UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE POSTGRADO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN DIRECCION EN LA CONSTRUCCION

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN

CONSTRUCCIÓN DE PUENTES METÁLICOS

CASO: CONSTRUCCIÓN DE PUENTE MUYUNA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para optar el grado académico de Maestro en Dirección de la Construcción

AUTORES

Campos Deza, Carlos Javier Germán (0000-0002-5724-5004)

Guadaña Chacón, Oscar Alcibíades (0000-0003-3740-647X)

ASESOR

Uehara Yagi, José Daniel (0000-0004-9190-6443)

Lima, 12 de Noviembre de 2019

Resumen

Actualmente en nuestro país se vienen realizando obras de infraestructura de gran envergadura, las cuales en las empresas constructoras reflejan principalmente dos grandes problemas, el primero se asocia con el incumplimiento de los plazos, lo cuales son infringidos, generando insatisfacción en el cliente y la población. El segundo problema está asociado con los sobrecostos quienes en la mayoría de los casos superan a los costos previstos iniciales que trascienden en consecuentes pérdidas tanto para la empresa constructora como para el estado.

Con la incorporación de nuevas herramientas y metodologías de trabajo se busca principalmente reducir el impacto de estos factores en la producción, en donde utilizaremos la metodología Last Planner Sistem, utilizada en la planificación de proyectos y basada en los principios de la filosofía Lean Construction. Esta metodología se utiliza en mayor parte en la construcción de edificaciones dando excelentes resultados. Aun es poco utilizado en la construcción de infraestructura, en nuestro caso puentes.

Con esta de tesis analizaremos los flujos de productividad que intervienen en los diferentes procesos de ejecución aplicando la metodología de gestión Last Planner Sistem para este tipo de proyectos en las etapas (planificación y ejecución). Para ello nuestra propuesta de implementación se centra en el análisis e integrando un flujo continuo en todas las etapas de la ejecución del puente Muyuna. Además de calcular la desviación del plazo durante la ejecución e identificar y analizar las restricciones y las causas de no cumplimiento (CNC) y los incidentes que afectaron al PAC (porcentaje de actividades completadas).

Por tanto, como resultado de nuestra investigación afirmaremos un mejor desempeño en la ejecución de puentes aplicando el Last Planner, el cual nos asegura una menor desviación de plazo costo y calidad de acuerdo a los indicadores obtenidos brindando las recomendaciones para su aplicación las cuales representan oportunidades de mejora continua en los futuros puentes a construir ya que se demuestra la eficiencia de la aplicación del Sistema Last Planner.

Palabras clave. Incumplimiento de plazos, Sobrecostos, Metodología de gestión, Last Planner Sistem.

Abstract

Currently in our country large infrastructure works will be produced, which in construction companies will be mainly two major problems, first it will be associated with the breach of deadlines, which are infringed, generating dissatisfaction in the customer and the population. The second problem is associated with cost overruns, which in most cases outweigh the initial pre-costs that result in consequent losses for both the construction company and the state.

With the update of new tools and work methodologies, it is mainly sought to reduce the impact of these factors on production, where we use the Last Planner Sistem methodology, detect in project planning and based on the principles of the Lean Construction philosophy . This methodology is used mostly in the construction of buildings giving excellent results. It is still little used in infrastructure construction, in our case bridges.

With this test, we will analyze the productivity changes involved in the different execution processes by applying the Last Planner Sistem management methodology for this type of project in the stages (planning and execution). To do this, our implementation proposal focuses on the analysis and integrating a continuous flow at all stages of the execution of the Muyuna bridge. In addition to calculating the deviation of the term during the execution and identifying and analyzing the restrictions and the causes of non-compliance (CNC) and the incidents that affect the PAC (percentage of complete activities).

Therefore, as a result of our research we affirm a better performance in the execution of bridges by applying the latest planner, which ensures a lower deviation of cost and quality term according to the indicators that provide the recommendations for its application which represent the opportunities for continuous improvement in future bridges to be built since the efficiency of the application of the Last Planner System is demonstrated.

Keywords. Breach of deadlines, Cost overruns, Management methodology, Last Planner Sistem.

Dedicatoria

Doy las gracias a Dios por permitirme tener vida, salud y poder haber realizado esta gran meta. Dedico este trabajo con mucho cariño e inmensa gratitud a Walter Campos Díaz, mi padre; a Marisella Deza de Campos, mi madre; a mi esposa Areli Medina Chanamé por amor y comprensión y a mis hijas Luciana y Fernanda. Todos ustedes son la razón de mi existencia.

Carlos.

Gracias Dios por bendecirme con salud y sabiduría para lograr mis objetivos académicos y de poder seguir desarrollándome en mi carrera. A mi Madre Cristina Chacón Lozano y mi Padre Asunción Guadaña Sánchez, por su incondicional apoyo a lo largo de mi carrera. A mi esposa e hijos por su comprensión respecto al tiempo que no pude dedicarles en esta etapa; todo es por ellos.

Oscar.

Índice de contenido

RESUMEN.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	2
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	5
1.4.1 <i>Alcances</i>	5
1.4.2. <i>Limitaciones</i>	6
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. INTRODUCCIÓN A LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO	7
2.2. PROCESO DE PLANIFICACIÓN.....	8
2.3. TIPOS DE PLANIFICACIÓN	9
2.3.1. <i>Planificación maestra</i>	9
2.3.2. <i>Planificación intermedia</i>	9
2.3.3. <i>Planificación operacional</i>	9
2.4. FILOSOFÍA LEAN.....	9
2.5. ORIGEN DEL PENSAMIENTO LEAN.....	11
2.6. ORIGEN DE LEAN CONSTRUCTION.....	12
2.6.1 <i>Triangulo Lean</i>	13
2.7. LEAN CONSTRUCTION EN EL MUNDO.....	14

2.8. IMPLEMENTACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION.....	16
2.8.1 Conceptos básicos del Lean Construction.....	18
2.8.2. Tipos de trabajo.	18
2.8.3. Variabilidad.....	18
2.8.3.1. Variabilidad natural.....	20
2.8.3.2. Variabilidad inducida.....	20
2.8.3.3. Variabilidad debido a paralizaciones previstas	20
2.8.3.4. Variabilidad por retrabajos.....	20
2.8.4. Estrategias para el manejo de la variabilidad	20
2.9. EL SISTEMA LAST PLANNER Y PLANIFICACIÓN DE OBRAS.....	21
2.9.1. Planificación tradicional.....	23
2.9.2. Planificación mediante el sistema Last Planner.....	23
2.9.3.1. Planificación maestra.....	25
2.9.3.2. Planificación por fases.....	25
2.9.3.3. Planificación Lookahead	25
2.10. Definición de las actividades.....	27
2.10.1. Análisis de restricciones.....	28
2.10.2. Equilibrio entre carga y capacidad	30
2.10.3. Planificación semanal.....	30
2.11. Porcentaje de actividades completadas y razones de no cumplimiento	31
CAPÍTULO III. HIPÓTESIS Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.1 HIPÓTESIS	33
3.2 METODOLOGÍA.....	33
CAPÍTULO IV. MARCO REFERENCIAL	33
4.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	35
4.2 EL PROYECTO.....	35
4.2.1 Datos generales del proyecto puente Naña	37
4.2.2 Antecedentes del proyecto	38

4.2.3 Ubicación del proyecto.....	38
4.2.4 Situación del puente Ñaña antes de la construcción.....	39
4.2.6 Organigrama de ejecución del puente Ñaña	40
4.2.7 Presupuesto del puente Ñaña.....	43
4.2.8 Programa de obra	44
4.2.9 Modelo de gestión actual de ejecución de obra.....	46
4.2.10 Gestión A3 del proyecto puente Ñaña	51
4.2.11 Lecciones aprendidas del puente Ñaña	53
4.2.12 Evaluación económica al cierre del proyecto	54
CAPÍTULO V. PROPUESTA DE VALOR	55
5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO	55
5.1.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	55
5.1.2 DATOS IMPORTANTES DEL PROYECTO.....	56
5.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER	59
5.2.1. Presupuesto de implementación del Last Planner.....	60
5.2.2. Cronograma Maestro incluyendo implementación del LPS	61
5.2.3. Comparativo de construcción sin Last Planner y con Last Planner	62
5.2.4. Alcance de mejora del sistema de control Last Planner	63
5.2.5. Planes de acción en la propuesta de implementación del sistema Last Planner	64
5.2.6. Planificación Lookahead.....	66
5.2.7. Análisis de Restricciones.	67
5.2.8. Análisis de variabilidad del proyecto.....	69
5.3. INDICADORES DE GESTIÓN.....	70
5.3.1 Porcentaje de plan completo	70
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....	72
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS.....	79

ANEXO I	79
ANEXO II	80
ANEXO III.....	81
ANEXO IV	82
ANEXO V	83

Índice de Imágenes

Imagen II. 1. Países con alta participación Lean	15
Imagen II. 2. Países con alta participación Lean	15
Imagen II. 3. Países donde se está iniciando la participación Lean	16
Imagen II. 4. Países donde se está iniciando la Participación Lean.....	16
Imagen IV. 1. Vista de Elevación del Puente Ñaña.....	36
Imagen IV. 2. Vista de sección transversal del Puente Ñaña.....	36
Imagen IV. 3. Vista 3D del Puente Ñaña.....	37
Imagen IV. 4. Esquema de ubicación del Puente Ñaña	39
Imagen IV. 5. Vista de Puente Ñaña existente.....	40
Imagen IV. 6. Portada del documento sistema de control de obra versión 6.....	46
Imagen IV. 7. Índice del documento Sistema de control de obra versión 6	47
Imagen IV. 8. Sistema de control de obra versión 6.....	48
Imagen IV. 9. Sistema de control de obra versión 6.....	49
Imagen IV. 10. Sistema de control de obra versión 6.....	50
Imagen IV. 11. Sistema de control de obra versión 6.....	50
Imagen IV. 12. Gestión A3 del proyecto Puente Ñaña – parte I	51
Imagen IV. 13. Gestión A3 del proyecto Puente Ñaña – parte II	52
Imagen V. 1 Ubicación del puente La Muyuna	55
Imagen V. 2. Vista de elevación del Puente La Muyuna.....	57
Imagen V. 3. Vista de 3D del Puente La Muyuna	57
Imagen V. 4. Vista del Puente provisional La Muyuna	58
Imagen V. 5. Vista de Desvío Provisional La Muyuna	58

