella-Soggene. La línea 1 presenta dos tramos de túneles construidos con sistema de tuneladoras y en trinchera cubierta.

El tramo de túnel en trinchera cubierta tiene una sección rectangular es de 9 m de ancho x 4.72 m de alto. Para la protección de los taludes inclinados se utilizó un reforzamiento con malla metálica anclada al terreno y con concreto proyectado de 7.5 cm de espesor. La estructura está conformada por una losa inferior, muros y una losa superior, todas estas de

concreto armado y fue cubierto con relleno estructural de aproximadamente 3 m hasta la rasante.

Figura Nro. 8: “Tramo 1 - Estaciones Plaza de Toros y Las Feria”

Fuente: Colmig Engineering 2000

En el Perú

- **Vía Parque Rímac:**

Vía Parque Rímac es un proyecto de gran envergadura, su alcance es la construcción de un túnel debajo del río Rímac. Por su naturaleza y diseño de ingeniería es un túnel en trinchera cubierta con una longitud de 2 km y consta de dos vías vehiculares que permitirá conectar de manera rápida y segura en la Vía de Evitamiento con el Callao, con la finalidad de reducir la congestión vehicular entre estos sectores. Según la Municipalidad de Lima, Vía Parque Rímac es un proyecto de desarrollo integral de la ciudad y su desarrollo urbano, que además de modernizar la gestión del tráfico mejorará las condiciones ambientales del río Rímac.

Figura Nro. 9: “Vía Parque Rímac”

Fuente: El Comercio 2014

- **Mejoramiento de la Av. Néstor Gambetta del tramo IIIB:**

El proyecto “Construcción del Túnel en el Tramo IIIB de la Av. Néstor Gambetta”. fue concebido con la finalidad de ordenar y mantener el tránsito de vehículos de carga pesada en zona logística del Callao. Asimismo, para dar lugar a la futura construcción de la nueva pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez la cual estará proyectada por encima del túnel.

El alcance del proyecto, es la construcción de un túnel subterráneo que comprende obras civiles e instalaciones electromecánicas. Consta de dos pistas vehiculares con tres carriles cada una, además una vía central para un futuro ferrocarril y túneles laterales de emergencia para evacuación peatonal, conocidas como galerías. El túnel en trinchera cubierta tiene una longitud efectiva de desarrollo de 960 m.

Figura Nro. 10: “Túnel en el tramo IIIB de la Av. Néstor Gambetta”

Fuente: Elaboración propia

Metodología constructiva en túneles de trinchera cubierta

Proceso constructivo – “cut and cover”

Para la ejecución de túneles en trinchera cubierta es común utilizar el método constructivo de “cut and cover”, que en español significa “cortar y cubrir”. Este método se basa en realizar excavaciones en forma de zanja a lo largo de la proyección del túnel. Una vez alcanzada la cota de fundación, se procede a la construcción de elementos estructurales de concreto. Finalmente, se vuelve a cubrir las estructuras con relleno estructural.

Existen dos formas de realizar este procedimiento constructivo:

- **Método “bottom up”:** este método consiste en la ejecución del túnel de abajo hacia arriba. Es decir, se realiza la excavación de la superficie a tajo abierto en su totalidad y se construye el túnel desde las bases hasta las estructuras superiores, luego se rellena y cubre la estructura. El túnel puede ser construido con concreto in situ, estructuras de concreto prefabricado, arcos con acero corrugado, acero prefabricado, entre otros.
- **Método “top down”:** este método consiste en realizar la construcción del túnel de arriba hacia abajo. Se comienza con la excavación parcial del área de la superficie,

luego se ejecutan los elementos verticales tales como muros de sostenimiento y la losa superior. Por último, se realiza la excavación y construcción de los elementos al interior del túnel tales como losa de fundación y las superficies de rodadura.

Lean Construction en el planeamiento y control estratégico de la construcción

Introducción al Lean Construction

Lean Construction es una filosofía de trabajo que puede aplicarse en todas las fases de un proyecto de construcción: en el diseño, ingeniería, logística y cadena de suministro, ejecución, operación y mantenimiento. Su objetivo principal es la reducción de pérdidas y la mejora continua de los procesos constructivos.

Según el Instituto de Lean Construction (ILC), es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar aquellas que sí lo hacen mediante la mejora continua. De esta manera, a través de diferentes herramientas específicas aplicadas a los procesos de ejecución del proyecto busca la implementación de un sistema de producción enfocado en la minimización de pérdidas. Además, Lean Construction busca incrementar la productividad en los procesos de ejecución de proyecto, con la optimización del uso de recursos para la creación de valor agregado.

Según Jorge Luis Izquierdo (Vicepresidente del Capítulo Peruano Lean Construction Institute) define a la gestión de la producción como el manejo sistemático y metódico de las actividades de ejecución y soporte necesarias para la producción, sobre la base de principios, técnicas y teorías formales que permitan lograr la continuidad del flujo de producción y una constante optimización de la misma, aplicando estrategias para reducir la variabilidad o mitigar su impacto en el proyecto.

A continuación, en el gráfico número 4 se muestra el concepto, los principios y metodologías de la “Filosofía Lean Construction”.

Gráfico Nro. 4: “Filosofía Lean Construction”

CONCEPTO

Según Pons muestra que la aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de

Fuente: Elaboración propia

Diferencias de planificación entre el modelo tradicional y el enfoque lean

En la gestión integral de proyectos, el modelo tradicional de planificación presenta problemas recurrentes como:

- Centralización de las informaciones y toma de decisiones. La planificación del proyecto no involucra a todas las áreas de apoyo el alcance y plan de ataque no queda claro para los principales involucrados en el proyecto.
- Objetivos y las metas planeadas en el proyecto son solo de conocimiento de los encargados de las áreas de planificación y producción.
- Falta de participación de las áreas de apoyo en la planificación del alcance del proyecto.
- Falta de conocimiento, experiencia y entrenamiento de nuevos sistemas de gestión en los proyectos.
- Identificación y solución de restricciones de la ejecución del proyecto sin anticipación o previsión muy corta.

Estos problemas son causas potenciales de incertidumbre y variabilidad de los proyectos que pueden repercutir en incumplimiento de plazos del contrato, sobrecostos, accidentes laborales y baja calidad de los trabajos del proyecto.²

El enfoque Lean Construction se basa en una nueva forma de ver la producción de la construcción. La esencia radica en cuatro principios: filosofía, proceso, gente y resolución de problemas. La filosofía enfatiza la toma de decisiones con pensamiento a largo plazo; el proceso, busca la eliminación de desperdicios; el tercer principio, gente, incentiva el respeto y trabajo en equipo; y el último principio, resolución de problemas, busca la mejora continua y el aprendizaje. En este sentido, Lean Construction no es una matriz o un procedimiento de gestión, sino la aplicación de principios teóricos de una cultura de trabajo a través de diferentes herramientas.³

A continuación, se listan características y enfoques de Lean Construction en los proyectos de construcción:

² Cfr. Pons 2014: 11

³ Cfr. Avances 2014: 38

- En la ejecución de los proyectos de construcción, el trabajo es una labor productiva que busca maximizar el valor en los procesos y reducir los desperdicios.
- El control del proyecto pasa de “monitorear los resultados” a “hacer que las cosas que sucedan”. Para ello, es importante la toma de decisiones en base a indicadores de seguimiento y control.
- La filosofía Lean Construction busca siempre la relación entre el tiempo, el costo y la calidad, los niveles óptimos de calidad y el cumplimiento de plazos no debe significar incremento de costos.⁴
- Los objetivos y metas planeadas del proyecto se difunden para conocimiento de los todos los trabajadores en todos los niveles de la empresa.
- La gestión del proyecto debe velar por la comunicación y trabajo colectivo de las diferentes áreas del proyecto, entre especialistas en diseño, suministro, montaje y ejecución.
- La mejora continua (kaizen) es base esencial del enfoque Lean y se basa en el análisis continuo de los procesos y la búsqueda de optimizar recursos ya sea de tiempo, mano de obra o materiales.
- Durante la producción, se busca la reducción de los trabajos no contributivos (trabajos con desperdicio evidente), aumento del trabajo productivo (trabajo que agrega valor) y la disminución de los trabajos contributivos.
- El eficiente uso de los recursos como: equipos, materiales y personas hacen que se reduzcan los costos de la construcción del proyecto. Trae consigo también, una gran reducción en el plazo de la obra.

En resumen, el objetivo de Lean Construction es maximizar las actividades que agreguen valor al proyecto para la reducción de los tiempos, la optimización de recursos y la prevención de accidentes laborales. Esta medida debe ser implementada en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de construcción, con el fin de involucrar a todas las partes que intervienen desde el proceso inicial de diseño hasta la operación. De esta manera busca

4 Cfr. Pons 2014: 27-28

generar una cultura de trabajo en los empleados, empresas subcontratistas y otros actores involucrados en el flujo de valor,⁵

En la tabla número 3 se muestran las principales diferencias entre la producción convencional y la producción sin pérdidas.

Tabla Nro. 3: “La producción convencional y la producción sin pérdidas”

	PRODUCCIÓN CONVENCIONAL	PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDAS
Objeto	Afecta a productos y servicios	Afecta a todas las actividades de la empresa
Alcance	Control	Gestión, asesoramiento, control
Modo de Aplicación	Impuesta por la dirección	Por convencimiento y participación
Metodología	Detectar y corregir	Prevenir
Responsabilidad	Departamento de calidad	Compromiso de todos los miembros de la empresa
Clientes	Ajenos a la empresa	Internos y externos
Conceptualización de la Producción	La producción está compuesta por una serie de actividades de conversión que todos añaden valor al producto.	La producción está compuesta por actividades que no agregan valor (flujos) y agregan valor (conversiones)
Control	Dirigido al costo de las actividades	Dirigido al tiempo, costo y valor de los flujos.

⁵ Cfr. Pons 2014: 27

	PRODUCCIÓN CONVENCIONAL	PRODUCCIÓN SIN PÉRDIDAS
Mejora	Incremento de la eficiencia de las conversiones a través de la utilización de nuevas tecnologías.	Eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas), incrementando la eficiencia de las actividades que lo generan, a través del mejoramiento continuo y la implementación de nueva tecnología.

Fuente: Campero y Alarcón – 2008

Principios de Lean Construction

Lauri Kosquela, uno de los representantes del desarrollo de la filosofía Lean Construction, propuso once principios claves para lograr su implementación en cualquier proyecto de ingeniería civil. La aplicación de estos principios y la mejora continua constante contribuye a la reducción de pérdidas y mejora en la seguridad, la calidad y eficiencia del proyecto. A continuación, se listarán y describirán estos principios:

- **Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor**

Para lograr la reducción de actividades que no agregan valor primero es necesario entender el concepto de valor lo que representa para nosotros.

“(…). El valor es el punto de partida del pensamiento Lean. Se puede definir como el aprecio que un cliente o consumidor le da a un producto o servicio para satisfacer sus necesidades a un precio concreto, en un momento determinado.” (Pons 2014: 21)

Las actividades que agregan valor son aquellas que convierten material y/o información requerida por parte del cliente. Por otro lado, las actividades que no agregan valor son las que conocemos como desperdicio y son aquellas que requieren tiempo, recursos y/o espacio

sin agregar valor al producto final. Las principales causas de la existencia de estas actividades están en el diseño, la ignorancia y la naturaleza inherente de la producción.

La mayoría de los principios que se muestran a continuación buscan la eliminación de las actividades que no agregan valor.

- **Incremento del valor del producto a través de la consideración sistemática de las necesidades del cliente**

El valor se genera mediante el cumplimiento de los requerimientos del cliente y no necesariamente por el proceso de conversión. Asimismo, existen dos tipos de clientes para una actividad y son la actividad sucesora y el cliente final. Para incrementar el valor del producto es importante identificar las necesidades y requisitos de los clientes. Este principio está basado en crear un flujo sistemático, en el cual se define a los clientes en cada etapa juntamente con el análisis de sus requerimientos.

- **Reducción de la variabilidad**

La naturaleza de la producción y de sus procesos es variable, más aún en construcción civil, se puede tener dos artículos y a pesar de que sean el mismo producto los recursos para su producción (mano de obra, tiempo y materiales) pueden variar. He aquí la importancia de este principio para reducir la variabilidad en los procesos y recursos al momento de la creación de un producto. La reducción de la variabilidad va más allá del cumplimiento de las especificaciones dadas por el cliente, es un esfuerzo por reducir la incertidumbre (generador de pérdidas y desperdicios en los procesos) y aumentar la previsibilidad.

- **Reducción del tiempo del ciclo**

El tiempo es una herramienta de medida para el flujo de procesos y tiene relación directa con el costo y la calidad, por lo tanto, su reducción puede contribuir a la mejora de estas últimas. El tiempo del ciclo es una de las características de un flujo de producción, y se entiende por el tiempo necesario para que un material atraviese el flujo.

Fuente: Elaboración propia

Un aspecto clave en la implementación de la filosofía lean es la reducción del tiempo de ciclo. Esto obliga a reducir los tiempos de inspección, de movimientos y esperas.

- **Simplificación de procesos**

La simplificación se puede comprender como la reducción del número de componentes de un producto o la reducción del número de pasos en un flujo de material o información. Este principio se logra aplicar mediante la eliminación de actividades que no añaden valor o mediante la reconfiguración de las partes o etapas de valor añadido.

Otra manera de llevar a cabo la simplificación son los cambios en la organización. Las divisiones verticales y horizontales del trabajo dan lugar a actividades que no añaden valor y que podrían ser eliminados a través de unidades independientes como equipos multidisciplinarios y autónomos.

Algunos esfuerzos prácticos para la simplificación son:

- Acortamiento de flujos mediante la consolidación de las actividades.
- La reducción de la cantidad de partes del producto mediante cambios de diseño o partes prefabricadas.
- La normalización o estandarización de las piezas, materiales, herramientas.
- Reducir al mínimo la cantidad de información de control, es decir, solo procesar la información necesaria.

- **Incremento de la flexibilidad de la producción**

Para lograr la flexibilidad uno de los elementos clave es el diseño de un producto modular asociado al uso agresivo de otros principios, especialmente el de compresión de ciclo y la transparencia.

Algunos esfuerzos prácticos para una mayor flexibilidad incluyen:

- Minimizar los tamaños de lotes de producción para asemejarse a la demanda.
- Reducir la dificultad de hacer cambios y configuraciones.
- Personalización del proceso lo más tarde posible.
- Entrenar mano de obra multi-disciplinaria

- **Transparencia del proceso**

La falta de transparencia en los procesos incrementa la posibilidad a errar, disminuye la visibilidad de los errores y disminuye la motivación por mejorar. Por lo tanto, el objetivo de este principio es hacer que el proceso de producción sea transparente y observable para facilitar el control y la mejora. De esta forma, el flujo de operaciones desde el principio hasta el fin debe ser comprensible para todos los empleados. Esto se puede lograr haciendo que los procesos sean directamente observables, así por ejemplo a través de exhibición pública de la información.

Algunos enfoques prácticos para la mejora en la transparencia pueden ser:

- Implementar programas para eliminar el desorden: El método de las 5S.
- Haciendo que el proceso sea directamente observable mediante señalización adecuada.
- Representación de atributos no visibles de procesos visibles a través de mediciones.
- Incorporar información de los procesos en las áreas de trabajo, herramientas, contenedores, materiales y sistemas de información.
- El uso de controles visuales para que cualquier persona pueda comprender de inmediato de los estándares y desvíos de estos.

- **Enfoque del control al proceso completo**

Existen dos causas para la segmentación del flujo de control: cuando el flujo atraviesa diferentes unidades en una organización jerárquica o cuando cruza la frontera de la

organización. Y en estos dos casos existe el riesgo de sub-optimización. Para garantizar el enfoque del control del proceso completo existen dos requisitos que deben cumplirse, el primero estipula que el proceso completo debe ser medido, y el segundo que debe haber una autoridad de control para el proceso completo. En la actualidad se usan varias alternativas. Sin embargo, en organizaciones jerárquicas se toman soluciones más radicales dejando equipos auto-dirigidos en el control de sus procesos.

Para flujos inter-organizacionales es necesaria la cooperación con los proveedores y formación de equipos con el fin de obtener beneficios mutuos de un flujo total optimizado.

- **Mejoramiento continuo del proceso**

Es el esfuerzo que se emplea para reducir las pérdidas y aumentar el valor, es una actividad interna e iterativa que puede llevarse a cabo de manera continua. Existen algunos métodos necesarios para la institucionalización de la mejora continua:

- Medición y monitoreo de la mejora.
- Extensión de ajuste de objetivos
- Dar la responsabilidad de mejora para todos los colaboradores, la mejora constante de cada unidad organizacional debe ser requerida y recompensada.
- Uso de procedimientos estándar como supuestas mejores prácticas, al ser cuestionada constantemente por emplear mejores formas.
- Vincular de la mejora para el control, es decir, la mejora debe estar orientada al control de las restricciones y problemas del proceso. El objetivo es eliminar la raíz de los problemas en lugar de hacer frente a sus efectos.