Índice de tablas

Tabla IV. 1. Presupuesto del puente Ñaña.....	43
Tabla IV. 2. Programa de obra.....	44
Tabla IV. 3. Cronograma de ejecución de obra construcción del puente Ñaña y accesos.....	45
Tabla IV. 4. Lecciones aprendidas del Puente Ñaña	53
Tabla V. 1. Costo Implementación LPS	60
Tabla V. 2. Cronograma Maestro incluyendo implementación del LPS	61
Tabla V. 3. Comparativo con y sin LPS	62
Tabla V. 4. Ciclograma, obra n°03 – construcción depuentes por reemplazo en Cajamarca – puente Muyuna.....	64
Tabla V. 5. Tren de actividades de ejecución	65
Tabla V. 6. Planificación Lookahead 4 Semanas	66
Tabla V. 7. Análisis de restricciones	68
Tabla V. 8. Análisis de fuentes de variabilidad	69
Tabla V. 9. Porcentaje de plan completo, parte - I	70
Tabla V. 10. Porcentaje de plan completo, parte - II	71

Índice de gráficos

Gráfico II. 1. Esquema de objetivos bajo la filosofía Lean	10
Gráfico II. 2. Evolución de los sistemas de producción	13
Gráfico II. 3. Triangulo Lean.....	14
Gráfico II. 4. Esquema del Procedimiento del Sistema Last Planner	24
Gráfico III. 1. Esquema de metodología de investigación.....	34
Gráfico IV. 1. EDT del Puente Ñaña	41
Gráfico IV. 2. Organigrama de ejecución del Puente Ñaña.....	42
Gráfico V. 1. Esquema general del sistema Last Planner	59

Introducción

La gestión de la ejecución de proyectos de infraestructuras es una disciplina que busca asegurar que el diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento y sus servicios sean capaces de funcionar de la forma más eficiente posible, sin perjudicar a los usuarios externos como internos. Esto implica garantizar infraestructuras seguras, saludables y entornos de trabajo eficiente para todos. Para lograr esto se requiere comprometer a todos los equipos del proyecto en planificar de forma eficiente, a fin de resolver las ineficiencias que puedan surgir en el flujo de construcción y con el aumento de la confiabilidad del mismo. Dentro de este escenario es que existen nuevas metodologías que nos permiten enfrentar los proyectos con mayor colaboración (menos fragmentación de la información y los participantes) y por sobre todo una mejor comunicación. Este último factor es fundamental a la hora de transparentar y explicar con claridad el flujo de producción de un proyecto a todos los participantes de éste; contratistas, ing. de campo, ing. calidad, residente, supervisores, especialistas, etc.

En la presente tesis analizaremos todos los datos e información obtenida de anteriores proyectos de puentes que la empresa ha realizado como por ejemplo las Lecciones Aprendidas, Identificación de Problemas (formato A3) y Resultados Operativos entre otros, con esta metodología implementada en la ejecución de Edificaciones, vamos a trasladar todo el conocimiento de las buenas prácticas a fin de lograr optimizar los recursos y mejorar la productividad en los futuros proyectos de puentes a construir.

Capítulo I. Aspectos Generales

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El rubro de la construcción en el Perú viene creciendo significativamente debido a la falta de infraestructura existente, por lo que en los últimos años se han venido aplicando políticas de inversión en obras de infraestructura de gran envergadura en nuestro país. Asimismo, al estar inmersos dentro de un proceso de globalización general el cual abarca a la mayoría de sectores productivos, donde las tecnologías e industrialización avanzan a pasos agigantados, nos colocan en un entorno del cual tenemos poca o nula experiencia en desarrollar estos proyectos de infraestructura adecuadamente.

Luego de ocurrido el fenómeno del Niño costero en el país en Abril del 2017, del total de 180 puentes caídos, aproximadamente un 70 % colapsaron por un mal diseño y la cantidad restante por falta de mantenimiento, dentro de la problemática que existe, gran porcentaje está relacionado a temas hidráulicos que a tema de estructuras, y la importancia de las defensas ribereñas en importantes obras de infraestructura vial (RPP, 2018).

Esto nos llevaría a considerar que debemos tratar con mayor amplitud la ejecución de este tipo de Obras y lo que conlleva a una ejecución de calidad y cumpliendo con los plazos contractuales, ya que si esto no se controla los afectados directos serían los usuarios finales, posteriormente los afectados serían la Entidad y el Contratista hasta que se resuelva mediante diversos medios, la causa y los responsables del origen del no cumplimiento del plazo. La gran mayoría de empresas constructoras en el país, se rigen por un sistema de construcción tradicional en la ejecución de puentes, con procedimientos constructivos ineficientes lo que se traduce en un bajo nivel de productividad.

La presente tesis contempla el estudio y análisis de la información de los diferentes problemas y Variabilidades que se presentaron durante la ejecución del Puente Ñaña (puente metálico tipo arco).

Asimismo, con la información obtenida del proyecto anterior implementaremos el Sistema Last Planner para la construcción del Puente Muyuna ya que tiene una semejanza con el Puente Ñaña para nuestro caso de estudio, el cual forma parte de un paquete de puentes por reemplazo en Cajamarca, por encargo de la entidad PROVIAS Nacional. Dentro de los principales problemas en este tipo de Obras de Infraestructura se tiene:

- a) **Deficiencia en la planificación por mucha variabilidad del entorno**, lo que genera incumplimiento de los plazos establecidos, inconvenientes con el diseño estructural, falta de constructabilidad en la construcción de los puentes e interferencias y afectaciones por el desvío provisional y por el puente definitivo a cargo del contratista.
- b) **Falta de Experiencia de los profesionales en la planificación**, lo cual se refleja como una dificultad en la resolución de interferencias, afectaciones fuera de tiempo, inadecuado diseño del desvío provisional con estudio a ejecutar incompleto, fabricación de puentes metálicos (control y aprobación de plano de taller), deficiencia en los planos de montaje (aprobación) y control de producción en obra.
- c) **Atraso en la obra**, ocasionando penalidades posteriormente y sobrecostos en gastos generales.
- d) **Indicadores cuantitativos**, pérdida de rentabilidad por penalidades, indicadores de Gestión del Last Planner e indicadores de mejora de producción (PPC Porcentaje de Plan Cumplido).

Es por ello que es importante una adecuada metodología de gestión para la ejecución de recursos, procesos idóneos, los cuales han funcionado adecuadamente al emplear estas nuevas tendencias como es el caso de la Filosofía Lean Construction – Last Planner Sistem.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Implementación del Sistema Last Planner en la construcción del puente Muyuna (puente metálico tipo arco), utilizando la información y datos obtenidos de la construcción tradicional del puente Ñaña, tomando como caso de estudio ambos proyectos de la constructora. El puente Ñaña ya ejecutado y el puente Muyuna por ejecutar.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Definir los procesos de implementación del sistema Last Planner en la construcción del puente Muyuna.
- b) Describir las lecciones aprendidas más representativas resultado de la ejecución del Puente Ñaña, mostrando indicadores y recomendaciones para tenerlos en cuenta en otros proyectos similares.
- c) Establecer el uso del Ciclograma como sistema de planificación de las actividades de un proyecto, permitiendo tener un mayor control durante la ejecución de Obras, el cual se complementa con la implementación del Last Planner.
- d) Importancia del uso de los análisis de restricciones y variabilidades en este tipo de proyectos de infraestructura vial.

1.3. Justificación e importancia

Como se mencionó anteriormente, en el entorno globalizado que nos encontramos debido al crecimiento acelerado de los proyectos de inversión en nuestro país, existe la necesidad de implantar nuevas metodologías.

Uno de los principales problemas en el sector construcción y en este tipo de obras de infraestructura vial son:

a) **El Incumplimiento de plazos contractuales**

Frente a ello ejecutar obras mediante un sistema tradicional y contando con personal capacitado, no es la solución al problema. Se tiene que optar por implementar otros sistemas que ayuden a reducir los plazos de Ejecución de estas construcciones como ya en otros países lo están aplicando.

Cabe mencionar que el incumplimiento de plazos conlleva a sobrecostos en Obra, tanto directos como Indirectos, reduce la rentabilidad, pagos de penalización y retrasos.

Por tanto, la pérdida de recursos económicos por parte de la mayoría de empresas dedicadas al rubro de la construcción se debe a una ineficiente gestión de los proyectos, por lo cual, estas buscan día a día ser más eficientes y rentables en todas las actividades que desarrollan.