- **Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión**

En cualquier proceso de producción, los aspectos de flujo y conversión poseen diferente potencial de mejora. Es así que cuando mayor sea la complejidad del proceso, el impacto de

la mejora de flujo será mayor. La mayoría de los desperdicios son inherentes a los procesos de producción y lo más rentable es mejorar el flujo en lugar de la mejora de la conversión. En ese sentido, dada una situación en la que los flujos fueron descuidados, el potencial de mejora del flujo será más alto que la mejora de la conversión. Por otro lado, las mejoras de flujos demandan inversiones pequeñas, pero requiere mayor tiempo que una mejora de conversión.

Sin embargo, ambas mejoras tienen una relación directa:

- Mejores flujos requieren menor capacidad de conversión en efecto menos inversión.
- Nueva tecnología de conversión puede brindar menor variabilidad y por lo tanto el flujo de beneficios, las inversiones en tecnología pueden estar dirigidas a la mejora del flujo o rediseño.

- **Referenciación**

Los mejores procesos de flujo no son comercializados por nosotros, debemos encontrar algún proceso de clase mundial. A menudo la referencia es un estímulo para poder alcanzar la brecha del mejoramiento.

Esto ayuda a vencer viejas rutinas arraigadas y malas prácticas. Mediante este principio se puede descubrir defectos lógicos fundamentales en nuestros procesos. Para ello es importante conocer el proceso, saber de los líderes de la industria o competidores, incorporar las mejores prácticas en nuestros procesos y ganar superioridad mediante la combinación de fortalezas existentes y lo mejor de prácticas referenciadas.

Herramientas Lean

Last Planner System

El sistema del último planificador fue desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell y hace parte de la filosofía Lean Construction. Esta herramienta desarrolla un sistema de

planificación y control de la producción con la finalidad de mejorar la variabilidad en las obras de construcción y reducir la incertidumbre de las actividades programadas.⁶

El Last Planner, o último planificador es la persona con la capacidad de garantizar el flujo de trabajo previsible aguas abajo, es aquella que asigna las tareas directamente a los colaboradores o trabajadores con el fin de cumplir los compromisos de entrega basándose en premisas reales concebidas en campo en lugar de planes teóricos. Esta persona es normalmente el capataz, encargado o jefe de obra.

El Last Planner System está basado en un sistema de planificación pull en lugar de un sistema push, puesto que la última actividad de la cadena de flujo de valor es la que marca el ritmo de avance y tira de la demanda, contrario al sistema tradicional en donde las actividades aguas arriba (predecesoras) empujan a las actividades aguas abajo (sucesoras) produciendo inventario, cuellos de botella y otros desperdicios.⁷

A continuación, a través del siguiente gráfico se dará a conocer las fases del Last Planner System:

⁶ Cfr. Patel 2011: 27

⁷ Cfr. Pons 2014 :54

Gráfico Nro. 6: “PDCA Last Planner System”

Vista general de todos los marcos. Definición y programación de los principales hitos del proyecto Plan general de trabajo con la lógica y el tiempo de construcción general.

Secuencia detallada para alcanzar el siguiente hito importante - 3 meses visión. Plan de trabajo a nivel de disciplinas para alcanzar el siguiente hito. La pertenencia y el compromiso que surge de la planificación colaborativa.

Restricciones sobre las actividades pendientes para iniciar en las próximas 6 semanas, con la designación de responsables y los plazos para la eliminación.

Plan de trabajo en el nivel de los trabajadores. Plantilla de plan de trabajo semanal definición de cantidades, ubicaciones, requisitos

Breve discusión en el trabajo que detalla el funcionamiento de cada tipo de actividad profesional en relación con el plan, las últimas limitaciones de tiempo, así como el plan para el día siguiente.

Análisis semanal de unirse al programa. Aprendizaje rápido a través de análisis de causa raíz. Plan

Fuente: Andrade Gutiérrez 2015

Pull planning

El pull planning o planeamiento jalado es un cronograma elaborado para una fase específica de un proyecto usando el principio Pull, es decir, la actividad aguas abajo en la cadena de valor es quien marca el ritmo y tira de la demanda. Es preparado por el equipo responsable por la ejecución del trabajo. En la fase de diseño deben participar los arquitectos, ingenieros, residentes; ya para la etapa de ejecución del Pull Planning, participan los proyectistas, ingenieros, subcontratistas y demás encargados. Esta metodología permite la visualización de las actividades de atrás para adelante, identificando a medida que se avanza los criterios para detallar cada sub-actividad y las necesidades para iniciar cada fase. Una buena práctica se considera establecer las duraciones definiendo un flujo de trabajo con ritmo continuo y eficiente.

Para preparar la reunión Pull Planning es necesario definir bien los siguientes aspectos:

- Definición del marco meta a para tirar de atrás hacia adelante
- Estudiar los mejores procesos ejecutivos, índices de productividad, y otros aspectos que contribuyan a decidir cuál es la forma más eficiente de ejecutar el frente de trabajo.
- Identificación de todos los recursos necesarios para las tareas o entregables del proceso.
- Definición de las actividades y relación entre ellas. Es decir, establecer su secuencia, identificar el responsable, el entregable, sus restricciones, la cantidad, los recursos previstos, la productividad prevista y su duración.

- Todas las informaciones arriba mencionadas deberán ser organizadas para transferirlas a un Cronograma Gantt con el objetivo de tener una visión preliminar conteniendo la mejor información hasta el momento.

Comparación de la filosofía Lean Construction en edificaciones y en túneles de trinchera cubierta

En Lima, el desarrollo inmobiliario propició la implementación de metodologías de planificación y producción de la construcción de edificaciones basadas en la filosofía Lean Construction. Sin embargo, su aplicación en obras de infraestructura vial aún es desconocida en el ámbito.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de las principales diferencias de la aplicación de la filosofía Lean Construction en obras de edificaciones y en obras viales como los túneles de trinchera cubierta.

Tabla Nro. 4: “Comparación de la aplicación de la filosofía Lean Construction en edificaciones y en túneles de trinchera cubierta”

	EDIFICACIONES	TÚNELES DE TRINCHERA CUBIERTA
Alcance	Diseñado para uso habitacional de personas.	Diseñado para comunicar dos puntos entre sí.
Plan de Ataque	Por lo general, las edificaciones tienen una estructura plataformada por lo que siempre la secuencia constructiva arrancará desde el nivel inferior hacia los superiores.	Son obras lineales y por lo general su plan de ataque obedece a una secuencia constructiva horizontal y lineal que da la opción de abrir diferentes frentes de ataque.
Sectorización	En edificaciones la sectorización se da por plataforma o número de pisos y en función a la cantidad de metrados.	Para este tipo de obras, la sectorización está dividida por tramos o unidades de construcción.
Análisis de Restricciones	Se logra identificar la mayoría de las restricciones al inicio de la obra dado que el alcance y los procesos	Existe mayor variabilidad para tratar las restricciones dado que la ingeniería de detalle demanda

	EDIFICACIONES	TÚNELES DE TRINCHERA CUBIERTA
	ya son conocidos en proyectos similares.	procedimientos y materiales no convencionales en el mercado.
Procura	La mayoría de los equipos y materiales están al alcance en el mercado local, por lo que disminuye el nivel de incertidumbre para su gestión de logística.	Para la construcción de los túneles de trinchera cubierta, los equipos y materiales se encuentran en el mercado internacional, por lo general es necesario solicitarlos con mayor previsión.
Planeamiento Look-ahead	En relación con lo mencionado anteriormente, en edificaciones el Look-ahead se realiza con una previsión de cuatro semanas.	En relación con lo mencionado anteriormente, en edificaciones el Look-ahead se realiza con una previsión de seis semanas.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación, se escogió un proyecto que consiste en la construcción de un túnel de trinchera cubierta en el Perú. La ejecución de este fue otorgada a un consorcio conformado por tres empresas especialistas del rubro, cada una de ellas con diferentes sistemas de gestión y planeamiento. Esta condición, como en la mayoría de los consorcios, dificulta la integración de metodologías de gestión a causa de las diferentes culturas y políticas organizacionales de las empresas. El alcance de este proyecto es la construcción civil y las instalaciones electromecánicas de un túnel en concreto armado de 930 m de longitud con una profundidad de 13 m en promedio. Este está constituido por dos calzadas rodovitarias y un carril central de vía ferroviaria. El área donde se proyectó su construcción presenta nivel de agua subterránea muy cercana a la superficie del terreno con profundidades entre 0.00 y 1.20 m, razón por la cual el diseño de la ingeniería incluye la impermeabilización de todas las estructuras.

La estructura principal consiste en un túnel monolítico de concreto armado de sección rectangular enterrado a ejecutarse con la metodología constructiva “cut and cover”, corte y relleno en zanja a cielo abierto. En el desarrollo de la longitud del túnel se identifica los siguientes tramos: tramo cubierto (túnel), tramo abierto (trinchera con vigas y trinchera sin vigas).

Figura Nro. 11: “Tramos del túnel”

Fuente: Área de planeamiento – Consorcio Túnel Callao

Los principales servicios que hacen parte de la construcción de este proyecto son los siguientes:

1. Excavación masiva
2. Impermeabilización
3. Protección mecánica
4. Elementos de concreto armado fabricados in situ, tales como losas inferiores, muros, losas superiores
5. Elementos de concreto armado pre-fabricados (vigas)
6. Pavimento rígido y pavimento flexible
7. Instalación de Sistemas Electromecánicos
8. Acabados y paisajismo

Figura Nro. 12: “Entrada del túnel en trinchera cubierta”

Fuente: Modelos virtuales – Consorcio Túnel Callao

En la figura número 13 se muestra la sección transversal del túnel con la denominación de los principales elementos estructurales que la conforman, del mismo modo se indica el recubrimiento perimetral de la impermeabilización y el relleno estructural que se conformará después del concretado y la impermeabilización del techo del túnel.

Figura Nro. 13: “Sección transversal del túnel”

Fuente: Área de ingeniería – Consorcio Túnel Callao

Figura Nro. 14: “Dimensiones de elementos estructurales en sección típica”

Fuente: Área de planeamiento – Consorcio Túnel Callao

El siguiente gráfico muestra de manera general una línea cronológica del proyecto. En este se puede observar las metodologías de planeamiento adoptadas y aplicadas durante el período de construcción del túnel. El hito de inicio se marcó el 04 diciembre del 2014 con la ejecución de obras provisionales y trabajos preliminares, esto comprende las instalaciones del campamento, las plantas industriales, la instalación del sistema de depresión de la napa freática e inicio de las excavaciones por los dos frentes de ataque. El inicio de la ejecución de los elementos estructurales se dio en la primera semana del mes de abril del 2015.

La metodología de planeamiento adoptada durante los tres primeros meses a partir del inicio de los elementos estructurales tenía como premisa elaborar programaciones mensuales usando principios “push”. Y a partir del mes de agosto se implementa la nueva metodología de planeamiento y programación con enfoque Lean Construction basada en principios “pull”.

Gráfico Nro. 7: “Metodologías de planeamiento aplicadas en la ejecución del túnel”

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el estudio detallado de la planificación y control del túnel en trinchera cubierta en dos periodos de tiempo diferentes para poder evaluar los efectos de la implementación de las herramientas de la filosofía Lean Construction.

Planeamiento y programación

El plan de ataque contempla el inicio de la ejecución en el tramo cubierto con la finalidad de liberar con mayor anticipación sectores de trabajo para las instalaciones electromecánicas, que en su mayoría están dentro del túnel. En este sentido, se plantea el ataque por dos frentes en simultaneo que van al encuentro con la finalidad de garantizar menor plazo en la ejecución, véase la figura número 15. Asimismo, como parte de la concepción de este plan de ataque se define también la sectorización de los tramos del túnel en base a criterios de ingeniería y logística, de esta forma se configuran sectores o “unidades constructivas” cada 30 metros.

Figura Nro. 15: “Plan de ataque general del túnel”

Fuente: Área de planeamiento – Consorcio Túnel Callao

Figura Nro. 16: “Plan de ataque del túnel – unidades constructivas de 30m”

Fuente: Elaboración propia

El levantamiento y análisis de la información se hace a partir de la evaluación de dos sectores importantes de la ejecución del proyecto, planificación y producción. El periodo de análisis es desde el inicio del mes de abril hasta el fin de octubre del 2015. Definiéndose como hito clave la primera semana del mes de agosto en la que se dio mayor fuerza a la implementación de las metodologías de planeamiento Lean.

Planeamiento tradicional inicial

El planeamiento inicial contempla la elaboración del cronograma maestro con el alcance total del proyecto. Para ello se parte con la definición de la estructura de descomposición del trabajo o conocida también como la WBS (work breakdown structure). Luego se detallan todas las actividades que hacen parte de cada uno de los procesos y se determinan sus

duraciones. Finalmente, se establecen las relaciones de dependencia entre ellas, creándose una red de precedencia. Esta metodología de trabajo emplea demasiado esfuerzo en detallar todas las actividades que se ejecutarán a lo largo del ciclo de vida del proyecto, incluso en aquellas que hacen parte de la etapa final. El desdoblamiento a este nivel de detalle trae como consecuencia un cronograma muy extendido sin posibilidad de hacer un análisis crítico de secuencias para toma de decisiones.

Secuencia constructiva

La secuencia constructiva del túnel en trinchera cubierta de acuerdo con el planeamiento inicial se basa en la ejecución de actividades según la dirección de ataque, es decir en el sentido de las progresivas del túnel. Ello con el fin de crear una secuencia lineal entre las actividades.

De esta manera, terminada la excavación y llegado a la cota de fundación se inicia con la instalación del geotextil, la geomembrana y la protección mecánica (solado). Se prosigue con la instalación del acero y el encofrado de losa para continuar con el vaciado de concreto masivo de este elemento. Luego de esperar el tiempo de fraguado de la losa de fondo se da inicio al armado e izaje del acero de los muros principales para continuar con la instalación del encofrado y el vaciado de concreto. Una vez fraguado el concreto de todos los muros de la unidad constructiva en ejecución se inicia con el izaje de las vigas prefabricadas para seguir con la instalación del acero de losa superior y finalmente hacer el vaciado de concreto de este elemento. El proceso constructivo de los muros y losas de las galerías está definido también en secuencia lineal, pero dependen de su ubicación a lo largo del desarrollo del túnel. Es decir, en el interior del túnel las galerías comparten la fundación con la losa de fondo y en los tramos de acceso y salida del túnel las galerías se encuentran a desnivel de la losa de fondo configurándose una losa de galería independiente.

En la figura número 17 se puede observar la secuencia constructiva prevista inicial del túnel.

Figura Nro. 17: “Secuencia constructiva de elementos de concreto del túnel”

Fuente: Área de planeamiento – Consorcio Túnel Callao

- **Losa de fondo**

A partir de la definición de secuencias lineales entre las actividades y procesos, el orden de ejecución de las losas es una después de otra siguiendo el sentido del plan de ataque, tal como se muestra en la figura número 18.

Figura Nro. 18: “Secuencia de ejecución de losas de fondo 1”

Fuente: Elaboración propia

- **Arranques**

La secuencia de ejecución de los arranques de los muros es en el mismo orden que el de las losas de fondo tal como se muestra en la figura número 19. Estos elementos nos permitirán continuar con la construcción de los muros centrales.

Figura Nro. 19: “Secuencia de ejecución de arranques de muros 1”

Fuente: Elaboración Propia

- **Paredes centrales**

La ejecución de las paredes centrales, las cuales dividen el túnel para las vías rodovitarias y la vía ferroviaria, también están definidas en una secuencia lineal tal como se muestra en la figura número 20.

Figura Nro. 20: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 1”

Fuente: Elaboración propia

Programación de actividades

- Alcance de la programación: Elaborar la programación mensual de las principales actividades a ejecutarse en obra durante este periodo.
- Responsables y sus funciones:
 - Coordinador de planeamiento: definición de metas mensuales, acompañamiento y validación de la elaboración de la programación.
 - Ingeniero de programación: elaboración de la programación de acuerdo a las metas mensuales.
 - Gerente de producción: definición de estrategia de ejecución para la programación mensual.

- Ingeniero encargado del frente: definición de duraciones y secuencias de las actividades a ejecutarse en el periodo.
- Metodología: La programación mensual es realizada por el ingeniero de programación con el coordinador de planeamiento y es validada por el gerente de producción.
 - El proceso de la programación se inicia con el estudio de duraciones de las actividades en función a las productividades históricas y a los metrados.

$$Duración = Productividad \times Metrado \times \frac{1}{Jornada} \times \frac{1}{\# Hombres}$$

- Una vez obtenido las duraciones de las actividades se pasa a identificar la secuencia natural de los procesos constructivos de un elemento estructural típico (losa de fondo, arranque y muro). Luego, se estudia la mejor secuencia de ataque del conjunto de elementos estructurales que se realizarán durante el mes.
- Finalmente, se consolida la información de manera gráfica en un cronograma mensual de obra elaborado en una hoja de cálculo de Excel.
- Ventajas y desventajas:

Tabla Nro. 5: “Ventajas y desventajas de la programación mensual”

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Facilidad de uso de planillas Excel para la elaboración de la programación mensual. - Cumplimiento de metas mensuales financieras en base a la programación realizada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultad de actualización de reprogramaciones cada vez que se presenta un problema. - Retrabajos del equipo de planeamiento por reprogramación de

VENTAJAS	DESVENTAJAS
- Integración de las áreas de planeamiento y producción.	las actividades en los frentes en ejecución. - Falta de participación de las áreas de apoyo en la elaboración de la programación mensual. - Retraso en la llegada de los equipos y materiales necesarios para la construcción por falta de previsión.

Fuente: Elaboración propia

- Programaciones del primer trimestre:
 - Programación mensual Abril 2015: La programación se muestra en el **“Anexo 01: Programación Mensual de Abril 2015”**.
 - Programación mensual Mayo 2015: La programación se muestra en el **“Anexo 02: Programación Mensual de Mayo 2015”**.
 - Programación mensual Junio 2015: La programación se muestra en el **“Anexo 03: Programación Mensual de Junio 2015”**.

Secuencia de actividades

La programación de los primeros tres meses de la construcción del túnel se hizo de acuerdo con el plan de ataque inicial basado en la secuencia constructiva de cada elemento y en la logística de los procesos con la finalidad de garantizar la secuencia de ejecución lineal prevista inicialmente. Sin embargo, ello no garantizaba líneas de flujo de los recursos de mano de obra empleados en la ejecución de las actividades.

La gráfica número 8 muestra la secuencia de programación de servicios de dos losas de fondo durante el primer periodo. Como se muestra, la actividad que marca el ritmo de ejecución es la instalación del acero, y las demás actividades se ajustan a ella sin necesidad de tener flujo continuo entre ellas. Sucede lo mismo en la programación de arranques y muros verticales.

Gráfico Nro. 8: “Programación inicial”

Fuente: Programación mensual – Área de planeamiento CTC

Planeamiento con enfoque Lean Construction

A partir de las metodologías para el planeamiento basada en Last Planner System y Pull Planning el periodo de previsión para la elaboración de las programaciones es de aproximadamente 3 meses. El plan de ataque del túnel en general sigue siendo el mismo, es decir, ambos frentes de trabajo tanto el frente norte y el frente sur avanzan a su encuentro; sin embargo, las secuencias entre las estructuras de concreto, principalmente la de las paredes centrales, cambia con el fin de garantizar mayor flujo y balance en el uso de recursos de las actividades (mano de obra, materiales y equipos).

Secuencia constructiva

La secuencia de ataque de las losas de fondo no presento cambios entre el planeamiento inicial y el planeamiento con enfoque de Lean Construction debido a que la ejecución de

estos elementos ya tenía gran porcentaje de avance y fue este con el cual los operarios iniciaron los primeros trabajos y se especializaron en su ejecución.

- **Losa de fondo**

En la figura número 21 se muestra la secuencia de ejecución de las losas de fondo que no cambia con la aplicación del Planeamiento Lean.

Figura Nro. 21: “Secuencia de ejecución de losa de fondo 2”

Fuente: Elaboración propia

- **Arranques**

La construcción de los arranques se cambió de una secuencia lineal a una secuencia alternada como se muestra a continuación, en la figura número 22 y 23, con la finalidad de atender la secuencia prevista para las paredes centrales.

Figura Nro. 22: “Secuencia de ejecución de arranques 2.1”

Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 23: “Secuencia de ejecución de arranques 2.2”

Fuente: Elaboración propia

- **Paredes centrales**

El diseño de estos elementos estructurales contempla llaves de corte que cumplen la finalidad de engranar una pared con otra con un sistema similar al machimbrado. En la figura número 24 se muestra el detalle de las llaves de corte.

Figura Nro. 24: “Llaves de corte”

Fuente: Elaboración propia

Las paredes centrales sufrieron un cambio sustancial en su secuencia, esta vez se concibió ejecutarlas de manera alternada para mejorar los tiempos y el flujo de los recursos entre las actividades. Seguir trabajando de forma lineal, donde la secuencia es una detrás de otra no fue una solución favorable porque existían tiempos tecnológicos muertos entre la ejecución de muros contiguos, básicamente por la espera de curado y desencofrado de las llaves de corte, puesto que se consideraban a estos elementos como vigas en voladizo, las cuales necesitaban un apuntalamiento hasta llegar a la madurez deseada del concreto.

Figura Nro. 25: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.1”

Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 26: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.2”

Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 27: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.3”

Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 28: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.4”

Fuente: Elaboración propia

Figura Nro. 29: “Secuencia de ejecución de paredes centrales 2.5”

Fuente: Elaboración propia

Programación trimestral (Agosto – Septiembre – Octubre 2015)

- Alcance: Elaborar la programación trimestral de las principales actividades a ejecutarse en obra en base a la metodología de Pull Planning.
- Responsables y sus funciones:
 - Coordinador de planeamiento: definición de marcos y entregables de los servicios a ejecutarse en los próximos tres meses de obra.

-
- Ingeniero de programación: estudio de secuencias de actividades (duraciones y recursos) necesarios para cumplir con los marcos definidos en los próximos tres meses. Elaboración de cronograma pull planning en el software de planeamiento (Primavera P6).
 - Ingeniero de sala técnica, establecimiento de prioridades en la liberación de proyectos de acuerdo con la previsión del cronograma de pull planning.
 - Ingeniero de calidad: identificación de restricciones en base a la secuencia de ataque para la elaboración de procedimientos operacionales y entrenamientos del personal para asegurar de la calidad de los procesos.
 - Ingeniero de seguridad: identificaciones de restricciones asociadas a peligros y riesgos de las actividades a ejecutarse en los próximos tres meses con la finalidad de asegurar la ejecución de trabajos con cero accidentes.
 - Gerente de producción: definición de estrategias de ejecución en los próximos tres meses con el objetivo de asegurar el flujo continuo y balance de las actividades.
 - Ingeniero encargado del frente: definición de duraciones, secuencias y asignación de recursos en las actividades con el objetivo de asegurar el flujo continuo y balance en el uso de recursos.
 - Jefe de producción: garantizar y velar por la aplicación de las estrategias planteadas según la programación trimestral (pull planning)
 - Supervisores y capataces: identificación de restricciones para la ejecución de las actividades previstas en los próximos tres meses. Participación activa en la dinámica de pull planning para validación de las secuencias y metas esperadas.

-
- Administrador de obra: identificación de los principales servicios a ejecutarse en los próximos tres meses para atención a las demandas del proyecto.
 - Metodología:
 - Preparación de la información necesaria: el proceso de programación comienza con la identificación de los marcos y/o metas a alcanzar en los próximos tres meses. Continúa con el estudio detallado de las actividades, secuencias y duraciones que harán parte del cronograma Pull Planning, según las especificaciones técnicas y planos de la ingeniería del proyecto. Luego, se pasa a la identificación de los recursos de las actividades detalladas tales como materiales, mano de obra y equipos, por último, se asigna los responsables de ejecución a cada una de estas actividades. Los resultados de este proceso se consolidan en una base de datos. El tiempo estimado para esta primera etapa es de dos semanas y se cierra con la creación del cronograma Pull Planning.
 - Preparación de la sesión de Pull Planning: implica la separación de un espacio para la sesión de planificación y la elaboración de los materiales didácticos a emplearse, tales como la presentación gráfica de secuencias del proceso constructivo, papelógrafos en forma de calendario semanal y los post-it que representan cada una de las actividades y sus duraciones. La duración de esta segunda etapa es de una semana y finaliza con la invitación a todos los participantes de la sesión (áreas de apoyo, supervisores y capataces).
 - Sesión de Pull Planning: durante la reunión se reconoce la secuencia de trabajos, los marcos y/o hitos meta de los próximos tres meses. Se crea un plan de trabajo colectivo con objetivos definidos, se identifica las dependencias, interrelaciones, riesgos y restricciones relevantes asociadas a las actividades previstas. Para finalizar, se consolidan todas estas informaciones, se cierra la línea base del cronograma pull planning y se

ratifica la meta con el compromiso de todos los participantes y áreas de apoyo.

- Próximos pasos: insertar la programación en un software de planeamiento (MS Project, Primavera P6) con los recursos mapeados para dar inicio a las programaciones semanales.
- Ventajas y desventajas:

Tabla Nro. 6: “Ventajas y desventajas de la programación trimestral”

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">-Nivel de detalle necesario y suficiente en la planificación de los próximos 3 meses, con enfoque en flujo de procesos.-Cumplimiento de marcos generales del proyecto con visión a largo plazo.- Participación colaborativa de las áreas de apoyo, supervisores y capataces en la elaboración de cronograma Pull Planning.- Identificación y difusión de restricciones de los próximos tres meses por todas las áreas de apoyo.- Nivelación y optimización de recursos (mano de obra, equipos y materiales) de acuerdo a la previsión.	<ul style="list-style-type: none">- El tiempo de estudio, preparación y dinámica del Pull Planning es un proceso con una duración aproximada de 20 días.

Fuente: Elaboración propia

Programación semanal por encargado y servicio

- Alcance: Elaborar la programación semanal de las principales actividades a ejecutarse en obra por encargado y servicio.
- Responsables y sus funciones:
 - Coordinador de planeamiento: asegurar que las programaciones semanales sean adherentes a la línea base pull planning para garantizar el cumplimiento de los marcos y/o hitos meta.
 - Ingeniero de programación: elaboración de la programación semanal en coordinación con el ingeniero encargado de frente
 - Ingeniero encargado del frente: reportar los avances semanales para la actualización del cronograma pull planning y la elaboración de la programación semanal con el ingeniero de programación.
- Metodología:
 - Liberación de restricciones: la regla básica para la programación semanal es programar actividades libres de restricciones, de tal forma que todas estas puedan ser ejecutadas sin inconvenientes por el personal en obra.
 - Avance del cronograma pull planning: otra etapa preliminar a la programación semanal es la actualización del cronograma pull planning con los avances de la última semana programada-ejecutada.
 - Programación semanal: consiste en la asignación de actividades diarias por tipo de servicios o responsables a través de un formato de programación semanal.
 - Las programaciones semanales son distribuidas a todos los responsables de las áreas de apoyo, supervisores y/o capataces el primer día de cada semana para dar alcance de todas las actividades a cumplirse de acuerdo al cronograma pull planning.

- Ventajas y desventajas:

Tabla Nro. 7: “Ventajas y desventajas de la programación semanal”

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>-Garantizar que las actividades programadas y realizadas sean adherentes al cronograma pull planning y en efecto permitan cumplir los marcos y/o hitos previstos en el trimestre.</p> <p>-Facilidad de actualización de reprogramaciones y tendencias.</p> <p>-Facilidad en el seguimiento y control de las actividades en obra, asimismo en alcance de metas diarias basadas en producción y productividad.</p> <p>-Nivel de detalle adecuado en la programación de actividades que garantiza el entendimiento de los capataces.</p>	<p>-La indisposición de algunos encargados de frente de servicio para empezar a trabajar con una nueva metodología de planeamiento/programación.</p>

Fuente: Elaboración propia

Línea de balance de actividades

Las líneas de balance es una herramienta adoptada del balanceo de líneas de ensamblaje industrial y adaptado para balancear las actividades o servicios para la ejecución de los elementos estructurales. La finalidad de la técnica de balanceo de la línea de ensamblaje radica en:

- Igualar la carga de trabajo entre los ensambladores.

- Identificar la operación cuello de botella.
- Establecer la velocidad de la línea de ensamblaje.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Determinar el costo por mano de obra de ensamblaje y empaque.
- Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operador.
- Ayudar en la disposición física de la planta.
- Reducir el costo de producción.

El objetivo de esta técnica es dar a cada operador la misma cantidad de trabajo estableciendo estaciones de trabajo que contemplen actividades con duraciones similares.⁸ Análogamente la finalidad de la creación de las líneas de balance de actividades en construcción es:

- Igualar la carga de trabajo entre los colaboradores dimensionando equipo de trabajo.
- Identificar la actividad cuello de botella.
- Establecer la velocidad de la línea de balance (takt).
- Determinar el número de grupos y secuencia de ataque.
- Servir de base para la dinámica Pull Planning y las programaciones en software de planeamiento Primavera P6.

Takt

El takt es una expresión alemana que establece la relación entre el tiempo disponible de producción entre la demanda del cliente.

$$TAKT = \frac{\text{tiempo disponible}}{\text{demanda del cliente}}$$

“La tasa o ritmo de la planta (valor R) y el tiempo *takt* le indican al ingeniero industrial a qué velocidad se debe operar la planta para satisfacer la demanda del cliente. Todas las máquinas y operaciones de la planta se sincronizan con ese ritmo; asimismo, las piezas deben ser suministradas a la misma velocidad con que las líneas de ensamble las utiliza.” (Meyers 2000: 258).

⁸ Cfr. Meyers 2000:70

Las informaciones necesarias para el cálculo del takt en construcción civil son:

- Datos sobre volumen de producción. Conocido también como metrados.
- Las tolerancias del proceso. Se entiende por la estimación del porcentaje de tiempo que la línea de producción estará parada.
- Prever el grado de eficiencia. Entiéndase por diseñar los procesos para con una eficiencia que nos permita cumplir las metas como la producción y la productividad.

En el siguiente gráfico, se muestra un ejemplo de línea de balance de actividades para las losas de fondo del túnel.

El proceso constructivo de estas comprende las actividades de excavación, mejoramiento de suelos, nivelación de superficie, encofrado lateral, impermeabilización, protección mecánica, instalación de acero, encofrado frontal, vaciado de concreto y finalmente el desencofrado. Se puede observar que todas las actividades están definidas bajo el ritmo de trabajo de la actividad de instalación de acero y encofrado, debido a que son el cuello de botella por la cantidad de metrados a ejecutar.

Gráfico Nro. 9: “Programación Lean”

Fuente: Elaboración propia

Comparación del planeamiento tradicional inicial y el planeamiento con enfoque Lean

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de las metodologías de planeamiento. Se toma en cuenta el alcance general de la metodología, las herramientas de programación y control y por último la identificación de los participantes directos encargados del funcionamiento del sistema.

Tabla Nro. 8: “Planeamiento tradicional inicial y planeamiento con enfoque Lean”

	PLANEAMIENTO TRADICIONAL INICIAL	PLANEAMIENTO CON ENFOQUE LEAN
Alcance	Desarrollar el planeamiento del proyecto con enfoque lineal e independiente a la programación. Realizar control semanal de la producción de acuerdo con las previsiones del área de planeamiento.	Desarrollar y garantizar el funcionamiento del planeamiento estratégico mediante creación de rutinas y asignación de responsabilidades con las demás áreas del proyecto, especialmente con el área de producción
Cronograma Gerencial	Crear un cronograma gerencial con un nivel de detalle que contemple todas las actividades del proyecto. Su actualización es muy tediosa y poco eficiente. Dificulta hacer análisis de informaciones y KPI's del planeamiento.	Crear un cronograma reducido que defina como último nivel los principales marcos e hitos de inicio y fin de los servicios del proyecto. Desdoblar en detalle mediante cronogramas pull planning con previsión trimestral.
Programaciones	Elaborar programaciones mensuales de actividades que se ejecutaran en los frentes de trabajo del proyecto.	Elaborar programaciones trimestrales de los frentes de trabajo con participación colaborativa de los capataces. Elaborar programaciones semanales con asignación de responsables para garantizar su cumplimiento.
Secuencia Constructiva	Secuencia lineal entre las actividades de acuerdo a los procedimientos de ejecución de los servicios de la obra.	La secuencia de trabajo se elabora a partir de balance de actividades y tiempos.
Responsables	Área de planeamiento y gerente del área de producción.	Área de planeamiento y el área producción (jefes, supervisores y capataces).
Control	El control de la ejecución de servicios se hace semanalmente mediante un recorrido al proyecto y	El control de avance del proyecto se hace a diario mediante reuniones de

	PLANEAMIENTO TRADICIONAL INICIAL	PLANEAMIENTO CON ENFOQUE LEAN
	queda a cargo del personal de planeamiento.	Check-Out donde se validan las actividades realizadas en el día.

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la implementación

Previsto vs realizado

La adherencia de la ejecución al planeamiento se muestra con la comparación entre lo previsto y lo realizado. La evaluación en esta parte del estudio solo se enfoca en los elementos estructurales de losas inferiores y muros porque tanto en el periodo de planificación tradicional como en el de lean fueron las estructuras con más complicaciones en cumplir con la programación. En cambio, otros elementos tales como los arranques de muros no presentaron mayor dificultad porque la cantidad de acero, encofrado y concreto era menor, además que su ejecución era dependiente del concretado de la losa de fondo.

A continuación, se muestra las gráficas de previsto vs realizado de la losa inferior y paredes centrales de los dos frentes de trabajo en los dos periodos de evaluación.

Gráfico Nro. 10: “Previsto vs realizado – losa inferior (frente norte)”

Fuente: Elaboración propia

Gráfico Nro. 11: “Previsto vs realizado – losa inferior (frente sur)”

Fuente: Elaboración propia

Gráfico Nro. 12: “Previsto vs realizado – muros (frente norte)”

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico Nro. 13: “Previsto vs realizado – muros (frente sur)”

Fuente: Elaboración propia

Los trabajos de montaje de vigas, losas superiores, galerías y relleno exterior del túnel se iniciaron en los meses de septiembre y octubre. Por ello, no es factible analizar el previsto-realizado de la ejecución de dichos servicios ya que solo se empezaron a desarrollar en los últimos meses del periodo de estudio y no desde el periodo de planeamiento inicial.