Alcanzar los objetivos planteados en plazo, costo y calidad con los menores riesgos posibles, se vuelven cada día, en cada proyecto, una imperiosa necesidad a fin de lograr mayor desarrollo para el país.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1 Alcances

- a) En la actualidad la Empresa se encuentra en reorganización de sus diferentes áreas en oficina central y en las obras se deja a criterio de cada responsable la planificación y control, ocasionando dificultades en las diferentes áreas.
- b) En este caso en la presente tesis se desarrollarán los beneficios de realizar una implementación del Last Planner Sistem en la gestión y procesos para la etapa de ejecución de la construcción del Puente Ñaña a fin de identificar los sobre

procesos y reducir significativamente la variabilidad que se presentan por lo general en las obras bajo la metodología tradicional de construcción.

- c) El estudio sobre la influencia de las restricciones en el flujo de producción es uno de los parámetros esenciales para que se pueda ejecutar y cumplir con la planificación planteada. Por ello, la importancia de contar con una herramienta que ayude en la optimización de los flujos de trabajo.

1.4.2. Limitaciones

- a) El limitado acceso a la información dentro de la empresa.
- b) El nulo acercamiento con la metodología a emplear en la presente tesis por parte de los miembros del grupo.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1. Introducción a la Planificación de un Proyecto

Al momento de comenzar un proyecto, es necesario tener claros los objetivos en cuanto a costos, tiempo y calidad de este. Para ayudar al planificador en esta tarea, se debe realizar un plan de trabajo para lograr un uso adecuado de los recursos disponibles. Sin embargo, existen planificadores renuentes a prepararlos por falta de tiempo o porque creen que pueden manejar las situaciones a medida que se originan, llevando muchas veces al fracaso el proyecto (Serpell & Alarcon, 2001).

No obstante, aun cuando se ha fijado una planificación, existen diferentes razones por las cuales el proyecto puede fracasar y estas pueden ser: falta de compromiso de algún miembro del equipo, prioridades inapropiadas, falta de comunicación, mala definición de los objetivos, falta de división del proyecto en etapas, programa poco realista, programa financiero demasiado ajustado, mala asignación de mano de obra, entre otras (Serpell & Alarcon, 2001).

Para lograr desarrollar un adecuado plan de trabajo es necesario plantearse y contestar las preguntas: Qué, Cómo, Por qué, Quién, Dónde, Cuándo, Cuánto. Estas preguntas sirven para definir de manera indirecta las etapas necesarias para la preparación de un plan de trabajo, siendo estas (Serpell & Alarcon, 2001) :

- a) Definición de los objetivos del proyecto
- b) División del proyecto en actividades
- c) Determinación de la secuencia de las actividades del proyecto.
- d) Asignación de responsabilidades en la ejecución de las actividades el proyecto
- e) Estimación de la duración y el costo de las actividades para desarrollar un programa del proyecto

- f) Preparación del presupuesto del proyecto
- g) Reconciliación del plan del proyecto con las restricciones de recursos, tiempo y recursos financieros.

2.2. Proceso de planificación

Cada proyecto en construcción tiene asociado una fecha de inicio y una fecha de término, las cuales se deben cumplir contractualmente, llevar la obra a cabo en el plazo correspondiente es fundamental para tener las utilidades esperadas. Para la ejecución del proyecto es necesario contar con una buena planificación, cuyas principales funciones son la organización, dirección y control de este, siendo todas igualmente importantes, para de esta manera conseguir eficiencia en cada punto (Serpell & Alarcon, 2001).

El planificador necesita de todo el equipo de construcción para anticiparse a futuros eventos y tomar decisiones adecuadas y oportunas, estableciendo un plan confiable para materializar el proyecto, saber cuánto será el costo asociado de acuerdo a la cantidad y al uso eficiente de recursos asignados, las tareas y responsabilidades que debe asignar al equipo de trabajo, manteniendo la comunicación entre todos los involucrados, desde el que estudia la propuesta hasta el último obrero y así cumplir con las metas definidas (Serpell & Alarcon, 2001).

Sin una buena planificación que sea confiable, probablemente el proyecto fracase, pues no es posible realizar un seguimiento y control adecuado, ya que no habría una comparación entre lo real y lo planeado.

Entre los profesionales de la construcción generalmente se cuestiona por lo rápido que una planificación queda obsoleta, porque se requiere mucho tiempo para su realización, o porque no provee ningún beneficio concreto (Serpell & Alarcon, 2001).

2.3. Tipos de Planificación

La planificación de un proyecto consta de tres etapas que se diferencian por su oportunidad, nivel de antecedentes, alcance, grado de detalle y vigencia durante el proceso de ejecución (Campero Quezada & Alarcón Cárdenas, 2008).

2.3.1. Planificación Maestra

Es una etapa donde se recoge toda la información que requiere el proyecto, sólo están las actividades más gruesas y el principal objetivo es contar con un informe de factibilidad de este (Campero Quezada & Alarcón Cárdenas, 2008).

2.3.2. Planificación Intermedia

En esta etapa se define el tamaño, plazo de ejecución, fechas importantes, bases generales de organización, monto de la inversión y fuentes de financiamiento. Aquí se da origen al programa maestro y presupuesto oficial, elementos fundamentales para la coordinación y control de las actividades de los diferentes grupos de trabajo (Campero Quezada & Alarcón Cárdenas, 2008).

2.3.3. Planificación operacional

Etapla donde se conforman los programas de trabajo de cada área y donde es conveniente manejar un programa general, trimestral y quincenal de trabajo (Campero Quezada & Alarcón Cárdenas, 2008).

2.4. Filosofía Lean

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean es una filosofía que trata más de una forma de pensar que una forma de hacer, se enfoca en desarrollar proyectos maximizando el valor y minimizando el desperdicio agregando valor para el cliente con menos recursos (ver gráfico II. 1). Para lograr esto, una organización debe encontrar y entender aquello que genera valor para el cliente para luego, concentrarse en el flujo del producto, y así aplicarle la mejora continua, optimizando aquellos procesos que generarán

mayor valor para el cliente y minimizando o eliminando aquellos que no lo hacen y por el contrario generarán pérdidas (Porras Diaz, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

La filosofía Lean, entonces, se enfoca en el cliente y en el flujo de producción de un producto. Dando como objetivo de optimizar y diseñar sistemas de producción para minimizar o eliminar el desperdicio de materiales y la excesiva producción de residuos, con el fin de generar la cantidad máxima de valor en la producción final (Porras Diaz, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

Fuente: (Izquierdo J. L., 2012)

Gráfico II. 1. Esquema de objetivos bajo la filosofía Lean

2.5. Origen del Pensamiento Lean

Lean Production desarrollado por Toyota Motors Company después de la Segunda Guerra Mundial, es un sistema que trabaja bajo la eliminación de pérdidas, logrando producir a bajos costos y volúmenes limitados, ya que utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: menos tiempo de fabricación, menor esfuerzo humano, inversión y espacio (Gutierrez, 2017).

A principios del siglo XX en Japón, Sakichi Toyoda, fundador del grupo empresarial Toyota, inventa un dispositivo en su telar automático que detenía el funcionamiento de éste cada vez que un hilo se rompía, permitiendo que los trabajadores se dedicaran a procedimientos de mayor valor y no estar pendientes de controlar las máquinas. Su hijo, Kiichiro Toyoda, decretó que las operaciones en la empresa no deberían tener exceso de inventarios y bajo el liderazgo de Taiichi Ohno, jefe de producción de Toyota, quien dirigió esta área entre la década del 50 y 60, desarrollaron un sistema de producción que fabrica y entrega justo lo que se necesita, cuándo y cuánto. Fue así como nace el Sistema Toyota, a partir de una necesidad: producir cantidades justas, con variedad y en condiciones de escasa demanda, en comparación con el sistema de producción en masa que triunfaba en Estados Unidos, basándose en dos pilares fundamentales, cuyo origen fue descrito anteriormente: el Jidoka, metodología japonesa que se centra en la verificación de calidad en las líneas de producción y el Just-in-Time (JIT), un sistema de flujo de información y materiales para controlar la sobreproducción (Rodriguez Castillejo, 2003).

Según la filosofía Lean, todo lo que no es valor para el cliente es desperdicio que puede ser eliminado o minimizado. Según Taiichi Ohno existen 7 desperdicios que causan la mayor parte de las interrupciones del flujo dentro de la cadena en la planta de producción que él mismo dirigía, estos son: sobreproducción, esperas o tiempo de inactividad, transporte innecesario, sobreprocesamiento, exceso de inventario, movimientos innecesarios y defectos de calidad (Gutierrez, 2017).

2.6. Origen de Lean Construction

La aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de un proyecto de construcción se conoce como Lean Construction o construcción sin pérdidas, término que fue acuñado por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993. Sin embargo, fue el finlandés Lauri Koskela en 1992 en su documento “Application of the new Production Philosophy to Construction” quien estableció los fundamentos teóricos del nuevo sistema de producción, basado en el sistema Toyota y la filosofía Lean, aplicado a la construcción (Serpell & Alarcon, 2001).

Este método busca la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno (Serpell & Alarcon, 2001).

Los principios que propone Koskela en su texto, se resumen en lo siguiente (Gutierrez, 2017):

- a) Incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor.
- b) Reducir la participación de actividades que no agregan valor.
- c) Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- d) Reducir la variabilidad.
- e) Reducir el tiempo de ciclo.
- f) Simplificar procesos.
- g) Incrementar la flexibilidad de la producción.
- h) Incrementar la transparencia de los procesos.
- i) Enfocar el control al proceso completo.

- j) Introducir la mejora continua de los procesos.
- k) Mejorar continuamente el flujo.
- l) Referenciar permanentemente los procesos (“benchmarking”).