Porcentaje del plan cumplido – PPC

El PPC (Porcentaje de plan cumplido) es un indicador de desempeño que mide la efectividad de la programación semanal, es decir el grado de adherencia de los trabajos ejecutados a los programados al inicio de la semana.

Su aplicación permite monitorear el alcance de metas diarias y/o semanales de las personas en obra y hacer planes de acción en caso de desvíos o incumplimiento. Es importante que se haga a nivel de responsables de los servicios programados para crear compromiso con el cumplimiento de los objetivos.

En los gráficos número 14 y 15 se muestran los PPC alcanzados semana a semana durante el periodo de planeamiento inicial y planeamiento lean. Se puede observar que en los meses de abril, mayo, junio y julio la desviación estándar de los PPC fue de 0.35, esto demuestra la gran variabilidad en el cumplimiento de las programaciones semanales. Asimismo, se observa que durante este periodo inicial el PPC oscila drásticamente entre picos de 100% y 0% debido a que una vez elaborada las programaciones mensuales, solo la primera semana

era más adherente a lo planificado y las siguientes tres semanas perdían adherencia por causa de cambios de secuencias y/o prioridades.

A partir de la tercera semana de julio hasta el final de octubre se puede constatar que la variabilidad disminuye y la curva de PPC ya no presenta picos tan pronunciados, como resultado de ello la desviación estándar disminuye a 0.12 y los datos muestran mayor adherencia a la programación con un compartimiento ascendente.

Gráfico Nro. 14: “PPC semanal – frente norte”

Fuente: Elaboración propia

Gráfico Nro. 15: “PPC semanal – frente sur”

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico número 16 se muestra el PPC general de ambos frentes evaluados en los dos periodos, planeamiento tradicional y planeamiento lean. En términos generales se puede constatar la mejora de la variabilidad de la adherencia de los servicios ejecutados con los programados durante los periodos que se aplicó programaciones mensuales y programaciones semanales. Esto se refleja claramente en la disminución de la desviación estándar entre ambos periodos de 0.27 a 0.09.

Gráfico Nro. 16: “PPC semanal – túnel”

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la evolución del porcentaje plan cumplido (PPC)

Es importante evaluar la evolución del “PPC” principalmente durante la aplicación de las herramientas de Last Planner System y Pull Planning, con la finalidad de validar la implementación del sistema. En este sentido, se debe de ajustar los resultados de la curva de evolución semanal a la ecuación lineal de la recta.

Dada la ecuación:

$$y = a * x \pm b$$

Donde:

- Variable dependiente (y), representa el valor del porcentaje de plan cumplido PPC.

- Variable independiente (x), representa el tiempo o periodo semanal para la evaluación de resultandos.
- (a), es el valor de la pendiente de la recta y expresa porcentualmente la confiabilidad del sistema en la medida de que el valor del PPC incrementa semana a semana.
- Constante (b), es el intercepto de la recta y establece el valor ponderado inicial del “PPC”, es decir, con el cual el proyecto empezó a implantar el sistema de planificación.
- El valor R cuadrado (R^2), muestra la confiabilidad de la línea de tendencia. Una línea de tendencia es más confiable cuando su valor R cuadrado está establecido en 1 o cerca de 1.

A continuación, se muestra el análisis de la evolución de los PPC de cada frente de trabajo y del túnel en general a través de su ajuste de tendencia lineal con sus respectivas ecuaciones de la recta.

En el gráfico número 17, “Análisis de evolución de PPC semanal – Frente Norte”, se observa la ecuación del ajuste lineal del PPC acumulado semanal del frente norte entre las semanas 35 y 47. La pendiente de esta recta nos indica que el PPC del sistema evolucionó con una tasa de crecimiento de 0.72%, asimismo que al inicio de los trabajos el PPC del sistema fue 69.27% muy por debajo de la meta esperada de 85%. Por otro lado, la confiabilidad el ajuste de la curva es de 51.86%.

Gráfico Nro. 17: “Análisis de la evolución del PPC semanal – frente norte”

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico número 18, “Análisis de evolución de PPC semanal – Frente Sur”, se observa la ecuación del ajuste lineal del PPC acumulado semanal del frente sur entre las semanas 35 y 47. La pendiente de esta recta nos indica que el PPC del sistema evolucionó con una tasa de crecimiento de 0.69%, asimismo que al inicio de los trabajos el PPC del sistema fue 85.96% encima de la meta esperada de 85%. Por otro lado, la confiabilidad el ajuste de la curva es de 87.03% lo que indica ejecución de los trabajos de producción están adheridos a sus programaciones.

Gráfico Nro. 18: “Análisis de la evolución del PPC semanal – frente sur”

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico número 19, “Análisis de evolución de PPC semanal – Túnel”, se observa la ecuación del ajuste lineal del PPC acumulado semanal entre las semanas 35 y 47. La pendiente de esta recta nos indica que el PPC del sistema evolucionó con una tasa de crecimiento de 0.88%, asimismo que al inicio de los trabajos el PPC del sistema fue 74.15% por debajo de la meta esperada de 85%. Por otro lado, la confiabilidad el ajuste de la curva es de 79.04%.

Gráfico Nro. 19: “Análisis de la evolución del PPC semanal – túnel”

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, las ecuaciones analizadas indican que el grado de cumplimiento del PPC de los frentes de trabajo durante el periodo analizado siempre muestra tendencias positivas. Asimismo, a pesar de que su valor inicial de implementación estuvo por debajo de la meta prevista, existe 79% de confiabilidad de mejora del sistema.

Avance físico

El objetivo principal de la aplicación de planeamiento estratégico es garantizar el cumplimiento de plazos y avance físico de la obra durante su ejecución. A partir de la hipótesis planteada en la presente investigación se realiza el estudio de avances físicos del proyecto en base a la cantidad de esfuerzo o trabajo aplicado y se representa mediante la curva “s”.

Para esto, se toma en consideración la curva de línea base inicial de la planificación del proyecto, la curva de avance físico real hasta el mes de octubre-2015, la curva de tendencia de avance físico con fecha de corte del avance real hasta el mes de julio-2015 en base a la metodología de planeamiento tradicional y por último la curva de tendencia de avance físico con fecha de corte de avance físico real hasta el mes de octubre-2015 en base a la metodología de planeamiento Lean.

Gráfico Nro. 20: “Avance físico de ejecución del túnel”

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico número 20 se puede observar que de acuerdo con la línea base original de la construcción de las estructuras de concreto del túnel, evaluadas en este estudio, se tenía previsto finalizar en enero del 2016. Al cierre del mes de julio del 2015 se presenta un desvío de 14,69% de avance físico que en términos de plazo representa un mes de retraso. Luego, la tendencia evaluada en la semana 34, fin del mes de julio-2015, con la aplicación de metodologías de planeamiento tradicional indican que el fin previsto del proyecto es para el mes de febrero-2016. Sin embargo, a partir de la primera semana de agosto, fecha en la que se empieza a implementar y aplicar las metodologías de planeamiento Lean, el avance físico supera las expectativas de dicha tendencia y de esta manera al cabo del mes de octubre cierra con 78,93% cuando las previsiones de la tendencia evaluada en la semana 34 indicaba 70,72%, es decir, con un avance mayor de 8,21%. Asimismo, al fin del mes de octubre, la nueva tendencia de acuerdo con el planeamiento Lean indica que la finalización del proyecto será en el mes de enero-2016 de acuerdo a la línea base original.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE LA MEJORA

Este capítulo, tiene como objetivo principal establecer y mostrar los pasos a seguir para la aplicación del modelo sistémico de planeamiento, que integra las herramientas Last Planner System y Pull Planning, en cualquier proyecto de construcción de túneles de trinchera cubierta. Para ello, se identifican las etapas de la metodología, luego se desglosa los subprocesos que la componen interrelacionándolos directamente con los actores involucrados.

Implementación de las herramientas del sistema de planificación

Una vez conocida las fases de desarrollo del Last Planner System y Pull Planning para el planeamiento de proyectos, es importante saber cuál es el punto de partida para la implementación. Con esa finalidad, a continuación, se presenta la manera más apropiada para desarrollar las herramientas.

Preparación de Pull Planning

El siguiente diagrama de flujo, muestra los roles y tareas que desarrollan los involucrados en la preparación del Pull Planning.

- El proceso inicia cuando el gestor del cronograma gerencial filtra las actividades de los próximos tres meses para poder desarrollar la futura programación Pull Planning.
- Los ingenieros de producción junto a los ingenieros de planeamiento identifican todas las actividades de los próximos tres meses, en donde también estudiarán el futuro plan de ataque, secuencias, procesos constructivos, metrados, productividades, duraciones y recursos que se van a utilizar. Al finalizar emiten las líneas de balance (takt) en una hoja Excel del Pull Planning mostrando la secuencia elaborada.
- Los ingenieros del área de planeamiento transportan la programación al software Primavera P6 que parte de este proceso se encuentra explicado en el manual de planeamiento y programación de Primavera P6 elaborado en este estudio. En esta parte del proceso, se tendrá que transportar las líneas de balance a planilla de importación para

Primavera P6, importar al software, vincular de actividades, insertar los pesos de acuerdo al cronograma gerencial y cerrar la línea base (Pull Planning).

- Al finalizar la línea base (Pull Planning) el gestor del cronograma gerencial ajusta el cronograma gerencial de acuerdo a secuencias y duraciones de la programación trimestral.
- Teniendo las líneas de balance el área de ingeniería elabora los 3D y 4D y material de apoyo del Pull Planning, en donde los ingenieros de planeamiento prepararán los materiales para la presentación y dinámica.

Se muestra a continuación el diagrama de flujo de preparación de Pull Planning.

Gráfico Nro. 21: “Diagrama de flujo de preparación de Pull Planning”

Fuente: Elaboración propia

Dinámica Pull Planning

El siguiente diagrama de flujo, muestra los roles y tareas que desarrollan los involucrados de la dinámica Pull Planning.

- El ingeniero de producción quien es el líder de la reunión da inicio al Pull Planning, presentando los objetivos y a todos los participantes tanto capataces, encargados, supervisores, sub-contratistas, colaboradores e invitados.
- El líder da a conocer el marco de los tres meses planeados, según el plan de ataque estudiado que se apoyará en la presentación con el modelamiento en 3D o 4D que ha desarrollado el área de ingeniería.
- El jefe de producción explica la secuencia de los servicios, para que todo el público conozca de los procesos constructivos típicos del planeamiento elaborado.
- En esta parte de la reunión, comienza la dinámica Pull Planning con la elaboración de adhesivos por parte de los capataces, encargados o sub-contratistas en donde menciona el responsable, la duración, el equipo a necesitar, el turno, el servicio predecesor y sucesor, entregable y restricciones.
- Después, cada responsable coloca los adhesivos en una escala temporal semanal de los tres meses de trabajo según a la secuencia establecida al inicio de la reunión. Para ello, los ingenieros que elaboraron las líneas de balance aprobarán si los adhesivos se encuentran conforme al estudio previo, si es conforme comienza la dinámica de pasar la posta y compromiso de entrega de todos los responsables de los servicios, y si no es conforme se procede al abordaje y corregir el adhesivo.
- Al finalizar la dinámica, los ingenieros de planeamiento y el líder de la reunión analizan y consolidan las líneas de balance estudiadas en la preparación de la reunión.
- La identificación de restricciones, es la actividad en donde participan todos los involucrados de la reunión. En ella, se aplica la metodología Ishikawa 6M (mano de obra, materiales, método, maquinaria, medio ambiente y medida) para lograr identificar todas las restricciones o problemas se puedan encontrar al pasar de los días. La intención de emplear esta herramienta es para poder adherirse a la programación planeada.

-
- El ingeniero de producción valida la reunión junto con los ingenieros de planeamiento, para luego, estos últimos desarrollan una encuesta de nivel de satisfacción de la dinámica Pull Planning con el fin de lograr que todos los involucrados conozcan la programación de los próximos tres meses.

A continuación, se muestra a continuación el diagrama de flujo de preparación de Pull Planning.

Gráfico Nro. 22: “Diagrama de flujo de dinámica Pull Planning”

Fuente: Elaboración propia

Modelo sistemático de planeamiento, programación y control

En el siguiente modelo sistemático se esquematiza los roles de cada responsable del área de planeamiento y control y producción, y de sus actividades para poder trabajar de manera sistemática e integrada con las metodologías adoptadas.

El esquema que se mostrará a continuación será en resumen del diagrama funcional sistemático de planeamiento, programación y control a presentar después:

- El proceso inicia en la creación del cronograma Pull Planning en donde el ingeniero responsable de la programación semanal se encarga de importar las líneas de balance del planeamiento realizado al software de Primavera P6.
- Luego emite las programaciones semanales (hojas tarea) que fueron elaboradas junto con el jefe de producción, para ser validadas y difundidas por el coordinar de planeamiento.
- El ingeniero de producción publica las hojas tareas de los capataces o encargados en el panel de gestión visual del mismo frente de trabajo y junto con el jefe de producción al inicio de la jornada de trabajo en las reuniones Check In asignan las actividades y los recursos necesarios a utilizar en el día, mientras al finalizar el día en las reuniones de Check Out se obtiene el PPC y la productividad efectuada de los capataces, y si no se cumplió una actividad se identifica la causa raíz del problema.
- Al cierre de la semana, el ingeniero de producción envía el avance semanal al área de planeamiento para actualizar el cronograma Pull Planning y el ingeniero responsable de la programación semanal se reúne con el jefe de producción para realizar la programación de la semana siguiente, que será aprobado por el ingeniero de producción que luego será emitida y difundida.
- Al emitir el reporte de avance de producción semanal, el ingeniero de la programación calcula el PPC semanal para que sea publicado en una torre de control donde también se muestra los indicadores o resultados de la semana de todas las áreas del proyecto.
- El ingeniero encargado del cronograma gerencial con el reporte actualiza el cronograma gerencial y genera los indicadores de planeamiento y control para mostrar en la torre.
- El área de costos con el avance de la producción y el control desarrollado en la semana de los recursos utilizados calcula la producción y productividad de todos los servicios del

frente, pero tendrá que ser validada por el ingeniero de producción para ser publicado también en la torre de control junto todos los indicadores del área.

Se muestra a continuación el diagrama funcional sistemático de planeamiento, programación y control.

Gráfico Nro. 23: “Diagrama sistemático de planeamiento, programación y control”

Fuente: Elaboración propia

Manual de planeamiento y programación en Primavera P6

Este documento tiene como objetivo describir el flujo de procesos de las actividades que el área de planeamiento deberá aplicar si desea desempeñar la metodología Last Planner System en la planificación, programación y control del avance del proyecto. En primer lugar, se describe detalladamente el proceso de creación del cronograma Pull-Planning en el software Primavera P6 a partir de las líneas de balance de actividades utilizadas para esta dinámica. Luego, se describe paso a paso la operación del Primavera P6 y Excel para la elaboración de las hojas tarea, actualización de avances y emisión de reportes de avance físico de obra. Este manual se presenta en el **Anexo Nro. 04: “Descripción de Metodología de Trabajo del Área de Planeamiento”**.

Medición de la adherencia de la programación al planeamiento

Para la implementación de las metodologías de Last Planner System y Pull Planning en la planificación y ejecución de las actividades del proyecto se tiene que atravesar por una curva de aprendizaje, es decir, lograr en el menor tiempo posible que los involucrados directos del sistema comprendan la importancia y trabajen bajo esta modalidad. El resultado del proceso se logró evidenciar en este estudio mediante la evolución del indicador de adherencia de la producción a la programación “PPC”.

Después de haber completado el proceso de implementación y desarrollado por completo la curva de aprendizaje, la tendencia del “PPC” fluctuará siempre en un intervalo de 90% a 100%. Esto indica, que el área de producción ha logrado desarrollar la capacidad de previsión semanal al momento de programar los servicios y que realmente se cumplirán durante este período. Sin embargo, mantener este indicador en ese intervalo no quiere decir que el proyecto este avanzando de la mejor manera. Aquí surge la pregunta si de verdad se está logrando programar la cantidad necesaria para atender el cronograma gerencial, la ruta crítica y la necesidad del proyecto viendo desde un enfoque global de largo plazo.

Ante este hecho, surge la necesidad de conocer el grado de adherencia de la programación al planeamiento. Para ello, se buscará establecer un vínculo entre el programa gerencial y las programaciones Pull Planning a través de ponderaciones de peso físico o costos de los servicios programados – ejecutados.

CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE LA MEJORA

Este capítulo surge como resultado de la aplicación directa de las propuestas mencionadas en el capítulo anterior.