Fuente: (Rodríguez Castillejo, 2003, pág. 4)

Gráfico II. 2. Evolución de los sistemas de producción

2.6.1 Triangulo Lean

El pensamiento Lean es principalmente añadir valor y eliminar pérdidas. Si lo viésemos como un triángulo, en cada uno de sus vértices encontraríamos (ver imagen II. 1) (Vasquez Beteta, 2018):

- a) La Filosofía, dado que Lean no es un método de control más, puesto que en sus fundamentos aparecen una serie de principios y se redefinen conceptos como valor, pérdidas o cliente.
- b) La cultura, ya que la aplicación de Lean es continua, los agentes se comprometen y es adaptable a los proyectos.

c) La tecnología, dado que es a través de herramientas es como se aplica Lean.

Fuente: (Vasquez Beteta, 2018)

Gráfico II. 3. Triangulo Lean

2.7. Lean Construction en el mundo

La Filosofía Lean Construction se desarrolla en el mundo con grandes beneficios y optimizaciones en la industria de la construcción, aquí una lista de países con alta participación en la implementación del Lean Construction antes del año 2000 (Izquierdo J. L., 2012).

Fuente: (Izquierdo J. L., 2012)

Imagen II. 1. Países con alta participación Lean

Fuente: (Izquierdo J. L., 2012)

Imagen II. 2. Países con alta participación Lean

Australia		Alemania
Canadá		Japón
Colombia		Corea
Ecuador		Luxemburgo
Egipto		México
Estonia		Países Bajos
Francia		Nueva Zelanda
India		Nigeria
Indonesia		Perú
Irán		Portugal
Israel		Rusia
		España

Fuente: (Izquierdo J. L., 2012)

Imagen II. 3. Países donde se está iniciando la participación Lean

Fuente: (Izquierdo J. L., 2012)

Imagen II. 4. Países donde se está iniciando la Participación Lean

2.8. Implementación de Lean Construction

La aplicación de este nuevo modelo productivo en la construcción surgió a nivel académico hace 20 años y a nivel de implementación se está manifestando más intensamente desde el 2007, principalmente en Estados Unidos, donde diversos estudios y análisis realizados hasta ahora revelan que las empresas que ya aplican esta filosofía de producción han obtenido altos niveles de rendimiento en cuanto a reducción de costes, incremento de la productividad, cumplimiento de los plazos de entrega, mayor calidad, incremento de seguridad, mejor gestión del riesgo y mayor grado de satisfacción del cliente. Este sistema fomenta el trabajo en equipo, mejora la comunicación, facilita la visión del conjunto de todo el proceso, ayuda a la identificación temprana de errores seguida de una resolución eficaz y rápida de problemas, y conduce hacia una mayor autogestión (Pons Achell, 2014).

En el año 2001, la Universidad Católica de Chile crea el “Centro de Excelencia en Gestión de la Producción” (GEPUC), cuyo director es Luis Alarcón Cárdenas, miembro fundador del International Group for Lean Construction (IGLC). Este centro y la Cámara Chilena de la Construcción han puesto en práctica este programa junto a una serie de empresas nacionales, con el motivo de mejorar la gestión de producción en las empresas constructoras chilenas. Estas experiencias han sido demostradas por el éxito alcanzado por las versiones europeas y norteamericanas del Lean Construction Institute (LCI) y del Lean Enterprise Institute (LEI) como medida para desarrollar investigación en gestión de producción (Campero Quezada & Alarcón Cárdenas, 2008).

En la tabla II-1 se muestra un comparativo entre el sistema de producción tradicional vs un sistema con implementación Lean.

Fuente: (Izquierdo J. L., 2012)

Tabla II-1: Ventajas entre ambos enfoques

<i>TRADICIONAL</i>	<i>LEAN</i>
El diseño de producto se termina y después empieza el diseño de proceso.	Productos y procesos son diseñados conjuntamente.
No todas las etapas del ciclo de vida del producto son consideradas durante el diseño.	Todas las etapas del ciclo de vida del producto son consideradas durante el diseño.
Las actividades se llevan a cabo tan pronto como sea posible	Las actividades se llevan a cabo al último momento responsable (last responsible moment).
Participantes acumulan gran cantidad de inventarios para proteger sus propios intereses.	“Buffers” son dimensionados y colocados estratégicamente para absorber variabilidad en el sistema de producción.
Aprendizaje ocurre esporádicamente. No es sistemático.	Aprendizaje es incorporado en el manejo de proyectos, empresas, y de las cadenas de provisión (supply chain management).

2.8.1 Conceptos básicos del Lean Construction

Lean Construction es una filosofía de trabajo sin perdidas que utiliza algunas definiciones importantes en la industria de la construcción, siendo manejada con una visión de transformación: (Izquierdo J. L., 2012)

- a) Producción: proceso de Transformación.
- b) Productividad: es la relación de lo producido entre los recursos utilizados.
- c) Rendimiento: es la cantidad producida por unidad de tiempo (velocidad de avance).

2.8.2. Tipos de trabajo

- a) **Trabajo productivo:** actividad que aporta directamente a la producción.

Ejemplo: Lanzamiento de puente

- b) **Trabajo Contributorio:** son actividades necesarias para poder ejecutar el trabajo productivo.

Ejemplo: adecuación de áreas de trabajo para el lanzamiento del puente.

- c) **Trabajo no Contributorio:** son actividades que no agregan ningún tipo de valor al flujo productivo.

Ejemplo: esperas de materiales y movilización de personal innecesario

2.8.3. Variabilidad

La Variabilidad es la ocurrencia de eventos distintos a los previstos o planeados por efectos internos o externos al sistema, es muy difundido en Ingeniería industrial, Prácticamente desconocido en los proyectos de Construcción en nuestro caso Infraestructura. Este desconocimiento nos da como consecuencia a que nos acostumbremos a convivir con los resultados indeseados y los consideremos como parte de la operación siendo así la principal fuente de pérdidas en la construcción (Vitteri Sarmiento, 2007).

Es por ello que en la actualidad los proyectos de Infraestructura vial no se puede

eliminar la variabilidad, pero se puede controlar o mitigar su impacto de tal forma que podamos integrar herramientas que nos ayuden a manejarla (Vitteri Sarmiento, 2007).

Las fuentes de variabilidad más comunes son:

- a) Cambios en ingeniería
- b) Cambios del cliente
- c) Diferentes tipos de productos en el proyecto
- d) Disponibilidad de la mano de obra
- e) Fallas mecánicas
- f) Falta de materiales
- g) Retrabajos
- h) Trabajos defectuosos
- i) Transporte de materiales
- j) Falta de información

Sin embargo, a lo que tiende esta nueva conceptualización de la construcción es a considerar nuestro sistema productivo como un flujo de trabajo, con un objetivo final que para ser alcanzado requiere muchos ciclos repetitivos idénticos, como en obras de edificaciones, movimiento de tierras, etc., básicamente realizados sobre la misma base de conocimiento acumulado con el tiempo. Así el reto está planteado para lograr mejorar y predecir nuestros tiempos de entrega con una consiguiente reducción de los costos de producción en la construcción, no será fácil y de hecho será un gran trabajo debido a las peculiaridades de la construcción descritas extraordinario (Vitteri Sarmiento, 2007).

Podemos agrupar las fuentes de variabilidad mencionadas en variabilidad natural y variabilidad inducida (Vitteri Sarmiento, 2007).

2.8.3.1. Variabilidad natural

La variabilidad natural está muy relacionada con las operaciones llevadas a cabo por personas o por causas naturales (Cambio Climáticos, Desastres naturales, etc.) son

eventos que no se pueden predecir pero suceden de una u otra forma y esto afecta al flujo de trabajo en todas las actividades de la obra es por ello que se utilizan para mitigar este tipo de variabilidad los buffers de tiempo (Vitteri Sarmiento, 2007).

2.8.3.2. Variabilidad inducida

Variabilidad debido a paralizaciones imprevistas. Es la que se produce debido a paralizaciones de trabajo imprevistas, como fallas mecánicas, falta de materiales o insumos, originado por una mala planificación o carencia de la cadena de abastecimiento, carencia de un apropiado análisis de restricciones, emergencias, etc. (Vitteri Sarmiento, 2007).

2.8.3.3. Variabilidad debido a paralizaciones previstas

Cuando se cambia de un frente de trabajo a otro, o de un lote de producción a otro, se está cumpliendo en realidad con parte del programa de avance y es inevitable hacerlo; pero sobre este tipo de paralización tenemos un cierto control pues son nuestras decisiones las que determinan el tamaño del lote de producción, el tamaño del lote de transferencia y la secuencia de los procesos (Vitteri Sarmiento, 2007).

2.8.3.4. Variabilidad por retrabajos

Cuando se tiene problemas de calidad se incurre en actividades que no agregan valor: retrabajos. Esto implica volver a trabajar algo que ya ha sido procesado porque no cumple con las especificaciones necesarias. Los retrabajos van contra la capacidad real de un proceso de trabajo y disminuyen su productividad puesto que no existe productividad sin calidad. Por ejemplo, si usualmente toma 2 horas producir 4 partes de un encofrado, y luego notamos que 1 de ellas no está conclusión, genera más congestión en la línea de producción (Vitteri Sarmiento, 2007).

2.8.4. Estrategias para el manejo de la variabilidad

Conocidos cuales son las principales causas de incumplimiento de las metas de

los proyectos de construcción, para implementar el sistema de planificación se utilizarán los siguientes criterios (Vitteri Sarmiento, 2012).

- a) Manejo y reducción del impacto de la variabilidad
- b) Uso de Buffers
- c) Sectorizar el proyecto en pequeños lotes.
- d) Entender mejor los procesos.
- e) Reducir dependencias entre procesos y actividades
- f) Reorganización de procesos
- g) Estandarizar uso de procedimientos constructivos.

2.9. El Sistema Last Planner y planificación de obras

El Sistema del Último Planificador fue desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell en el marco de los objetivos de la filosofía Lean Construction como un sistema de planificación y control de la producción para mejorar la variabilidad en las obras de construcción y reducir la incertidumbre en las actividades programadas. Básicamente el LPS es un enfoque práctico en el cual los gerentes de construcción y los jefes de equipo colaboran para preparar planes de trabajo que pueden ser ejecutados con un alto grado de fiabilidad para mejorar la estabilidad del trabajo (Porrás Díaz, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

El sistema propuesto por Ballard y Howell controla de una mejor forma la incertidumbre de la planificación al superar obstáculos como convertir la planificación en un sistema, medir el desempeño de la aplicación del sistema de planificación y analizar e identificar los errores cometidos en la planificación.

La planificación tradicional con los métodos de ruta crítica no controla la variabilidad, en cambio el LPS, al agregar un componente de control de la producción a la gestión tradicional de proyectos, puede entenderse como un mecanismo para la transformación de lo que debe hacerse en lo que se puede hacer, formando así planes de trabajos semanales a través de asignaciones.

El último planificador es la persona o grupo responsable de la planificación operativa, es decir, de la estructuración del diseño de productos para facilitar un mejor flujo de trabajo y el control de las unidades de producción, lo que equivale a la realización de los trabajos individuales en el nivel operativo. (Porrás Díaz, Sánchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

Según Glenn Ballard El Last Planner System pretende llevar los objetivos generales de proyecto a la realidad del día a día, transformando las ideas generales a programas reales subdividiendo la programación por ámbito y zonas aplicando herramientas de programación y se organiza en tres niveles: programación a largo plazo (Main Program), a medio plazo (Lookahead Program) y programación semanal o Weekly Work Plan.

La programación a largo plazo viene determinada por las condiciones del proyecto, donde se reflejan los hitos y requisitos generales. Está constituido por tareas con poco nivel de detalle, que va aumentando a medida que se reduce el plazo de la programación para cada etapa de su aplicación.

Actualmente la implementación de Last Planner System es una de las prácticas más divulgadas que ilustran la introducción de “Lean Construction” en la fase de ejecución, principalmente en empresas constructoras, en países como Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlandia, Indonesia, Australia, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador y Perú. La metodología Last Planner System supone una revolución en la construcción, dado que no se trata simplemente de otro método de control de la producción. Se introducen conceptos como la colaboración entre los diferentes agentes, se cambia la planificación de oficina por una planificación conjunta, donde todos los agentes implicados (técnicos, capataces, subcontratos, encargado de materiales, técnico en prevención de riesgos...) deciden qué, cómo y cuándo se realizarán los trabajos, consiguiendo un compromiso de los últimos planificadores (subcontratistas, capaces) del avance de las actividades que son posible realizar. En Last Planner System el cliente no sólo es el último beneficiario del producto sino

cada uno de los agentes que en la cadena de producción recibirá un subproducto (Izquierdo J. L., 2012).

2.9.1 Planificación tradicional

Esta forma de planificar se basa en elaborar una programación general de toda la obra, con un gran detalle desde su inicio hasta su fin, usando las conocidas técnicas PERT, CPM, RUTA CRÍTICA, etc., que, por lo general, al estar hechas desde el escritorio, representan un buen deseo de lo que debería hacerse; sin embargo, todos sabemos que, por diversos motivos, conforme la obra avanza, se van generando grandes diferencias con lo que realmente se HIZO (Orihuela & Ulloa, 2011).

Existen diversos motivos por los cuales esta planificación tradicional no se cumple (Glenn Ballard, 2000):

- a) La planificación tradicional se basa en la destreza del ingeniero a cargo de la programación de la obra.
- b) Se mide lo realizado contra lo programado en la obra, pero no se mide el desempeño de la habilidad y la destreza para planificar.
- c) Esto último conlleva a que no se analicen los errores de la planificación y sus causas, y por lo tanto a que no se genere un aprendizaje.

2.9.2 Planificación Mediante el Sistema Last Planner

El "Sistema Last Planner", propuesto por los investigadores Ballard y Howell (fundadores del Grupo Internacional del Lean Construction - IGLC), plantea que esta brecha entre lo que DEBERÍA hacerse y lo que finalmente se HIZO se puede mejorar significativamente si obtenemos información confiable y en conjunto con los últimos planificadores (maestros de obra, subcontratistas, jefes de cuadrilla, etc.), de tal manera que podamos visualizar en un plazo intermedio lo que en la práctica se PUEDE hacer, y luego en un plazo más inmediato, lo que con mucho más certeza se HARÁ. (Orihuela & Ulloa,

2011)

Este sistema parte de la tradicional programación maestra de toda la obra, la cual usa como un referente de hitos; luego, baja a una programación por fases, por ejemplo: excavaciones, cimentación, casco, instalaciones de agua y desagüe, entubados eléctricos, etc. (esto es lo que DEBERÍA hacerse); después abre una ventana de programación de 4 a 6 semanas (analizando lo que realmente se PUEDE hacer), denominada Lookahead, donde se aplica un análisis de restricciones; y finalmente, recién se pasa a una programación semanal (lo que finalmente se HARÁ), la cual será más confiable por haber sido liberada de sus restricciones. Una vez realizados los trabajos (lo que se HIZO), los planificadores son retroalimentados con el Porcentaje de Planificación Cumplida (PPC) y con las Razones de no cumplimiento (RNC). (Orihuela & Ulloa, 2011)

La figura esquematiza estos pasos, los que luego se explican con mayor detalle (ver gráfico II.4).

Fuente: (Orihuela & Ulloa, 2011)

Gráfico II. 4. Esquema del Procedimiento del Sistema Last Planner.

2.9.3.1 Planificación maestra

Consiste en plantear los hitos que se requieren para cumplir con los objetivos propuestos. Aquí se trabaja a nivel de grupos de actividades (fases) y se hace la programación para todo el proyecto. Esta programación puede estar sujeta a modificaciones y ajustes de acuerdo al estado del proyecto (comienzos, secuencias, duraciones, etc. (Orihuela & Ulloa, 2011).

2.9.3.2 Planificación por fases

Consiste en detallar las actividades que serán necesarias para ejecutar una fase del proyecto. En este tipo de planificación se usa la Técnica del Pull, para lo cual se recomienda la programación reversa, es decir, se trabaja de atrás (actividad final de una fase) hacia adelante (actividad inicial de la fase). Esto ayuda a determinar los trabajos que son necesarios para cumplir el objetivo de la fase. Los involucrados deben reunirse para llevar a cabo la planificación de estas actividades. Una práctica recomendada por el Lean es trabajar en una pizarra con la ayuda de "post it" donde se escriben las tareas que deben ejecutar o que otros deben hacer para cumplir un objetivo. Estos son pegados y ordenados de acuerdo a la secuencia de trabajo. Asimismo, una vez que se ha planteado la secuencia, se comienza a calcular la duración del trabajo. Se debe buscar que los tiempos que se den sean lo suficientemente holgados para absorber cualquier variabilidad. Los beneficios de esta parte de la programación son (Orihuela & Ulloa, 2011):

- a) El equipo entiende mejor el proyecto.
- b) El equipo tiene la oportunidad de conocerse más.
- c) Cada miembro sabe lo que los otros necesitan para llevar a cabo sus tareas.
- d) Todos entienden lo que se debe hacer y cuándo hay que hacerlo.

2.9.3.3 Planificación Lookahead

En este nivel la planificación se trabaja con actividades que abarcan un periodo de

4 ó 6 semanas. Los "last Planner" seleccionan y disgregan las actividades en asignaciones, para posteriormente hacer un análisis de restricciones. El objetivo es producir asignaciones liberadas y listas para poder programarse semanalmente. Los pasos que se deben seguir son los siguientes (Orihuela & Ulloa, 2011):

- a) Seleccionar aquellas actividades que se sabe que se podrían realizar cuando se programen. Tomar en cuenta si existen cambios en el diseño, temas sin resolver, disponibilidad de materiales y la probabilidad de que las actividades previas puedan ser terminadas cuando se necesiten.
- b) Dividir las actividades en asignaciones. Una asignación es una orden directa de trabajo y, por lo tanto, es el nivel más bajo de la planificación.
- c) Analizar las restricciones, proceso que se realiza para saber si las asignaciones pueden ejecutarse cuando se han programado. Se divide en dos:
- d) Identificar las restricciones, adelantándose a seleccionar las posibles causas que pudieran hacer que una actividad no se realice.
- e) Analizar las restricciones, que consiste en ver si se tiene la información suficiente, si se cuentan con todos los recursos, si los trabajos preliminares se van a terminar, etc. Sólo pueden avanzar en las semanas y entrar en la programación aquellas asignaciones que se encuentren listas y sin restricciones.
- f) Mantener un grupo de asignaciones denominado "trabajo de reserva", el cual es un "buffer" para mantener la eficiencia de la labor si las actividades planeadas no se pueden ejecutar o si el personal termina antes de lo previsto.
- g) Equilibrar la cantidad de trabajo por hacer con la capacidad que se tiene en obra.
- h) Listar los requisitos que se deben tener en cuenta para ejecutar las asignaciones en la semana que se han programado.

- i) Los factores a tomar en cuenta en el análisis de restricciones son: el cumplimiento de las tareas precedentes, el diseño y especificaciones de los detalles constructivos, la disponibilidad de componentes y materiales, la disponibilidad de mano de obra, de equipo, de espacio y la consideración de posibles impedimentos por condiciones externas.