Generación de agendas y roles de los ingenieros de planeamiento y producción

Para garantizar el funcionamiento del sistema de planificación es importante que los involucrados cumplan con los roles que se definieron en el capítulo anterior y a partir de ello se generarán las siguientes agendas y reuniones que marcarán una pauta de rutinas semanales que se deben seguir. Los principales involucrados que deben mantener esta rutina son los siguientes:

Tabla Nro. 9: “Roles de los involucrados”

	Coordinador de Planeamiento
	Ingeniero Responsable del Cronograma Gerencial
	Ingenieros Responsables de la Programación
	Ingenieros de Producción

Fuente: Elaboración propia

Las reuniones en las que deben participar de acuerdo a nuestra metodología son:

Tabla Nro. 10: “Reuniones”

	Gerente del Área Planeamiento y Producción
	Área de Planeamiento y Control
	Coordinador de Planeamiento, Gerente e Ingenieros de Producción y Áreas de Apoyo
	Ingenieros Responsables de la Programación y Jefes de Producción

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra una distribución semanal de todas las actividades y reuniones que involucran a las áreas de planeamiento y control, y producción.

Tabla Nro. 11: “Agenda y roles del área de planeamiento y producción”

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
6:00 - 6:30						
6:30 - 7:00	Asignación de las Actividades del Día - Reunión de Check In					
7:00 - 7:30						
7:30 - 8:00	Ajuste de la Programación Semanal en Función al Avance del Fin de Semana					Emisión de Hojas Tarea
8:00 - 8:30						
8:30 - 9:00					Actualizar Cronogramas Pull - Planning	Validación de Hojas Tarea
9:00 - 09:30	Cálculo de PPC					Actualización Cronograma Gerencial Parte I
9:30 - 10:00						
10:00 - 10:30		Reunión de Producción en la Torre de Control			Reunión 6WLAP	
10:30 - 11:00						
11:00 - 11:30	Validación de PPC e Índices de Producción					
11:30 - 12:00						
12:00 - 12:30	ALMUERZO					
12:30 - 13:00						
13:00 - 13:30						
13:30 - 14:00						
14:00 - 14:30	Actualización Cronograma Gerencial Parte II	Reunión de Planeamiento en la Torre de Control	Reunión Gerencial		Realizar la Programación Semanal	
14:30 - 15:00						
15:00 - 15:30	Actividades Críticas y Sub-críticas					
15:30 - 16:00	Marcos e Hitos del Planeamiento					
16:00 - 16:30	Adherencia de la Programación al Planeamiento					
16:30 - 17:00	Avance Físico / Tiempo Camino (mensualmente)					
17:00 - 17:30	Publicar Indicadores en la Torre de Control					
17:30 - 18:00	Acompañamiento de los Servicios Ejecutados - Reunión de Check Out					
18:00 - 18:30				Envío de avances parciales de la semana (Lunes-Jueves)		

Fuente: Elaboración propia

Análisis de rentabilidad de la implementación del sistema

Después de haber mostrado el modelo de implementación del sistema de planificación basado en la metodología Last Planner System y Pull Planning, ahora se analiza la rentabilidad de la implementación mediante la comparación del dimensionamiento de personal o FTE por sus siglas en inglés (Full-Time Equivalent) , que es una forma de medir la cantidad de empleados

a tiempo completo que se necesitarían para llevar a cabo el trabajo, del área de planeamiento y control en las dos situaciones de tiempo.

Tabla Nro. 12: “Dimensionamiento del personal FTE – área de planeamiento y control (planeamiento inicial)”

SUB-PROCESO		RESPONSABLE	FRECUENCIA	UNIDAD DE TIEMPO (día/ año/ mes/ semana)	MINUTOS POR CASO	FTE	FTE (+20%)
1.1	Creación de cronograma Project	Planeamiento	3	año	14,400	0.05	0.06
1.2	Actualización del cronograma	Planeamiento	1	semana	1,200	0.40	0.48
1.3	Preparación de programación mensual	Planeamiento	1	semana	4,800	0.06	0.08
1.4	Emisión de programación mensual	Planeamiento	1	semana	2,400	0.16	0.19
1.5	Realización de indicadores de planeamiento	Planeamiento	1	semana	240	0.05	0.06
1.6	Visita de campo semanal	Planeamiento	1	semana	360	0.13	0.15
1.7	Actualización del avance gráfico semanal	Planeamiento	1	día	60	0.04	0.05
1.8	Controladores de avance físico	Planeamiento	1	día	1,200	0.08	0.10
1.9	Análisis de restricciones	Planeamiento	1	semana	720	0.08	0.10
1.10	Informe de avance de obra para el cliente	Planeamiento	1	mes	240	0.13	0.15
1.11	Elaboración de informaciones para (reunión de Gerentes de Obras)	Planeamiento	1	mes	300	0.02	0.03
1.12	Reporte de producción mensual y acumulado para centro de costos	Planeamiento	1	semana	60	0.17	0.20

TOTAL DE PERSONAL REQUERIDO 7.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nro. 13: “Dimensionamiento del personal FTE – área de planeamiento y control (planeamiento Lean)”

SUB-PROCESO		RESPONSABLE	FRECUENCIA	UNIDAD DE TIEMPO (día/ año/ mes/ semana)	MINUTOS POR CASO	FTE	FTE (+20%)
1.1	Cronograma gerencial	Planeamiento	1	mes	600	0.05	0.06
1.2	Preparación de Pull Planning	Planeamiento	0.75	mes	6,000	0.40	0.48
1.3	Previa y dinámica de Pull Planning	Planeamiento	1	mes	720	0.06	0.08
1.4	Creación de cronograma Primavera	Planeamiento	1	mes	1,800	0.16	0.19
1.5	Ajustes del cronograma gerencial	Planeamiento	1	mes	600	0.05	0.06
1.6	Emisión de hojas tareas	Planeamiento	1	semana	360	0.13	0.15
1.7	Difusión de hojas tareas	Planeamiento	1	semana	120	0.04	0.05
1.8	Actualización de cronograma Pull Planning	Planeamiento	1	semana	240	0.08	0.10
1.9	6WLA	Planeamiento	1	semana	240	0.08	0.10
1.10	Rodada de Restricciones	Planeamiento	1	semana	360	0.13	0.15
1.11	Reporte de producción mensual y acumulado para centro de costos	Planeamiento	1	semana	60	0.02	0.03
1.12	Programación de la semana siguiente	Planeamiento	1	semana	480	0.17	0.20

SUB-PROCESO		RESPONSABLE	FRECUENCIA	UNIDAD DE TIEMPO (día/ año/ mes/ semana)	MINUTOS POR CASO	FTE	FTE (+20%)
1.13	Emisión de reporte avance producción semanal	Planeamiento	1	semana	120	0.04	0.05
1.14	Informe de avance de obra para el cliente	Planeamiento	1	mes	240	0.02	0.03
1.15	Información para previsión de valorización	Planeamiento	1	semana	240	0.08	0.10
1.16	Cálculo de PPC	Planeamiento	1	semana	120	0.04	0.05
1.17	Actualización semanal de cronograma gerencial	Planeamiento	1	semana	120	0.04	0.05
1.18	Generación de curvas de tendencia costo-programado	Planeamiento	1	mes	240	0.02	0.03
1.19	Elaboración de informaciones para (reunión de Gerentes de Obras)	Planeamiento	1	mes	300	0.03	0.03
1.2	Actualización de indicadores de planeamiento	Planeamiento	1	semana	180	0.06	0.08
1.21	Información para reunión interna de análisis mensual	Planeamiento	1	mes	600	0.05	0.06
1.22	Reunión de revisión de cronograma gerencial (2veces)	Planeamiento	2	mes	90	0.02	0.02
1.23	Emisión Indicadores Torre Control	Planeamiento	1	semana	60	0.02	0.03
1.24	Emisión de Indicadores	Planeamiento	1	semana	120	0.04	0.05
1.25	Reuniones de Torre de control	Planeamiento	1	semana	300	0.10	0.13
1.26	Reunión interna de planeamiento	Planeamiento	1	semana	120	0.04	0.05
1.27	Visita de campo semanal	Planeamiento	1	semana	360	0.13	0.15
1.28	Capacitaciones Lean Construction	Planeamiento	2	mes	360	0.06	0.08

TOTAL DE PERSONAL REQUERIDO 2.62

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de los FTE del planeamiento inicial y el planeamiento Lean existe una diferencia de cincuenta por ciento de la cantidad de colaboradores para desarrollar los trabajos encomendados en el área de planeamiento y control. Lo que representa reducir en un 64.6 % el costo de mano de obra indirecta del área antes mencionada.

Nivel de satisfacción del sistema de planeamiento: integración de Last Planner System y Pull Planning

A partir de las reuniones y dinámicas de Pull Planning se realizaron encuestas de satisfacción a todos los participantes y los resultados se muestran a continuación en la siguiente gráfica.

Gráfico Nro. 24: “Resultados de encuesta de satisfacción Pull Planning”

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos, se evidencia que hay un nivel alto de satisfacción de todos participantes de la reunión de Pull Planning porque existe porcentaje mayor en las opciones de estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con las preguntas realizadas sobre el sistema de planificación.

Indicador de adherencia de la programación al planeamiento

Un indicador que nos ayudará a medir el grado de adherencia de la programación al planeamiento como una herramienta que servirá de alerta para saber si se está programando lo necesario para atender los marcos gerenciales del proyecto.

Ahora, imagínese un frente de servicio con actividades programadas para diez semanas, en donde la suma de la distribución de sus pesos de avance físico es igual a 100%. Antes de iniciar la semana 1 se congela la línea base que servirá como línea de medición y comparación de lo planeado con lo programado y realizado. Si se quiere garantizar el cumplimiento de las actividades en el plazo se debe programar el peso necesario para atender la demanda del planeamiento inicial, asimismo, la producción debe encargarse de realizar las actividades previstas en la programación, es decir, lograr que su PPC sea adherente al 100%. En

ocasiones las condiciones de la obra nos permiten hacer actividades que no están contempladas en la programación generando “avances fuera de la programación”, esto da lugar a modificar, desbalancear las previsiones planeadas inicialmente y en efecto también el peso de las programaciones.

Gráfico Nro. 25: “Indicador de adherencia de la programación al planeamiento”

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los proyectos de ingeniería se rigen sobre pilares importantes como el alcance, el costo, el tiempo y la calidad. El enfoque principal de esta investigación es la gestión del tiempo, de esta manera el desarrollo de la misma es en base a la filosofía Lean Construction y aplicación sistémica de sus herramientas.
- La tesis crea una visión integral y sistémica de metodologías y herramientas de Lean Construction aplicadas al planeamiento y control de la producción de proyectos de ingeniería. Para ello evalúa el comportamiento de la construcción de un túnel de trinchera cubierta en el Perú durante la implementación de estas metodologías.
- Last Planner System está directamente relacionado con el ciclo Deming (planear, ejecutar, controlar y ajustar) y la mejora continua. Es un sistema que involucra e interrelaciona todos los niveles jerárquicos de la construcción de un proyecto de ingeniería civil, desde los gerentes de las áreas de planeamiento, producción, y otras áreas de apoyo hasta los colaboradores que ejecutan los trabajos en obra, en este sentido logra crear un enfoque único en la dirección y ejecución del proyecto.
- Pull Planning es la herramienta de planificación con visión trimestral que nos ayuda a cumplir los marcos de entrega contractual contemplados en el cronograma gerencial. Para su preparación es necesario contar con representantes de todas las áreas de apoyo a fin de que todos conozcan las actividades que se realizarán en el proyecto en el próximo período mencionado. Las actividades de Pull Planning finalizan con la realización de la dinámica en donde se reúnen todos los supervisores, capataces, encargados o sub-contratistas para identificar sus tareas o entregables y crear en conjunto una línea de balanceamiento de todas las actividades en una escala temporal semanal.
- Antes de la implementación de las metodologías de planeamiento cuando se trabajaba de manera tradicional el PPC de los frentes tanto norte como sur, era muy oscilante, en ocasiones se lograba 100% y en otras hasta 0%, el reflejo de ello es la desviación estándar que es igual a 0.35 y a 0.36 en los frentes de trabajo respectivamente; y luego con la

implementación de las herramientas de la filosofía Lean la oscilación del PPC disminuyó a 0.12 y 0.04. Esto quiere decir, que se logró garantizar una mayor adherencia al cumplimiento de las actividades programadas dentro de la semana.

- Luego de 13 semanas de la aplicación de las herramientas de Last Planner System y de la realización de las dinámicas Pull planning, previo al inicio de las actividades previstas para un periodo determinado, se fue midiendo el PPC semana a semana y de esa configuración el progreso acumulado del PPC que se fue obteniendo en el transcurso del tiempo. Al final del periodo analizado se realizó un ajuste lineal del PPC acumulado, logrado durante la etapa de aplicación del pull planning. Los datos obtenidos de la ecuación de la recta a base del análisis de la evolución del PPC del túnel, interpreta lo siguiente:
 - La pendiente adquiere un valor de 0.88%, que representa un incremento en el porcentaje de confiabilidad de la programación de la obra y una sinergia entre el equipo de trabajo perteneciente a la obra.
 - El intercepto representa el 74.15%, es un valor medio alto, el cual se incrementó durante las semanas de aplicación del sistema.
 - La curva es adecuada para el ajuste, porque el 0.79 de R cuadrado se encuentra en el intervalo de aceptación.
- Según la gráfica de avance físico, se demuestra que en la construcción de un túnel de trinchera cubierta se reducen y recuperan los plazos de ejecución, a través de la implementación y aplicación de las metodologías de planeamiento con enfoque Lean Construction. A su vez, se obtuvieron de los resultados de la gráfica que la culminación del proyecto llegaría a extenderse un mes de trabajo si se hubiese mantenido el planeamiento tradicional, perjudicando totalmente la entrega del túnel. Por último, es importante mencionar que el desarrollo de la obra consiguió la integración sistémica de las áreas involucradas del proyecto gracias a la ayuda de las herramientas de planificación.

-
- Para trabajar bajo los lineamientos de la metodología Last Planner System debemos tener una concepción sistémica de los miembros del soporte del sistema y de sus actividades, es decir, comprender las interrelaciones, dependencias y responsabilidades entre ellos, ya que forma pieza clave para el funcionamiento del sistema.
 - De los resultados obtenidos en las encuestas para medir el grado de satisfacción de las dinámicas Pull Planning se evidencia que los participantes tienen un nivel alto de satisfacción con la reunión y saben que van a hacer en los próximos tres meses, como también creen que este tipo de dinámica es importante para el desarrollo del proyecto.
 - A partir de los cálculos del dimensionamiento de personal (FTE) para el área de planeamiento y control en los dos momentos del proyecto, con y sin la metodología implementada podemos concluir que trabajando con el enfoque tradicional necesitábamos de 7.14 personas que luego de haber implementado las metodologías hubo una reducción de personal del 64.6 % que es aproximadamente 2.62 personas.

BIBLIOGRAFÍA

ABAD, Alan y HUISA, Freddy (2011) Procedimientos de excavación y sostenimiento de túneles proyecto de derivación Huascacocha – Rímac. (tesis de título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma.

ÁVILA, Jorge y QUINTANA, Adriana (2014) Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo del edificio universidad ciudad – PUJ. (tesis de magister de Ingeniería Civil). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

HERNÁNDEZ, Roberto y otros (2006) Metodología de la Investigación. 4° ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana.

CAÑA, Cristhian y ESCAJADILLO, Pedro (2006) Diagnóstico y evaluación de la relación entre el tipo estructural y la integración de los contratistas y subcontratistas con el nivel de productividad en obras de construcción. (tesis de título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Pontificada Universidad Católica del Perú.

DÍAZ, Daniela (2007) Aplicación del sistema de planificación Last Planner a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. (tesis de título profesional de Ingeniería Civil). Santiago de Chile: Universidad de Chile.

GALVÍS, José y otros (2014) Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual, pp. 32-53. En: revista Avances Investigación en Ingeniería vol. 11, No. 1.

GARCÍA, Oswaldo (2012) Aplicación de la metodología Lean Construction en la vivienda de interés social. (tesis de postgrado de Especialización en Gerencia de Proyectos). Bogotá: Universidad EAN.

GRANADOS, Brenda (2011) Implementación de la metodología Lean Construction para actividades de estructura del proyecto Natura del consorcio Campo Empresarial Campestre. (tesis de título profesional de Ingeniería Industrial). Santander: Universidad Industrial de Santander.

HERRANDIZ, Salvador (2009) Aplicación del Lean Thinking a la construcción. (tesis de título profesional de Ingeniería Civil). Catalunya: Universidad Politècnica de Catalunya.

HURTADO, PARDO y REY, Alberto (2010) Túneles y Obras Subterráneas. España: Sika S.A.U.

-
- IBARRA, Luis (2011) Lean Construction. (tesis de especialista de Ingeniería Civil). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- JARA, Elizabeth (2010) Colaboración extrema y gestión de compromisos en la etapa de diseño de proyectos. (tesis de magister en Ciencias de la Ingeniería). Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- LÓPEZ, Carlos (2012) Planificación, proyecto y construcción de túneles de gran longitud. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- MEYERS, Fred (2000) Estudios de tiempos y movimientos. 2da.Ed. Estado de México: Pearson Educación.
- PONS, Felipe (2014) Introducción a Lean Construction. Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- POON, Clemente (2013) Innovaciones en el Diseño y Construcción de Túneles. México: AJMéxico.
- RODRÍGUEZ, Walter (2003) Presentación PowerPoint del curso Lean Construction. Amazonas: Colegio de Ingenieros del Perú.
- SOTO, Pedro (2004) Construcción de Túneles. (tesis de título de Constructor Civil) Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- TERCERO, Jhonattan (2011) Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (construcción esbelta) en proyectos de construcción. (tesis de magister en Administración). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

ANEXOS

Anexo Nro. 01:
“Programación Mensual de Abril 2015”

104

105

Anexo Nro. 02:
“Programación Mensual de Mayo 2015”

107

Anexo Nro. 03:
“Programación Mensual de Junio 2015”

PROGRAMACIÓN MENSUAL TÚNEL - JUNIO 2015									
UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS									
JUNIO 2015									
FECHA	ACTIVIDAD	FECHA	ACTIVIDAD	FECHA	ACTIVIDAD	FECHA	ACTIVIDAD	FECHA	ACTIVIDAD
01/06/2015	Clase Teórica: Introducción al Proyecto	08/06/2015	Clase Teórica: Metodología de la Investigación	15/06/2015	Clase Teórica: Análisis de Datos	22/06/2015	Clase Teórica: Redacción del Informe	29/06/2015	Clase Teórica: Presentación del Proyecto
02/06/2015	Clase Práctica: Elaboración del Plan de Trabajo	09/06/2015	Clase Práctica: Diseño del Experimento	16/06/2015	Clase Práctica: Recolección de Datos	23/06/2015	Clase Práctica: Análisis de Resultados	30/06/2015	Clase Práctica: Defensa del Proyecto
03/06/2015	Clase Teórica: Fundamentos de la Física	10/06/2015	Clase Teórica: Principios de la Química	17/06/2015	Clase Teórica: Conceptos de Biología	24/06/2015	Clase Teórica: Aspectos de la Ingeniería	01/07/2015	Clase Teórica: Temas Avanzados
04/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Física	11/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Química	18/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Biología	25/06/2015	Clase Práctica: Proyectos de Ingeniería	02/07/2015	Clase Práctica: Trabajos de Investigación
05/06/2015	Clase Teórica: Historia de la Ciencia	12/06/2015	Clase Teórica: Ética Científica	19/06/2015	Clase Teórica: Impacto Social de la Ciencia	26/06/2015	Clase Teórica: Futuro de la Tecnología	03/07/2015	Clase Teórica: Conclusiones
06/06/2015	Clase Práctica: Simulaciones de Física	13/06/2015	Clase Práctica: Análisis de Casos de Química	20/06/2015	Clase Práctica: Estudios de Caso de Biología	27/06/2015	Clase Práctica: Diseño de Prototipos	04/07/2015	Clase Práctica: Evaluación del Proyecto
07/06/2015	Clase Teórica: Mecánica Clásica	14/06/2015	Clase Teórica: Termodinámica	21/06/2015	Clase Teórica: Genética	28/06/2015	Clase Teórica: Electrónica	05/07/2015	Clase Teórica: Óptica
08/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Mecánica	15/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Termodinámica	22/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Genética	29/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Electrónica	06/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Óptica
09/06/2015	Clase Teórica: Relatividad Especial	16/06/2015	Clase Teórica: Mecánica Cuántica	23/06/2015	Clase Teórica: Astrofísica	30/06/2015	Clase Teórica: Cosmología	07/07/2015	Clase Teórica: Física Nuclear
10/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Relatividad	17/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Mecánica Cuántica	24/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Astrofísica	01/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Cosmología	08/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Física Nuclear
11/06/2015	Clase Teórica: Electromagnetismo	18/06/2015	Clase Teórica: Ondas Electromagnéticas	25/06/2015	Clase Teórica: Física de Partículas	02/07/2015	Clase Teórica: Astronomía	09/07/2015	Clase Teórica: Astrobiología
12/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Electromagnetismo	19/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Ondas Electromagnéticas	26/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Física de Partículas	03/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Astronomía	10/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Astrobiología
13/06/2015	Clase Teórica: Gravitación	20/06/2015	Clase Teórica: Cosmología Moderna	27/06/2015	Clase Teórica: Física de la Tierra	04/07/2015	Clase Teórica: Geología	11/07/2015	Clase Teórica: Climatología
14/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Gravitación	21/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Cosmología Moderna	28/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Física de la Tierra	05/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Geología	12/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Climatología
15/06/2015	Clase Teórica: Hidrología	22/06/2015	Clase Teórica: Meteorología	29/06/2015	Clase Teórica: Oceanografía	06/07/2015	Clase Teórica: Sismología	13/07/2015	Clase Teórica: Vulcanología
16/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Hidrología	23/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Meteorología	30/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Oceanografía	07/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Sismología	14/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Vulcanología
17/06/2015	Clase Teórica: Ecología	01/07/2015	Clase Teórica: Conservación Ambiental	08/07/2015	Clase Teórica: Gestión de Recursos	09/07/2015	Clase Teórica: Políticas Científicas	15/07/2015	Clase Teórica: Ética Profesional
18/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Ecología	02/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Conservación Ambiental	09/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Gestión de Recursos	10/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Políticas Científicas	16/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Ética Profesional
19/06/2015	Clase Teórica: Sociología	03/07/2015	Clase Teórica: Antropología	10/07/2015	Clase Teórica: Historia del Arte	11/07/2015	Clase Teórica: Filosofía	17/07/2015	Clase Teórica: Literatura
20/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Sociología	04/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Antropología	12/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Historia del Arte	13/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Filosofía	18/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Literatura
21/06/2015	Clase Teórica: Psicología	05/07/2015	Clase Teórica: Neurociencias	13/07/2015	Clase Teórica: Lingüística	14/07/2015	Clase Teórica: Comunicación	19/07/2015	Clase Teórica: Periodismo
22/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Psicología	06/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Neurociencias	14/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Lingüística	15/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Comunicación	20/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Periodismo
23/06/2015	Clase Teórica: Matemáticas	07/07/2015	Clase Teórica: Estadística	15/07/2015	Clase Teórica: Informática	16/07/2015	Clase Teórica: Robótica	21/07/2015	Clase Teórica: Inteligencia Artificial
24/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Matemáticas	08/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Estadística	16/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Informática	17/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Robótica	22/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Inteligencia Artificial
25/06/2015	Clase Teórica: Física	09/07/2015	Clase Teórica: Química	17/07/2015	Clase Teórica: Biología	18/07/2015	Clase Teórica: Ingeniería	23/07/2015	Clase Teórica: Arquitectura
26/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Física	10/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Química	18/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Biología	19/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Ingeniería	24/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Arquitectura
27/06/2015	Clase Teórica: Historia	11/07/2015	Clase Teórica: Geografía	19/07/2015	Clase Teórica: Economía	20/07/2015	Clase Teórica: Derecho	25/07/2015	Clase Teórica: Medicina
28/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Historia	12/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Geografía	20/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Economía	21/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Derecho	26/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Medicina
29/06/2015	Clase Teórica: Idiomas	13/07/2015	Clase Teórica: Artes	21/07/2015	Clase Teórica: Deportes	22/07/2015	Clase Teórica: Música	27/07/2015	Clase Teórica: Danza
30/06/2015	Clase Práctica: Experimentos de Idiomas	14/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Artes	22/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Deportes	23/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Música	28/07/2015	Clase Práctica: Experimentos de Danza

[illegible]

[illegible]

112

Anexo Nro. 04:
**“Descripción de Metodología de Trabajo del Área de
Planeamiento”**

Creación del cronograma *Pull-Planning*

Responsable:

Ingeniero responsable de la programación semanal

Alcance:

Una vez elaborada y aprobada la línea de balance de las actividades para la dinámica *Pull-Planning* se crea un proyecto en el software Primavera P6 para trasladar todas estas informaciones de las actividades con sus duraciones, vínculos y recursos para tener una herramienta de programación y control.

Figura 1: Líneas de Balance de actividades del Pull Planning – Pavimentos Dic/2015

Procedimiento:

Paso 1: Trasladar Líneas de Balance a la Planilla de Importación (Excel).

Para esto es necesario hacer una lista de todas las actividades previstas de las líneas de balance en una hoja de Excel con el formato de una base de datos. En los títulos de las diversas columnas de la hoja de cálculo se debe asignar los nombres de los campos generales de las etiquetas de las actividades como: Unidad constructiva (UC) a la que pertenece, estructura, elemento, servicio, turno, duración, responsable, metrados, e incluso el capataz al que se le asignará la actividad. Además, en las filas se asignarán todos los registros o etiquetas propias de cada actividad.

Figura 2: Planilla de importación (Excel) del Pull Planning Sur - Nov/2015

Paso 2: Creación de Proyecto en Primavera P6.

Antes de cargar la planilla de importación al Primavera P6, es necesario crear y preparar el entorno de nuestro proyecto en el software para que pueda recibir la información sin inconvenientes.

Ya dentro del programa Primavera P6 nos dirigimos al botón “New” ubicado en la parte superior izquierda de la ventana.

Al hacer click sobre él, emergerá un asistente de creación con cinco pasos. El primero solicita seleccionar el nivel de estructura de proyecto empresarial para el nuevo proyecto, luego el nombre e ID del Proyecto, como tercer paso la fecha de inicio de la planificación, cuarto, el gestor responsable y por último el tipo de cuota de asignación. Luego de hacer click sobre el botón “Finish” el proyecto ya está creado.

The image displays a sequence of six screenshots from the 'Create a New Project' wizard in Primavera, arranged in a 3x2 grid. Each window has a title bar that says 'Create a New Project' and a close button (X) in the top right corner. The steps shown are:

- Select EPS:** The instruction is 'Select the Enterprise Project Structure level for the new project.' A dropdown menu for 'Select EPS' has 'LIMA - PERU' selected.
- Project Name:** The instruction is 'Enter the Project ID and Project Name. The Project ID is a short, unique identifier for your project.' The 'Project ID' field contains 'NEWPROJ' and the 'Project Name' field contains '(New Project)'.
- Project Start and End Dates:** The instruction is 'Specify the planned start date and must finish by date for the project. The Must Finish By date is the date by which all project activities must finish. If entered, it is used as the project late finish date by the project scheduler.' The 'Project Planned Start' field contains '27-Apr-16'.
- Responsible Manager:** The instruction is 'Identify the responsible manager. The responsible manager you select will be at the top of the organizational breakdown structure (OBS) for the project.' The 'Responsible Manager' dropdown menu has 'Enterprise' selected.
- Assignment Rate Type:** The instruction is 'Specify the default Rate Type for new assignments.' The 'Rate Type' dropdown menu has 'Price/Unit1' selected.
- Congratulations:** The message states 'Your new project has been created. To modify your project properties and define properties not covered by this wizard, click on the Enterprise menu, and then click Projects.'

Por lo general para todo proyecto en Primavera se debe crear una WBS (Work breakdown structure); sin embargo, para los cronogramas de Pull Planning no se creará una WBS, en lugar de ello se crearán Activity Codes, en base a los campos y registros asignados a las actividades que están en la planilla de importación. De esta manera se podrá ordenar, agrupar e incluso filtrar las actividades de múltiples formas de acuerdo a nuestras necesidades de programación.

Paso 3: Creación de los Activity Codes.

En la barra de menús buscar la pestaña Enterprise y luego hace click sobre el botón “Activity Codes”

En la ventana que aparecerá a continuación se debe marcar “Global” para que más adelante el software permita utilizar y actualizar los Activity Codes en cualquier proyecto o copia de este. En seguida, se debe hacer click sobre el botón “Modify...”

En la siguiente ventana se muestra una lista de todos los campos de Activity Codes predeterminados, los cuales podemos eliminar porque no se usarán. Al presionar el botón

“Add” se podrá agregar los títulos de los campos que contendrán a todos los registros de los Activity Codes que se asignarán a las actividades.

Al cerrar esta ventana, podemos seleccionar cada campo y dentro de este insertar todos los registros correspondientes.

En las figuras que se muestra a continuación se pueden ver todos los registros ingresados de los diferentes campos.

Importante: Para acelerar el proceso de creación del cronograma usaremos importaciones, para ello es muy importante que los nombres de los registros ingresados contengan los mismos caracteres que los de la planilla de importación.

Paso 4: Creación de actividades.

Una vez creado el proyecto y los Activity Codes, hacer click derecho sobre el nombre del proyecto creado y presionar “Open Project”

Luego se debe crear tantas actividades como el número que se listaron en la planilla de importación. Para crear una actividad se debe presionar el botón “Add” +

A continuación se mostrarán las siguientes ventanas, en la primera se definirá el ID y nombre de actividad (en este caso aún no es necesario definir el nombre porque se modificará mediante la importación), en la ventana siguiente se selecciona la WBS de la actividad (en este caso se tiene un solo nivel de WBS definido), en la tercera ventana se define el tipo de actividad como tarea dependiente o “Task Dependent”, en la cuarta ventana se obviará la asignación de recursos porque se realizará más adelante, en la quinta ventana se debe seleccionar el tipo de duración como unidades y duración fija “Fixed Duration and Units”, en la sexta ventana se definirá la duración de la actividad con un día por defecto pues luego se modificará mediante la importación. Las siguientes ventanas solicitan asignación de vínculos y otros detalles que no se realizaran por el momento, así se termina el proceso de creación de una actividad.

The image displays five sequential screenshots of the 'New Activity' wizard in a software application, arranged in a grid. Each window has a title bar with 'New Activity' and a close button (X).

- Duration Type:** The first step. It asks to 'Choose a Duration Type for this activity.' and provides a text box explaining that Fixed Duration and Units/Time activities take the same amount of time regardless of resources. A dropdown menu for 'Duration Type' is set to 'Fixed Duration & Units'. At the bottom, there is a checkbox 'Do not show this wizard again.', a 'Cancel' button, and 'Prev', 'Next', and 'Finish' navigation buttons.
- Activity Units and Duration:** The second step. It asks to 'Estimate the duration and total work effort to be performed on this activity.' and explains that Labor Units and Nonlabor Units are needed to complete the activity. It features three input fields: 'Labor Units' (with a value of 5), 'Nonlabor Units' (with a value of 0), and 'Duration' (with a value of 1). The bottom controls are identical to the first step.
- Dependent Activities:** The third step. It asks 'Would you like to assign predecessor and successor activities?'. There are two radio buttons: 'Yes, I would like to configure relationships now.' and 'No, continue.' (which is selected). The bottom controls are identical.
- More Details:** The fourth step. It asks 'Would you like to configure more activity details?'. It lists three items: 'Project Expenses', 'Activity Codes', and 'Work Products and Documents'. There are two radio buttons: 'Yes, continue configuring activity information.' and 'No, thanks.' (which is selected). The bottom controls are identical.
- Congratulations:** The final step. It displays a message: 'You have successfully added a new activity. You may update information for this activity at any time from the Activity Grid.' The bottom controls include 'Cancel', 'Prev', 'Next', and a highlighted 'Finish' button.

Para acelerar y facilitar el proceso de creación de las actividades se puede copiar (Ctrl+C) y pegar (Ctrl+V) la primera actividad creada las veces necesarias.

Paso 5: Exportación de Planilla

Hacer click sobre el menú “File” y seleccionar la opción “Export...”

A continuación, se mostrará una ventana asistente donde se debe completar los siguientes pasos:

En la primera ventana se debe elegir el formato de exportación, para este caso seleccionaremos hoja de cálculo “Spreadsheet - (XLS)”

Seleccionar el tipo de información que se exportará: “Activities”

Seleccionar el proyecto que se exportará.

Seleccionar o crear la plantilla de exportación. Por ser la primera vez, presionaremos el botón “Add”. A continuación, se mostrará una ventana donde seleccionaremos las columnas o campos de importación creados en un paso anterior como Activity Codes. Por ultimo hacemos click sobre el botón OK.

En la ventana siguiente seleccionamos la ubicación donde se guardará el archivo de la exportación.

En la última ventana del asistente de exportación presionamos el botón “Finish” para finalizar.

Paso 6: Importación de Planilla.

Realizada la exportación, buscamos la planilla en la ubicación en la que se guardó.