Para cumplir las funciones antes mencionadas se definen los siguientes procesos específicos:

- a) Definición de actividades
- b) Análisis de restricciones
- c) Determinación del inventario de trabajo ejecutable
- d) Equilibrio carga de trabajo con capacidad

El intervalo de tiempo que abarca la Planificación Lookahead, se encuentra entre 4 y 9 semanas, dependiendo de las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria (Orihuela & Ulloa, 2011).

2.10 Definición de las actividades

Para preparar la Planificación Lookahead, se descomponen las actividades del Programa Maestro, que estén contenidas dentro del intervalo de tiempo definido, en actividades más concretas, con objeto de identificar con mayor precisión las restricciones que nos impiden realizarlas, entendiendo por restricción algo que limita la manera en que una actividad es ejecutada. Las restricciones asociadas a cada una de las actividades definidas en la Planificación Lookahead permiten determinar si la actividad puede ejecutarse o no (Nieto Moronte & Ruiz Vila, 2009).

2.10.1 Análisis de restricciones

Identificadas las actividades y sus restricciones, se realiza el análisis de las restricciones. Este análisis no se limita poner un “sí” o un “no” a la posibilidad de ejecutar una actividad, sino que también implica proponer los medios para eliminar las restricciones identificadas. Se puede dividir en dos etapas (Nieto Moronte & Ruiz Vila, 2009):

- a) Revisión de restricciones
- b) Se determina el estado de las actividades de la Planificación Lookahead con respecto a sus restricciones: posibilidad de eliminarlas antes del comienzo programado de la actividad, o necesidad de adelantarlas o retardarlas con respecto al Programa Maestro.
- c) La revisión de las restricciones asociadas a cada actividad es la primera oportunidad que se presenta en el sistema para establecer el flujo de trabajo, ya que se pone de manifiesto que existen actividades que, llegado el momento de ejecutarlas, no podrían realizarse por tener restricciones que lo impiden.
- d) La revisión no sólo se realiza cuando se identifican las actividades a considerar en la Planificación Lookahead, sino que se repite en cada ciclo de planificación, cuando se actualiza la planificación Lookahead y se incorpora una nueva semana.
- e) Preparación de Restricciones
- f) Se toman las acciones necesarias para eliminar las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así puedan comenzar en el momento determinado.

El proceso de preparación de restricciones puede dividirse en tres etapas:

- Confirmar el “tiempo de respuesta”. La eliminación de una restricción de una actividad, comienza por determinar quién es el último involucrado en eliminar la última restricción de esa actividad y determinar cuál es el

tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana Lookahead o la actividad no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre pueden presentarse, por lo que el contacto con los contratistas/proveedores es un elemento fundamental en el proceso de preparación. La confirmación de los tiempos de respuesta es parte del proceso de revisión y debe ser repetido durante la actualización semanal del programa de planificación intermedia.

- Identificar necesidades específicas. Pedir a los departamentos o entidades que participan en la ejecución de una actividad certeza sobre sus necesidades para completar con prontitud la actividad asignada.
- Reasignar recursos: Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo, entonces puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos.
- Definir el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)
- El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las actividades de la planificación Lookahead que poseen alta probabilidad de ejecutarse, debido a que se han eliminado sus restricciones.
- Las actividades del Inventario de Trabajo Ejecutable pueden ser clasificadas en tres grupos:
- Actividades con restricciones eliminadas, que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones eliminadas, que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.

- Actividades con restricciones eliminadas, que pertenecen a la segunda semana futura que se desea planificar o semanas posteriores (situación ideal de todo planificador).

2.10.2 Equilibrio entre carga y capacidad

El equilibrio de carga y capacidad dentro de un sistema de planificación es crítico para la productividad de las unidades de trabajo y para plazo de ejecución.

En la planificación Lookahead se asigna a cada unidad de trabajo las actividades a ejecutar. Para lograr la finalización del trabajo, se requiere la estimación de la carga y la capacidad de todas las unidades de trabajo involucradas en la planificación (Nieto Moronte & Ruiz Vila, 2009).

La carga puede sufrir un cambio para equilibrar la capacidad, ésta puede ser modificada para ajustarse a la carga o una combinación de las dos. Considerando las ventajas de mantener una mano de obra estable y evitar cambios frecuentes, la preferencia es generalmente adaptar la carga a la capacidad. Sin embargo, no puede ser así cuando haya apremios, hitos previstos o fechas finales.

El arrastre ayuda a equilibrar la carga pues las unidades de trabajo identifican sus necesidades, requerimientos y la cantidad de ellos (Nieto Moronte & Ruiz Vila, 2009).

2.10.3 Planificación Semanal

De las actividades y asignaciones que se tienen listas, se deben seleccionar aquellas que entrarán en la ventana de programación semanal. Se debe tener en cuenta la prioridad, la secuencia del trabajo y si se tienen en campo todos los recursos. La Figura 4 muestra un formato típico de una programación semanal, la cual entrega actividades liberadas luego de la aplicación de un análisis de restricciones (Nieto Moronte & Ruiz Vila, 2009).

2.11 Porcentaje de actividades completadas y razones de no cumplimiento

Es necesario medir el cumplimiento de cada Plan de Trabajo Semanal para estimar su calidad, identificar fallos e implementar mejoras. La medida de la fiabilidad del sistema de planificación se basa en el cálculo del Porcentaje de Actividades Completadas definido como el porcentaje de actividades ejecutadas durante la semana con respecto a las planificadas.

El PAC se transforma en un patrón estándar para el control ejercido sobre la unidad de trabajo, derivado de un conjunto sumamente complejo de directrices: programas del proyecto, estrategias de ejecución, presupuestos, etc. Los proyectos de altos estándares de calidad, presentarán mayores PAC, correspondientes a realizar mejores trabajos con los recursos dados (Nieto Moronte & Ruiz Vila, 2009).

El análisis de no cumplimiento de la planificación puede conducir a encontrar las causas del origen de la no conformidad. La primera medida necesaria para mejorar la realización del proyecto es la identificación de las causas de no cumplimiento de los supervisores, Ingenieros del proyecto o los constructores, directamente responsables de la ejecución del plan (Nieto Moronte & Ruiz Vila, 2009).

Los motivos podrían ser:

- a) Órdenes o información defectuosa proporcionada al Last Planner; por ejemplo, el sistema de información de forma incorrecta indicó que el trabajo previamente necesario estaba terminado.
- b) Fracaso en aplicar criterios de calidad de asignaciones; por ejemplo, planificar demasiado trabajo.
- c) Fracaso en coordinación de recursos compartidos; por ejemplo, carencia de una grúa en el momento preciso.

- d) Error de diseño o error de alguna especificación descubierta en el intento de realizar una actividad planificada.

Todo lo descrito con anterioridad proporciona los datos iniciales necesarios para el análisis y la mejora del PAC, y por tanto, para mejorar el desempeño del proyecto.

Capítulo III. Hipótesis y Metodología de la investigación

3.1 Hipótesis

Realizando un análisis de la información obtenida y el aumento de proyectos de infraestructura en el Perú, podemos plantear la siguiente hipótesis:

La implementación del Last Planner para la ejecución de proyectos de infraestructura en el Perú caso “Puente Muyuna”, permitirá mejorar los procesos, la calidad y el cumplimiento de los entregables en el tiempo propuesto en la etapa de ejecución del proyecto. Finalmente, con esta implementación pretendemos que se utilice esta metodología en la construcción de los diferentes puentes del país.

Con la utilización del Ciclograma de Obra colaboramos permanentemente con el control del plazo, lo que conlleva a mejorar los procesos constructivos propios de la ejecución del Puente, como por ejemplo: El uso de cemento expansivo para el descabezado de Pilotes empleando menor tiempo que demoler dicho elemento, igualmente se controlará los rendimientos de mano de obra desde el inicio a fin de cada actividad eso permitirá analizar los tiempos contributorios y no contributorios lo que servirá como un feedback para proyectos posteriores.

3.2 Metodología

La Metodología de investigación se ha dividido en tres etapas o desarrollo de tesis (ver gráfico III.1).

La primera etapa corresponde a la recolección de información obtenida a fin de elaborar un plan académico. De tal manera, que se plantee una propuesta de mejora en la reducción de tiempos y costos en la construcción de puentes. Asimismo, definimos las bases teóricas el cual sustenta nuestra propuesta.

La Segunda Etapa corresponde a la descripción de la situación actual del

proyecto. Además, la propuesta de valor en la implementación del sistema Last Planner con la importancia de la aplicación de las herramientas a utilizar en la gestión de la construcción del puente. Finalmente, definir algunos indicadores de desempeño de la implementación.

La tercera etapa, definiremos la validación de los indicadores propuestos, a su vez el análisis económico financiero de la implementación y las conclusiones finales.

Fuente: Propia

Gráfico III. 1. Esquema de metodología de investigación

Capítulo IV. Marco referencial

En el presente capítulo se detallarán aspectos concernientes al proyecto “Puente Ñaña” para lo cual se describe una reseña de la empresa constructora que está cargo de la construcción del puente. Además, se detallarán aspectos relevantes que sucedieron en la ejecución del proyecto y finalmente con los datos obtenidos y la propuesta de implementación del Last Planner lograr resultados de mejora en el flujo de productividad en los diferentes puentes a construir.

4.1 Antecedentes de la empresa

La Empresa Constructora posee 27 años de experiencia en el rubro de construcción y diseño de infraestructura vial, hospitalaria, edificios institucionales, aeropuertos e inmobiliaria.

Cabe mencionar que durante ese tiempo ha ejecutado 107 puentes a nivel nacional. Dentro de los proyectos principales en los que ha participado se encuentra el Puente Chilina en Arequipa, Puente Junín en la vía expresa de Lima, Puente Juan Pablo II en Piura, Puente Alcomachay en Ayacucho, entre otros.

4.2 El Proyecto

El proyecto en mención se trata de la construcción del Puente Ñaña (ver imagen IV.3) ya ejecutado, el cual dio inicio a su construcción el 03 de Mayo del 2016 y culminó el 20 de Febrero del 2018. Se brindará información para el caso de estudio del Puente Ñaña como la localización y descripción de las obras que comprenden su ejecución. Esto servirá para entender de una manera específica los procesos de construcción utilizados durante la ejecución del puente.

Fuente: (Provias Descentralizado, 2015, pág. 16)

Imagen IV. 1. Vista de Elevación del Puente Ñaña

Fuente: (Provias Descentralizado, 2015, pág. 17)

Imagen IV. 2. Vista de sección transversal del Puente Ñaña

Fuente: (Provias Descentralizado, 2015, pág. 17)

Imagen IV. 3. Vista 3D del Puente Ñaña

4.2.1 Datos generales del proyecto Puente Ñaña

- a) Tipo de Puente: Tipo Arco Metálico
- a) Luz: 70 metros; Altura: 14.00 metros; Ancho: 20.50 metros
- b) Estructuras consideradas:
 - 02 Estribos u Apoyos de Concreto Armado incl. Caisson
 - Estructura Metálica: 420 Tn.
 - Enrocado 120 metros
 - Puente Provisional Reticulado de 44 m. y 60 Tn.
 - Sistema de Péndolas VCL - Network: 156 und.
- c) Presupuesto Ofertado: 16,073,395.11 + IGV = 18,966,606.23 incl. IGV
- d) 5.- Margen de utilidad inicial: 2,454,437.13 soles (16.07%)
- e) 6.- Margen de utilidad final: 657,686.58 (4.93%)
- f) 7.- Penalidad por incumplimiento de plazo: 632,980.22 soles
- g) 8.- Adicionales de Obra (1-6): 3,161,113.19 soles
- h) 9.- Deductivos de Obra: 1,293,728.47 soles

4.2.2 Antecedentes del proyecto

El propietario Provias Descentralizado posee los derechos sobre el Puente Ñaña. El Puente Ñaña se encuentra ubicado en la localidad de Ñaña, comprende los distritos de Chaclacayo y Lurigancho-Chosica, provincia de Lima y departamento de Lima, Perú.

En el año 20010 la empresa consultora Ana Rios por encargo de Provias Descentralizado elaboró el estudio a nivel de perfil técnico.

En el año 2014, mediante convenio entre Provias Descentralizado y SIMA PERÚ, se encarga de elaborar el estudio definitivo para la construcción del Puente Ñaña y accesos.

Para el aquel estudio, SIMA PERÚ dispuso especialistas para cada área del proyecto, los cuales se encargaron de la elaboración del expediente técnico en cada uno de sus capítulos habiendo emitido informes, planos de construcción y recomendaciones para la correcta construcción del puente.

Estos informes han sido acompañados con la visita a campo para el reconocimiento del terreno, lo cual garantiza los informes y planos que son los aportes de cada especialista.

4.2.3 Ubicación del proyecto

El Proyecto se ubica en la localidad de Ñaña, comprende los distritos de Chaclacayo, Lurigancho-Chosica y la cuenca media del Rio Rímac (ver imagen IV.4).

- Distrito : Chaclacayo y Lurigancho- Chosica
- Provincia : Lima
- Departamento : Lima
- Entre las coordenadas:

Localización: 301803.293 E; 8674402.639N

El trazo proyectado tiene una longitud de 0.434 km. Inicia con el acceso Av. Atahualpa desde la Progresiva km 0+000 al km 0+202.51. posteriormente, entre el km 0+202.51 al 0+272.51 corresponde al Puente Ñaña, el trazado continúa desde el Km 0+272.51 hasta el Km 0+434 que corresponde a la Alameda Ñaña y Av. Bernard Balaguer que es donde finaliza el proyecto” (Provias Descentralizado, 2015, pág. 3).

Fuente: (Provias Descentralizado, 2015, pág. 3)

IV. 4. Esquema de ubicación del Puente Ñaña

4.2.4 Situación del Puente Ñaña antes de la construcción

Actualmente el Puente Ñaña se encuentra en condición intransitable, debido a la gran afluencia de vehículos generado durante los últimos años, “(IMDa=5180 vehículos dato tomado del Estudio de Trafico), actualmente el puente Ñaña tiene un ancho de vía de 4.20m por donde debe transitar vehículos y peatones, esto genera una alta probabilidad de accidentes peatonales, por lo que se vio en la necesidad de ampliarlo a fin de darle solución al flujo vehicular y seguridad peatonal” (Provias Descentralizado, 2015, pág. 4).

Fuente: (Provias Descentralizado, 2015, pág. 4)

Edición : Propia

Imagen IV. 5. Vista de Puente Ñaña existente

4.2.5 EDT del Puente Ñaña

Elaboración: Propia

Gráfico IV. 1. EDT del Puente Ñaña

4.2.6 Organigrama de ejecución del Puente Ñaña

Elaboración: Propia

Gráfico IV. 2. Organigrama de ejecución del Puente Ñaña

4.2.7 Presupuesto del Puente Ñaña

Presupuesto						
Presupuesto	0102004	ESTUDIO DEFINITIVO DEL PUENTE ÑAÑA Y ACCESOS				
Subpresupuesto	001	PUENTE ÑAÑA				
Cliente	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES				Costo al	31/05/2015
Lugar	LIMA . ***** . ÑAÑA					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	TRABAJOS PRELIMINARES				576,579.78	
02	DEMOLICIONES				153,202.98	
03	SUB ESTRUCTURA				1,610,602.31	
03.01	CIMENTACION TIPO CAISSONS				1,320,268.40	
03.02	CUERPO DEL ESTRIBO				290,333.91	
04	SUPERESTRUCTURA				7,485,354.66	
04.01	TABLERO				396,284.18	
04.02	ESTRUCTURA METALICA				7,039,172.72	
04.03	LOSA DE APROXIMACION				25,616.51	
05	ACCESOS				874,827.05	
05.08	MUROS DE SUELO REFORZADO				303,346.46	
05.09	VEREDAS				57,764.09	
05.10	SEPARADOR CENTRAL				21,067.10	
05.11	OBRAS DE DRENAJE - ALCANTARILLA MARCO DE				18,656.82	
06	VARIOS				756,961.84	
06.08	RAMPA MINUSVALIDOS				86,791.28	
06.08.01	CIMENTACION				18,906.65	
06.09	DEFENSAS RIBEREÑAS				371,165.51	
06.10	MUROS CONTRA IMPACTO				71,825.29	
07	TRANSPORTE				226,821.16	
08	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL				185,692.75	
09	PROTECCION AMBIENTAL				106,680.59	
	COSTO DIRECTO				11,976,723.12	
	GASTOS GENERALES				2,898,999.68	
	UTILIDAD (10%)				1,197,672.31	
					=====	
	SUB TOTAL				16,073,395.11	
	IMPUESTO (IGV 18%)				2,893,211.12	
					=====	
	TOTAL PRESUPUESTO				18,966,606.23	
SON : DIECIOCHO MILLONES NOVECIENTOS SESENTISEIS MIL SEISCIENTOS SEIS Y 23/100 NUEVOS SOLES						

Fuente: (Povias Descentralizado, 2015)

Tabla IV. 1. Presupuesto del puente Ñaña

4.2.8 Programa de obra

Fuente: (Povias Descentralizado, 2015)

Tabla IV. 2. Programa de obra

Elaboración: Propia

Tabla IV. 3. Cronograma de ejecución de obra construcción del puente Ñaña y accesos

4.2.9 Modelo de gestión actual de ejecución de obra

El contratista a cargo de la construcción del puente lleva sus procesos de ejecución mediante el sistema de control de obra versión 6, PRI3-P2 (ver imagen IV-8). Mediante el cual podemos notar que no hay un sistema de flujo de trabajo productivo con un nivel de detalle en la que puedan detectar con anticipación las posibles restricciones que afectan al correcto flujo de trabajo.

Fuente: (Grupo INCOT, 2016, pág. 1)

Imagen IV. 6. Portada del documento sistema de control de obra versión 6

SISTEMA DE CONTROL DE OBRA

OPERACIONES INCOT

Código: PRI3-P2

Versión: 6

APROBACIÓN DEL DOCUMENTO					
ELABORACIÓN / ACTUALIZACIÓN		REVISIÓN		APROBACIÓN	
Nombre / Cargo: Carlos Luna Aliaga Coordinador SIG	Firma:	Nombre / Cargo: Wiliam Rodas Bosmediano Jefe de Oficina Técnica Sede Central	Firma:	Nombre / Cargo: José Ramos Montalván GAF	Firma:
FECHA: 19/05/2016		FECHA: 19/05/2016		FECHA: 19/05/2016	
		Nombre / Cargo: Víctor Yi Zapata Responsable SIG			
		Firma:
		FECHA: 19/05/2016			

Fuente: (Grupo INCOT, 2016, pág. 2)

Imagen IV- 10: Aprobación del documento Sistema de control de obra versión 6

SISTEMA DE CONTROL DE OBRA

OPERACIONES INCOT

Código: PRI3-P2

Versión: 6

ÍNDICE

1.	OBJETIVOS	4
2.	ALCANCE	4
3.	DEFINICIONES	4
4.	RESPONSABILIDADES	4
5.	PROCEDIMIENTO	4
5.1.	RECEPCIÓN DEL TERRENO:.....	4
5.2.	TRAZO Y REPLANTEO:.....	5
5.3.	EJECUCIÓN DEL PLAN TÉCNICO DE OBRA	5
5.4.	ACCIONES A FIN DE MES	5
5.5.	CONTROL DE OBRA.....	6
6.	DOCUMENTOS Y REGISTROS.....	6
7.	IDENTIFICACIÓN DE LAS MODIFICACIONES.....	7

Fuente: (Grupo INCOT, 2016, pág. 3)

Imagen IV. 7.Índice del documento Sistema de control de obra versión 6

1. OBJETIVOS

Establecer los lineamientos para el seguimiento y control de la ejecución de la obra

2. ALCANCE

El presente procedimiento será de aplicación para todas las etapas de la obra.