Al abrir el archivo se observarán los campos creados sin ninguna información. Ver figura.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
2	task_cod	status	cr	wbs_id	task_name	actv_cod	actv_cod	actv_cod	actv_cod	actv_cod	actv_cod	start_date	end_date	target_dr	delete_record	flag
3	A1000	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
4	A1010	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
5	A1020	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
6	A1030	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
7	A1040	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
8	A1050	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
9	A1060	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
10	A1070	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
11	A1080	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
12	A1090	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
13	A1100	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
14	A1110	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
15	A1120	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
16	A1130	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
17	A1140	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
18	A1150	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
19	A1160	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
20	A1170	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
21	A1180	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
22	A1190	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
23	A1200	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
24	A1210	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
25	A1220	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
26	A1230	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
27	A1240	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
28	A1250	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
29	A1260	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
30	A1270	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
31	A1280	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
32	A1290	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
33	A1300	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
34	A1310	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
35	A1320	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
36	A1330	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
37	A1340	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		
38	A1350	Not Started	P1		New Activity							03/05/2016	03/05/2016	1		

Como siguiente paso, se debe completar el archivo exportado con los datos de la planilla de importación creada a partir de las líneas de balance. Ver figura.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
task_code	wsb_id	status_code	task_name	actv_code_1	actv_code_2	actv_code_3	actv_code_4	actv_code_5	actv_code_6	actv_code_7	actv_code_8	actv_code_9	start_date	end_date	target_date	delete_record_flag
ID de actividad	Código de estado de actividad	Código de actividad	Nombre de actividad	201C's	2Estructura	2Cod Elemento	2Servicio	2Capataz	2Turno	2Unidad	2Financiaci	2Original	2Dura	2Delete	2This Row	
1	A101511	PP - SUR	No iniciado	UC 53-2500-Desenrollado	UC 53	LOSA SUPERII	2500	Desenrollado		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
4	A101512	PP - SUR	No iniciado	UC 53-2500-Trail Finaura Pared Central + LSG	UC 53	LOSA SUPERII	2500	Trail Finaura Pared Central + LSG		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
5	A101513	PP - SUR	No iniciado	UC 53-2500-Imper Pared Central + LSG	UC 53	LOSA SUPERII	2500	Imper Pared Central + LSG		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				2
6	A101514	PP - SUR	No iniciado	UC 53-2500-Prelleno Hasta Techo Tunnel	UC 53	LOSA SUPERII	2500	Prelleno Hasta Techo Tunnel		m3	30/11/2015 07	30/11/2015 04				3
7	A101515	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Habilitado Acero	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Habilitado Acero		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				2
8	A101516	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Transporte Acero	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Transporte Acero		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
9	A101517	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Apuntalado /Encofrado	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Apuntalado /Encofrado		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
10	A101518	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Mangulitos	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Mangulitos		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
11	A101519	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Amado	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Amado		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
12	A101520	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Concreto	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Concreto		m3	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
13	A101521	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Curado	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Curado		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				7
14	A101522	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Desenrollado	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Desenrollado		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
15	A101523	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Trail Finaura Pared Galeria + LSG	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Trail Finaura Pared Galeria + LSG		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
16	A101524	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Imper Pared Central + LSG	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Imper Pared Central + LSG		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				2
17	A101525	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2100-Prelleno Hasta Techo Tunnel	UC 54	LOSA SUPERII	2100	Prelleno Hasta Techo Tunnel		m3	30/11/2015 07	30/11/2015 04				3
18	A101526	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Habilitado Acero	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Habilitado Acero		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				2
19	A101527	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Transporte Acero	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Transporte Acero		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
20	A101528	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Apuntalado /Encofrado	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Apuntalado /Encofrado		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
21	A101529	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Mangulitos	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Mangulitos		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
22	A101530	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Amado	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Amado		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
23	A101531	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Concreto	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Concreto		m3	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
24	A101532	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Curado	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Curado		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				7
25	A101533	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Desenrollado	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Desenrollado		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
26	A101534	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Trail Finaura Pared Galeria + LSG	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Trail Finaura Pared Galeria + LSG		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
27	A101535	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Imper Pared Central + LSG	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Imper Pared Central + LSG		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				2
28	A101536	PP - SUR	No iniciado	UC 54-2500-Prelleno Hasta Techo Tunnel	UC 54	LOSA SUPERII	2500	Prelleno Hasta Techo Tunnel		m3	30/11/2015 07	30/11/2015 04				3
29	A101537	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Habilitado Acero	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Habilitado Acero		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				2
30	A101538	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Transporte Acero	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Transporte Acero		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
31	A101539	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Apuntalado /Encofrado	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Apuntalado /Encofrado		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
32	A101540	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Mangulitos	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Mangulitos		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
33	A101541	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Amado	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Amado		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
34	A101542	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Concreto	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Concreto		m3	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
35	A101543	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Curado	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Curado		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				7
36	A101544	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Desenrollado	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Desenrollado		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
37	A101545	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Trail Finaura Pared Galeria + LSG	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Trail Finaura Pared Galeria + LSG		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
38	A101546	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Imper Pared Central + LSG	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Imper Pared Central + LSG		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				2
39	A101547	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2100-Prelleno Hasta Techo Tunnel	UC 55	LOSA SUPERII	2100	Prelleno Hasta Techo Tunnel		m3	30/11/2015 07	30/11/2015 04				3
40	A101548	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2500-Habilitado Acero	UC 55	LOSA SUPERII	2500	Habilitado Acero		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				2
41	A101549	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2500-Transporte Acero	UC 55	LOSA SUPERII	2500	Transporte Acero		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
42	A101550	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2500-Apuntalado /Encofrado	UC 55	LOSA SUPERII	2500	Apuntalado /Encofrado		m2	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
43	A101551	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2500-Mangulitos	UC 55	LOSA SUPERII	2500	Mangulitos		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
44	A101552	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2500-Amado	UC 55	LOSA SUPERII	2500	Amado		Ton	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
45	A101553	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2500-Concreto	UC 55	LOSA SUPERII	2500	Concreto		m3	30/11/2015 07	30/11/2015 04				1
46	A101554	PP - SUR	No iniciado	UC 55-2500-Curado	UC 55	LOSA SUPERII	2500	Curado		%	30/11/2015 07	30/11/2015 04				7

Finalmente se debe guardar los cambios realizados y cerrar el archivo.

Seguidamente, se debe retornar al Primavera P6 para realizar la importación.

En el menú File seleccionamos la opción Import y luego la opción Spreadsheet –(XLS).

En la ventana “Select Excel File” seleccionamos el archivo a importar y presionamos el botón Next.

En la ventana que se mostrará seleccionamos el tipo de información a importar, para este caso seleccionamos “Activities” tal como se hizo en la exportación.

Seguidamente seleccionamos el proyecto de destino para la importación.

Para terminar, se debe hacer click en el botón “Finish”.

Nota: Cuando la importación haya finalizado se mostrará un mensaje donde se indicará si la importación fue realizada con éxito y si no, se deberán hacer las correcciones necesarias.

Paso 7: Columnas y Agrupación de actividades.

Antes de agrupar las actividades es necesario e importante ordenar la información mediante columnas para esto se debe seleccionar el icono “Columns” ubicado en la barra de herramientas. Luego, se mostrará la siguiente ventana donde se debe de seleccionar los campos que sean necesarios. Ver figura.

Para agrupar las actividades se debe buscar en la barra de herramientas el icono “Group and Sort By” . Al hacer click se mostrará la siguiente ventana, donde se puede seleccionar los campos de acuerdo al nivel de organización requerido.

Luego de realizar los pasos indicados, el entorno de trabajo se mostrará como en la siguiente figura. Obsérvese que se logró agrupar las actividades de acuerdo a los niveles definidos.

Paso 8: Vínculos entre actividades.

Una vez que tenemos toda la información ingresada y organizada de forma adecuada se puede iniciar la vinculación entre actividades según la secuencia presentada en la línea de balance.

Paso 9: Creación y asignación de Línea Base de Pull Planning en Primavera P6

En el menú “Project” se debe seleccionar la opción “Maintain Baselines”.

En la siguiente ventana mostrada presionamos en el botón Add.

Luego, seleccionamos la opción “Save a copy of the current Project as a new baseline” y presionamos OK.

Luego de ello se mostrará la copia generada como Línea Base, seguidamente presionamos el botón Close.

Ahora se debe ir nuevamente al menú Project y seleccionar la opción “Assign Baselines”

En la ventana que se muestra a continuación, en el desplegable “Project Baseline” seleccionamos el proyecto línea base creado, lo mismo en el desplegable “Primary”, para finalizar presionamos OK; de este modo ya tenemos nuestra línea base creada y asignada.

Programación de la semana siguiente

Responsables:

Ingeniero de Producción

Ingeniero Responsable de Programaciones

Alcance:

Al terminar la creación o actualización del cronograma, el Ingeniero de producción y el ingeniero responsable de la programación revisan la programación que se generó automáticamente en el Primavera P6 conforme los vínculos de las líneas de balance y hacen los ajustes necesarios, ya sean vínculos y/o duraciones, para programar las actividades que se realizarán durante la semana siguiente.

Descripción del Proceso:

Paso 1: Se aplica un filtro para las actividades comprendidas en la semana a programar considerando lo siguiente:

Actividades que ya iniciaron y que finalizarán durante la semana que se está programando
Actividades que ya iniciaron y que finalizarán después de la semana que se está programando
Actividades que iniciarán durante la semana y que finalizarán dentro de la semana que se está programando.

Actividades que iniciarán durante la semana y que finalizarán fuera de la semana que se está programando.

	Semana Anterior	Semana Actual	Semana Siguiente
a)
b)
c)
d)			

Para esto en la barra de herramientas buscamos el icono “Filter by”

Al hacer click sobre él, aparecerá la siguiente ventana donde se creará o aplicará el filtro.

Para crear el nuevo filtro se debe hacer click en el botón “New” New..., y a continuación emergerá la siguiente ventana donde se debe parametrizar el filtro de la semana como en el ejemplo que se muestra a continuación.

Filter

Filter Name: 0_Filtro de semana

Display: Filter

Display all rows	Parameter	Is	Value	High Value
(Any of the following)				
Where	(All of the following)			
Where	Start	is less than	15-Feb-16	
And	Finish	is greater than	15-Feb-16	
Or	(All of the following)			
Where	Start	is greater than	15-Feb-16	
And	Start	is less than	22-Feb-16	

OK Cancel Add Delete Cut Copy Paste Help

En seguida se filtrarán solo las actividades de la semana correspondiente, como se muestra en la figura.

Paso 2: El ingeniero de producción verifica si todas las actividades que se muestran para la siguiente semana están libres de restricciones y si es necesario seguimos con el siguiente paso.

Paso 3: En caso de que existan atrasos en algunas actividades de la semana anterior, el ingeniero de producción con el ingeniero responsable de programación evalúan la posibilidad de recuperar los atrasos, y si para ello es necesario modificar los vínculos se harán previo conocimiento y autorización del coordinador de planeamiento.

Desarrollo y Emisión de Hojas Tarea

Responsables:

Ingeniero responsable de programaciones

Alcance:

El ingeniero responsable de las programaciones agrupa las actividades filtradas de la semana ya programada de acuerdo a los capataces que ejecutaran los trabajos en obra y emite la “Hojas Tarea”.

Descripción del Proceso:

Paso 1: En la barra de herramientas se debe dar click sobre el botón “Group and Sort By”

A continuación, aparece la siguiente ventana, donde se debe agrupar las actividades en el siguiente orden: capataz, servicio, estructura y código de elemento.

Una vez realizado el agrupamiento, la ventana se mostrará de la siguiente manera:

Layout: TORRE CONTROL SIMPLE		Filter All: Act Construccion		
Activity ID	Activity Name	Original Duration	Start	Finish
ENRIQUEZ		38	21-Oct-15 A	01-Dec-15 A
Izaje Paredes		19	21-Oct-15 A	12-Nov-15 A
Izaje Vigas T		26	05-Nov-15 A	01-Dec-15 A
Izaje Vigas T 200		18	11-Nov-15 A	28-Nov-15 A
Izaje Vigas T 300/400		20	30-Oct-15 A	24-Nov-15 A
FRANK AGÜERO		89	19-Oct-15 A	14-Jan-16 A
Armado		57	27-Oct-15 A	08-Jan-16 A
ARRANQUE		48	06-Nov-15 A	29-Dec-15 A
1200		48	06-Nov-15 A	28-Dec-15 A
A100045 UC 52-1200-Armado		1	06-Nov-15 A	06-Nov-15 A
A100873 UC 54-1200-Armado		1	21-Dec-15 A	21-Dec-15 A
A100893 UC 55-1200-Armado		1	28-Dec-15 A	28-Dec-15 A
1300		6	23-Dec-15 A	29-Dec-15 A
A100878 UC 54-1300-Armado		1	23-Dec-15 A	23-Dec-15 A
A100898 UC 55-1300-Armado		1	29-Dec-15 A	29-Dec-15 A
1400		6	23-Dec-15 A	29-Dec-15 A
1500		10	21-Dec-15 A	28-Dec-15 A
LOSA SUPERIOR		38	27-Oct-15 A	08-Dec-15 A
LOSA DE FONDO		17	11-Dec-15 A	08-Jan-16 A
LOSA SUPERIOR GALERIA		35	30-Oct-15 A	05-Dec-15 A
PARADES DE GALERIA		26	31-Oct-15 A	27-Nov-15 A
Complemento		66	22-Oct-15 A	14-Jan-16 A
Prearmado		89	19-Oct-15 A	09-Jan-16 A
GIL / PEÑALOZA		24	23-Oct-15 A	20-Nov-15 A
Desencofrado		19	30-Oct-15 A	20-Nov-15 A
Encofrado		20	23-Oct-15 A	16-Nov-15 A
HILARIO		98	29-Oct-15 A	26-Feb-16
Apuntalado /Encofrado		98	29-Oct-15 A	26-Feb-16
Desencofrado		18	06-Nov-15 A	26-Nov-15 A

Paso 2: A continuación, en la barra de herramientas hacemos click sobre “Activity Usage Spreadsheet”

Y la ventana general se mostrará de la siguiente manera:

Hacer click con el e botón derecho sobre alguno de los elementos del campo y luego hacer click sobre “Spreadsheet Fields...” para elegir el campo que deseamos. Para tener la distribución de los metrados elegiremos el campo “Remaining Material Cost”.

Es importante recordar que al momento de crear el proyecto las cantidades de los metrados fueron ingresados como materiales con costo igual a 1, de esta manera al momento de hacer la distribución de costo restante se está haciendo la distribución del metrado.

Paso 3: Finalmente para poder imprimir el reporte se debe hacer click sobre el botón “Print Preview” y a continuación aparecerá la siguiente ventana.

Para obtener una “Hoja Tarea” la primera vez tenemos que definir un formato y para ello hacemos click sobre el botón “Page Setup” .

En la ventana emergente aparecerán cinco pestañas donde daremos formato a las “Hojas Tarea”. En la primera pestaña “Page” se puede elegir el tamaño y escala de impresión.

En la pestaña “Header” se puede editar los títulos de las hojas tarea con informaciones como logo de la empresa, título de la hoja y semana programada, ingeniero de frente, jefe de producción, etc.

En la pestaña “Options” se puede que definir la fecha de inicio y fin de la semana, luego activar el recuadro de “Spreadsheet” para mostrar solo la distribución del campo seleccionado y finalmente activar el recuadro de “Break Page Every Group” para separar las hojas tarea por cada responsable.

Una vez culminado todo esto debemos presionar el botón “OK” y finalmente imprimir todas las Hojas Tareas.

PROGRAMACIÓN SEMANAL - FRENTE ARO, EXTERIOR										INGENIERO DE FRENTE : ALDO GARCIA						
SEMANA 67, DEL 14/03/2016 AL 20/03/2016										JEFE DE PRODUCCIÓN : OTAVIO						
ESTRUCTURA	SUC	SELEMENTO	SERVICIO	UNID	Plazo (días)	Costo de	Inicio	Fin	Producción	Mar 16						
										Lun	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	
Rosales																
Concreto Buzón Tipo 3																
Línea de Baja Tensión																
Lado Derecho																
Línea de Baja Tensión	Empalma 09	Lado Derecho	Concreto Buzón Tipo 3	Und	1,00	N	16-Mar-16	16-Mar-16								
Línea de Baja Tensión	Empalma 08	Lado Derecho	Concreto Buzón Tipo 3	Und	1,00	N	17-Mar-16	17-Mar-16								
Línea de Baja Tensión	Empalma 07	Lado Derecho	Concreto Buzón Tipo 3	Und	1,00	N	17-Mar-16	17-Mar-16								
Línea de Baja Tensión	Empalma 06	Lado Derecho	Concreto Buzón Tipo 3	Und	1,00	N	17-Mar-16	17-Mar-16								
Línea de Baja Tensión	Empalma 05	Lado Derecho	Concreto Buzón Tipo 3	Und	1,00	N	18-Mar-16	18-Mar-16								
Línea de Baja Tensión	Empalma 04	Lado Derecho	Concreto Buzón Tipo 3	Und	1,00	N	18-Mar-16	18-Mar-16								
Línea de Baja Tensión	Empalma 03	Lado Derecho	Concreto Buzón Tipo 3	Und	1,00	N	18-Mar-16	18-Mar-16								
Línea de Baja Tensión	Empalma 02	Lado Derecho	Concreto Buzón Tipo 3	Und	1,00	N	19-Mar-16	19-Mar-16								
Concreto Cementos																
Cerco Perimétrico																
Lado Derecho																
Cerco Perimétrico	UC 25	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	16-Mar-16	16-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 24	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	16-Mar-16	16-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 23	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	16-Mar-16	16-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 22	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	17-Mar-16	17-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 21	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	17-Mar-16	17-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 20	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	17-Mar-16	17-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 19	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	18-Mar-16	18-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 18	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	18-Mar-16	18-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 17	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	18-Mar-16	18-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 16	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	19-Mar-16	19-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 15	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	19-Mar-16	19-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 14	Lado Derecho	Concreto Cementos	m3	2,74	N	19-Mar-16	19-Mar-16								
Lado Izquierdo																
Cerco Perimétrico	UC 25	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	15-Mar-16	15-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 24	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	15-Mar-16	15-Mar-16								
Cerco Perimétrico	UC 23	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	15-Mar-16	15-Mar-16								
Cerco Perimétrico	Empalma 09	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	17-Mar-16	17-Mar-16								
Cerco Perimétrico	Empalma 08	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	17-Mar-16	17-Mar-16								
Cerco Perimétrico	Empalma 07	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	17-Mar-16	17-Mar-16								
Cerco Perimétrico	Empalma 06	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	16-Mar-16	16-Mar-16								
Cerco Perimétrico	Empalma 05	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	16-Mar-16	16-Mar-16								
Cerco Perimétrico	Empalma 04	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	16-Mar-16	16-Mar-16								
Cerco Perimétrico	Empalma 03	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	15-Mar-16	15-Mar-16								
Cerco Perimétrico	Empalma 02	Lado Izquierdo	Concreto Cementos	m3	2,74	N	15-Mar-16	15-Mar-16								

Page 1 of 11

TASK filter: SEMANA 67.

© Oracle Corporation

Paso 4: Para acelerar el proceso de desarrollo de las hojas tarea en las siguientes semanas es necesario guardar el formato de la plataforma de trabajo mediante un “Layout”.

Actividades		Proyectos																																	
Layout: PPC																		Filter All: Semana 72																	
Activity ID	1Capataz	1Estructura	1UC's	1Cod Elemento	1Servicio	1Unid	Budgeted Material Cost	1Turn	Start	Finish	Activity % Complete				Fri			Sat	Sun																
A101447	PIRES	PARADES DE GALERIA	UC 56	1100	Imp pared galeria	m2	140.08	D	21-Mar-16	09-May-16	75%																								
A102042	REYNALDO / PERCY	PARADES DE GALERIA	UC 57	1100F	Curado	%	100.00	DN	22-Apr-16	23-Apr-16	14.29%																								
A102043	GIL / SERVANDO	PARADES DE GALERIA	UC 57	1100F	Desencofrado	%	100.00	DN	20-Apr-16	20-Apr-16	0%																								
A101759	REYNALDO / PERCY	PARADES	UC 57	1200	Curado	%	100.00	DN	12-Apr-16	18-Apr-16	85.71%																								
A101456	PIRES	PARADES DE GALERIA	UC 56	1600	Imp pared galeria	m2	140.08	D	22-Mar-16	25-Apr-16	66.67%																								
A101568	PIRES	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 56	2100	Imper Pared Central + LSG	m2	160.61		21-Mar-16	09-May-16	75%																								
A101579	PIRES	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 56	2500	Imper Pared Central + LSG	m2	160.61		22-Mar-16	10-May-16	66.67%																								
A101824	SEGUNDO	LOSA FONDO GALERIA	UC 57	4100	Trat Fisura Zapata	%	100.00	D	18-Apr-16	19-Apr-16	0%																								
A101840	SEGUNDO	LOSA FONDO GALERIA	UC 57	4500	Trat Fisura Zapata	%	100.00	D	20-Apr-16	21-Apr-16	0%																								
A101843	SEGUNDO	LOSA FONDO GALERIA	UC 57	4500	Trat Fisura Pared Central	%	100.00	D	22-Apr-16	23-Apr-16	0%																								
A101638	APONTE	LOSA SUPERIOR	UC 53	2200/2300/2	Relleno Losa Superior Tunnel	m3	5,828.00		13-Apr-16	20-Apr-16	30%																								
A101652	APONTE	LOSA SUPERIOR	UC 54	2200/2300/2	Relleno Losa Superior Tunnel	m3	4,722.00		14-Apr-16	22-Apr-16	30%																								
A101666	ANTONIO / APONTE	LOSA SUPERIOR	UC 55	2200/2300/2	Relleno Losa Superior Tunnel	m3	3,756.00		14-Apr-16	25-Apr-16	30%																								
A101680	ANTONIO / APONTE	LOSA SUPERIOR	UC 56	2200/2300/2	Relleno Losa Superior Tunnel	m3	2,686.00		13-Apr-16	25-Apr-16	40%																								
Activity ID	1Capataz	1Estructura	1UC's	1Cod Elemento	1Servicio	1Unid	Budgeted Material Cost	1Turn	Start	Finish	Activity % Complete	Costo de materiales			Fri			Sat	Sun																
A101447	PIRES	PARADES DE GALERIA	UC 56	1100	Imp pared galeria	m2	140.08	D	21-Mar-16	09-May-16	75%																								
A102042	REYNALDO / PERCY	PARADES DE GALERIA	UC 57	1100F	Curado	%	100.00	DN	22-Apr-16	23-Apr-16	14.29%																								
A102043	GIL / SERVANDO	PARADES DE GALERIA	UC 57	1100F	Desencofrado	%	100.00	DN	20-Apr-16	20-Apr-16	0%																								
A101759	REYNALDO / PERCY	PARADES	UC 57	1200	Curado	%	100.00	DN	12-Apr-16	18-Apr-16	85.71%																								
A101456	PIRES	PARADES DE GALERIA	UC 56	1600	Imp pared galeria	m2	140.08	D	22-Mar-16	25-Apr-16	66.67%																								
A101568	PIRES	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 56	2100	Imper Pared Central + LSG	m2	160.61		21-Mar-16	09-May-16	75%																								
A101579	PIRES	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 56	2500	Imper Pared Central + LSG	m2	160.61		22-Mar-16	10-May-16	66.67%																								
A101824	SEGUNDO	LOSA FONDO GALERIA	UC 57	4100	Trat Fisura Zapata	%	100.00	D	18-Apr-16	19-Apr-16	0%																								
A101840	SEGUNDO	LOSA FONDO GALERIA	UC 57	4500	Trat Fisura Zapata	%	100.00	D	20-Apr-16	21-Apr-16	0%																								
A101843	SEGUNDO	LOSA FONDO GALERIA	UC 57	4500	Trat Fisura Pared Central	%	100.00	D	22-Apr-16	23-Apr-16	0																								

[illegible]

146

Responsable:

Ingeniero de Producción

Alcance:

El Ingeniero de Producción recopila y envía al área de planeamiento todos los datos de avances físicos realizados en su frente de trabajo durante la semana. La información es consolidada sobre las hojas tarea.

Descripción del Proceso:

Emitidas las hojas tarea, estas son publicadas en los paneles de gestión visual de los diferentes frentes de trabajo. A partir de las reuniones diarias de Check In - Check Out durante la semana, el ingeniero de frente valida las actividades que se van realizando sobre las hojas tarea, ya sean actividades previstas en la programación o fuera de la programación. En vista de que las siguientes etapas del ciclo requieren de tiempo para el trabajo de las informaciones, el ingeniero de frente deberá reportar los avances reales realizados de lunes a viernes y estimar con alto grado de confiabilidad los avances que se harán en los últimos días de la semana.

Figura 1: *Panel de Gestión Visual Frente Sur*

Figura 2: Hoja Tarea con reporte de avances en el Check-Out

Actualización de Cronogramas Pull Planning

Responsable:

Ingeniero responsable de la Programación Semanal

Alcance:

Una vez reportados los avances por parte del Área de Producción, el responsable de las programaciones actualiza las actividades realizadas durante la semana en el cronograma pull-planning (software Primavera P6).

Descripción del Proceso:

Paso 1: Identificar, en las hojas tarea retornadas, todas las actividades realizadas ya sea dentro o fuera de la programación.

Paso 2: En el software Primavera P6 se debe seleccionar la actividad a la que se dará avance.

Luego, en la barra de herramientas se debe dar click sobre el icono de “Details” . A continuación, aparecerá en la parte inferior diversas pestañas que muestran detalles de la actividad seleccionada.

Paso 3: Seleccionar la pestaña “Status”. Si la actividad inició, se debe marcar el icono y definimos la fecha correspondiente. Si la actividad aún no finalizó entonces se debe insertar el **porcentaje de duración** consumida de la actividad en la siguiente celda **Duration %** . Finalmente en caso de que la actividad haya finalizado entonces se debe dar click sobre el icono y definir la fecha correspondiente.

Se debe seguir este mismo proceso para dar avance a todas las actividades realizadas. Una vez que se termine se tiene que actualizar el sistema, para ello en la barra de herramientas buscamos el icono “Schedule” , al hacer click sobre este aparece la siguiente ventana.

Aquí se debe definir la fecha del “Current Data Date” y hacer click sobre el botón “Schedule”

“Current Data Date” es la fecha de corte para la actualización, es decir, la fecha hasta la que se reportaron los avances y a partir de la cual se reprogramaran las actividades en proceso y las no iniciadas.

***Nota:** Esta metodología actualización de avances ayuda también para no programar trabajos ya realizados en la siguiente semana.*

Emisión de Reportes de Avance de Producción y Cálculo de PPC

Responsables:

Ingeniero de Producción

Ingeniero Responsable de Programación

Alcance:

Una vez que se tiene actualizado los avances de la semana en el Primavera P6 el responsable de la programación emite el reporte de avance semanal de producción y calcula el PPC. Luego de obtener los resultados de la semana estos son revisados y aprobados por el ingeniero de producción.

Descripción del Proceso:

Paso 1: Una vez actualizado el cronograma en el software Primavera P6, a partir del Layout PPC exportamos a excel las actividades realizadas utilizando el filtro de la semana correspondiente:

Paso 2: Una vez que tenemos la información en Excel, empleamos una fórmula con la función “=consultav” para buscar mediante el ID de actividad cuales de las actividades programadas para la semana fueron realizadas y en cuanto porcentaje, asimismo se identifican las actividades realizadas fuera de la programación, estas no se consideran en el cálculo del PPC pero si son incluidos en el reporte de avance de producción semanal; seguidamente realizamos la diferencia entre el porcentaje actual acumulado y el porcentaje acumulado de la semana anterior.

[illegible]

El cálculo de PPC se basa en la relación entre la cantidad de servicios ejecutados y la cantidad de servicios programados durante la semana.

X6																		=SI(AB6>=S6,W6,AA6*W6)																			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB										
																		PROGRAMADO						REALIZADO													
ID de actividad		1Capazat	1Estructura	1UC's	1Cod Elemento	1Servicio	1Unidad	Presupuesto o Costo de materiales	1Turno	Turnos	% Prog	P	R	% Real Acum S70	% Real Acum S71	% Avance S71																					
6	A101525	APONTE	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 54	2100 (1/3)	Relleno Hasta Techo Tunnel	m3	1,065.00		4	100%	2	2	0%	100%	100%																					
7	A102065	APONTE	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 54	2500 (1/3)	Relleno Hasta Techo Tunnel	m3	1,065.00		4	100%	2	2	0%	100%	100%																					
8	A102039	JAICO	PAREDES DE GALERIA	UC 57	1100F	Armado	m3	100.00	DN	2	50%	1	1	0%	100%	100%																					
9	A101758	RAFAEL / VALENCIA	PAREDES	UC 57	1200	Concreto	m3	213.00	N	1	100%	1	1	0%	100%	100%																					
10	A101759	REYNALDO / PERCY	PAREDES	UC 57	1200	Curado	m3	100.00	N	12	86%	6	6	0%	86%	86%																					
11	A101760	GIL / SERVANDO	PAREDES	UC 57	1200	Desencofrado	m2	485.90	DN	4	100%	2	2	0%	100%	100%																					
12	A101768	REYNALDO / PERCY	PAREDES	UC 57	1300	Curado	m3	100.00	DN	8	57%	4	4	43%	100%	57%																					
13	A101769	GIL / SERVANDO	PAREDES	UC 57	1300	Desencofrado	m2	485.90	DN	4	100%	2	2	0%	100%	100%																					
14	A101777	REYNALDO / PERCY	PAREDES	UC 57	1400	Curado	m3	100.00	DN	10	71%	5	5	29%	100%	71%																					
15	A101778	JESUS / PEÑALOZA	PAREDES	UC 57	1400	Desencofrado	m2	485.90	DN	4	100%	2	2	0%	100%	100%																					
16	A101786	REYNALDO / PERCY	PAREDES	UC 57	1500	Curado	m3	100.00	DN	8	57%	4	4	43%	100%	57%																					
17	A101787	JESUS / PEÑALOZA	PAREDES	UC 57	1500	Desencofrado	m2	485.90	DN	4	100%	2	2	0%	100%	100%																					
18	A100770	APONTE	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 52	2100	Relleno Hasta Techo Tunnel	m3	1,745.00	DN	4	67%	2	2	0%	100%	100%																					
19	A101503	APONTE	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 53	2100	Relleno Hasta Techo Tunnel	m3	1,645.00	DN	4	100%	2	2	0%	100%	100%																					
20	A101972	SEGUNDO	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 53	2300	Amolado pared	m3	100.00	D	2	100%	2	2	0%	100%	100%																					
21	A101514	APONTE	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 53	2500	Relleno Hasta Techo Tunnel	m3	1,645.00	DN	4	100%	2	2	0%	100%	100%																					
22	A102068	APONTE	LOSA SUPERIOR GALERIA	UC 52	2500	Relleno Hasta Techo Tunnel	m3	1,750.00	DN	4	67%	2	2	0%	100%	100%																					
23	A100274	RAFAEL / VALENCIA	LOSA SUPERIOR	UC 52	2200/2300/2400	Relleno Losa Superior Tunnel	m3	8,070.00	D	6	100%	6	6	0%	100%	100%																					
24	A101679	RAFAEL / VALENCIA	LOSA SUPERIOR	UC 56	2200/2300/2400	Proteccion mecanica	m3	84.42	D	2	100%	1	1	0%	100%	100%																					
25	S100141	CARLOS MORENO	LOSA DE FONDO	UC 58	100/200/300/400/500	Transporte Acero	Ton	204.18	D	2	100%	2	2	0%	100%	100%																					
26	S100146	PIRES	LOSA DE FONDO	UC 58	100/200/300/400/500	Imp losa fondo	m2	1,866.00	D	3	100%	3	3	0%	100%	100%																					
27	S100155	RUBIO	LOSA DE FONDO	UC 59	100/200/300/400/500	Excavacion	m3	15,758.00	D	3	60%	3	3	0%	100%	100%																					
28	S100157	RUBIO	LOSA DE FONDO	UC 59	100/200/300/400/500	Nivelado	m2	1,866.00	D	1	0%	-	-	0%	100%	100%																					
29	S100158	GIL	LOSA DE FONDO	UC 59	100/200/300/400/500	Encofrado lateral	m2	81.90	D	1	100%	1	1	0%	100%	100%																					
30	S100159	PIRES	LOSA DE FONDO	UC 59	100/200/300/400/500	Imp losa fondo	m2	1,866.00	D	1	33%	1	1	0%	33%	33%																					
31	S100147	RAFAEL/VALENCIA	LOSA DE FONDO	UC 58	100/200/300/400/500	Proteccion mecanica	m3	130.62	N	1	100%	1	1	0%	100%	100%																					
32	S100148	JAICO	LOSA DE FONDO	UC 58	100/200/300/400/500	Armado	Ton	204.18	DN	6	60%	3	3	0%	60%	60%																					
												64	62																								

Paso 3: Luego de tener los datos anteriores construimos una tabla dinámica para tener el PPC por capataz y por responsable.

PPC de Capataces

Etiquetas de fila	Suma de P	Suma de R	Suma de PPC
PIRES	4	4	100.0
RAFAEL / VALENCIA	2	2	100.0
SEGUNDO	2	0	-
JESUS / PEÑALOZA	4	4	100.0
CARLOS MORENO	2	2	100.0
JAICO	4	4	100.0
RUBIO	3	3	100.0
APONTE	18	18	100.0
REYNALDO / PERCY	19	19	100.0
TELMO	41	30	72
GIL	1	1	100.0
GIL / SERVANDO	4	4	100.0
RAFAEL/VALENCIA	1	1	100.0
Total general	105	91.594	87

PPC de Supervisores

Etiquetas de fila	Suma de P	Suma de R	Suma de PPC
CHAMORRO	21	21	100
PALACIOS	10	10	100
PIRES	4	4	100
RICHARD	23	21	91
JOEL	2	2	100
PELAEZ	41	29.594	72
JAICO	4	4	100
Total general	105	91.594	87

PPC de Encargados de Frentes

Etiquetas de fila	Suma de P	Suma de R	Suma de PPC
OTAVIO	84	70.594	84
CHAMORRO	21	21	100
Total general	105	91.594	87

Paso 4: Con los datos obtenidos se construye un cuadro de indicadores en el formato ya establecido.

ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN: 11/04/2016
PPC - INDICADOR DE ADHERENCIA DE LA PRODUCCIÓN A LA PLANIFICACIÓN
Semana 71 11/04 AL 17/04

PPC SEMANAL - TÚNEL								
Responsable	Función y Responsabilidades	Semana 66	Semana 67	Semana 68	Semana 69	Semana 70	Semana 71	
		07/03 AL 13/03	14/03 AL 20/03	21/03 AL 27/03	28/03 AL 03/04	04/04 AL 10/04	11/04 AL 17/04	
		% de adherencia	% de adherencia	% de adherencia	% de adherencia	% de adherencia	% de adherencia
Gerente de Producción	98	93	97	92	65	87

Ing. de Produccion	97	95	97	94	65	84

Jefe de Produccion	97	95	97	94	65	84

Supervisor de Acero	100	100	100	100		100

Supervisor Civil II	100	100	100	100	79	96

Supervisor de Encofrado I	100	100	100	100	90	100

Supervisor de Concreto, Amolado e Impermeabilización I	100	100	100	100	69	91

Capataz de Impermeabilización	100	100	100	100	100	100