3. DEFINICIONES

- **EQUIPO TÉCNICO:** Es el conjunto de profesionales designados por la gerencia general de la empresa que serán los responsables de la dirección técnica de la obra.
- **PROTOCOLO DE LEBERACIÓN:** Es un documento de control que permite realizar la verificación o check list de las actividades necesarias y/o condiciones que se debe cumplir previamente a ejecutar un trabajo en campo. Con la verificación y aprobación de estas actividades previas damos por consentida la ejecución del trabajo en campo.
- **EXPEDIENTE TÉCNICO:** Es el conjunto de documentos de carácter técnico y/o económico que permiten la adecuada ejecución de una obra, el cual comprende la memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, metrados, presupuesto de obra, valor referencial, fecha del presupuesto, análisis de precios, calendario de avance de obra valorizado, formulas polinómicas y si el caso lo requiere, estudio de suelos, estudio geológico, de impacto ambiental u otros complementario.

4. RESPONSABILIDADES

- **INGENIERO RESIDENTE:** Es aquel encargado de gestionar y ejecutar los proyectos procurando el orden, la máxima eficiencia de los recursos y cumplimiento de los tiempos estipulados. Es aquel que debe realizar el análisis de los resultados operativos y validar el informe mensual.
- **INGENIERO DE PRODUCCION:** Ingeniero responsable de dirigir y controlar las actividades de la obra en el campo, realizar el programa de trabajos, imputación de los diferentes costos a las partidas de control
- **EQUIPO TECNICO:** Responsables de emitir información de costos según su área, emitir opinión y/o recomendación frente a los resultados alcanzados en cada periodo
- **JEFE DE OFICINA TECNICA:** Jefe de Oficina Técnica de obra procesa la información de avance y costo y emite informe mensual. El Jefe de O.T. Sede Central, verifica el Informe Económico de Obra, evalúa los resultados operativos y retroalimenta a las obras.

5. PROCEDIMIENTO

5.1. RECEPCIÓN DEL TERRENO:

El Ingeniero Residente recepcionará el terreno entregado formalmente por los representantes del Cliente, este acto queda evidenciado en el Acta de Entrega de Terreno, y/o con anotación en el cuaderno de Obra.

Si existen observaciones, estas serán presentadas a la supervisión de obra a través de carta o por medio de anotación en el Cuaderno de Obra.

Nota: Se puede dar el caso que la obra inicie sus operaciones en paralelo con la actividad de Trazo y replanteo.

5.2. TRAZO Y REPLANTEO:

Luego de recepcionado el terreno se inicia el replanteo topográfico de los ejes del proyecto.

5.3. EJECUCIÓN DEL PLAN TÉCNICO DE OBRA

El Residente de Obra o el Ingeniero de Producción solicita a Logística el material y equipo necesario para la correcta ejecución de las obras según lo considerado en el **Plan Técnico de obra** a través y como lo establece el **PS8-P1 Procedimiento Logístico** y al área de Recursos Humanos el personal identificado o programado conforme lo señala el procedimiento **PS5-P1 Procedimiento para el Reclutamiento, selección y contratación del personal**.

El equipo técnico de la Obra indicará la ejecución de las obras según los criterios establecidos en el **Plan Técnico de obra**. Para validar la ejecución de las actividades, se realiza **Protocolos de Liberación**, cuando es el caso, y en su defecto las planillas de metrados conciliados y aceptados por el Supervisor de Obra quien aprueba servicio ofrecido según los requisitos del cliente. De no aprobarse los protocolos se deben levantar las observaciones que la Supervisión haya comunicado. Lo cual queda registrado en el **Cuaderno de Obra**.

De igual manera, si se requiere subcontratar una partida, la organización asume el papel de supervisor. En caso que la empresa subcontratada no cuente con un sistema de gestión de calidad se trabajará con los formatos autorizados en la obra. Las valorizaciones del subcontratista serán aprobadas por el Ingeniero Residente y el Ingeniero de Producción

5.4. ACCIONES A FIN DE MES

Al cierre del mes, el Jefe de oficina técnica de obra calculará la **Valorización** de obra de acuerdo a la cantidad de **metrados de partidas liberadas** y aprobadas por la supervisión por medio de la planilla de metrados.

El Jefe de SSOMA preparará el **M-05-F-01 INFORME SSOMA** donde detalla las capacitaciones realizadas, los incidentes y accidentes ocurridos, etc.

El Ingeniero residente Junto al Jefe de Oficina Técnica coordina la elaboración de la Evaluación Económica del Proyecto (EEP), teniendo como base lo presentado el Plan Técnico de Obra, éste documento debe ser remitido Vía Email el Jefe de Oficina Técnica Central para la revisión, de existir observaciones se debe corregirlas para ser entregada al Directorio.

**Grupo
INCOT**

OPERACIONES INCOT

Código: PRI3-P2

Versión: 6

SISTEMA DE CONTROL DE OBRA

5.5. CONTROL DE OBRA

Los resultados operativos se presentan de manera mensual para su revisión de la siguiente manera:

- ✓ Resultados Operativos son extraídos del S10 luego haber ingresado el registro de información del periodo, éste es verificado por Oficina Técnica Central y entregado al Gerente General.
- ✓ El M-05-F-01 Informe SSOMA es enviado por el Jefe SSOMA a Coordinación SIG

6. DOCUMENTOS Y REGISTROS

- M-05-F-01 INFORME SSOMA
- Resultados Operativos del Proyecto (EEP)
- Protocolos de liberación y/o Planilla de metrados
- Valorizaciones.

Fuente: (Grupo INCOT, 2016, pág. 6)

Imagen IV. 10. Sistema de control de obra versión 6

**Grupo
INCOT**

OPERACIONES INCOT

Código: PRI3-P2

Versión: 6

SISTEMA DE CONTROL DE OBRA

7. IDENTIFICACIÓN DE LAS MODIFICACIONES

VERSIONES	CAMBIOS
Ver.3	Se amplía al detalle las actividades del procedimiento (Ver punto 7 y 9) Interviene el Jefe de Oficina técnica durante el control de obras
Ver.4	Se cambió el nombre del procedimiento por Sistema de Control de Obra
Ver.5	– Se cambió el Logo en todo el documento y se agrega la codificación del Informe SSOMA
Ver.6	Se modifica la estructura del procedimiento y se actualiza el punto 5.5

Fuente: (Grupo INCOT, 2016, pág. 7)

Imagen IV. 11. Sistema de control de obra versión 6

4.2.10 Gestión A3 del proyecto Puente Ñaña Tabla

PROBLEMA: NO CUMPLIMIENTO DEL PLAZO CONTRACTUAL Y BAJA RENTABILIDAD EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL (PUENTES TIPO ARCO METALICO)

ANTECEDENTES

La empresa CONTRATISTA es especialista en ejecución de obras de edificaciones hospitalarias, aeroportuarias y de infraestructura vial (puentes), de acuerdo a la coyuntura sobre la problemática del niño costero y el cambio climático, participamos en la ejecución de diversos proyectos, esto origina un elevado incremento de personal y por consiguiente incrementar su visión empresarial, esto abrió paso a la ejecución de obras tales como puentes metálicos tipo arco, en la cual se obtuvo una baja rentabilidad, no cumplimiento del plazo contractual e incurrimos en penalidades, lo cual ocasionó inestabilidad en los cargos gerenciales, conflictos con el personal, dejando evidente la desorganización existente en el equipo de trabajo.

■ Rentabilidad obtenida 2016- 2017
■ Rentabilidad esperada 2016- 2017

SITUACIÓN POSTERIOR A LA FINALIZACIÓN DE LA OBRA

No se culminó en el plazo incurriendo en multas y penalidades, por lo tanto se obtuvo baja rentabilidad.

SITUACIÓN DESEADA O FUTURA

Cumplir en un 95% con el Plazo de Obra, no incurrir en multas o penalidades por este concepto, y obtener una rentabilidad entre el 17 % y 18 % del Costo total, en los próximos proyectos de puentes metálicos

ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

Elaboración: Propia

Imagen IV. 12. Gestión A3 del proyecto Puente Ñaña – parte I

CONTRAMEDIDAS (ACCIONES)					
1.	Selección por parte de RR.HH de un Especialista en Administración de Contratos o Abogado especialista en Contrataciones con el Estado.				
2.	Para futuros proyectos se debería evaluar la posibilidad de comprar un Puente Modular Tipo Bailey.				
3.	Para proyectos posteriores debemos incluir en el costo de Obra una Verificación Estructural de la Estructura Metálica del Puente Definitivo, aprovechando que se cuenta con una Empresa Proyectista el cual es socio Estratégico y forma parte del Grupo Constructor.				
4.	Implementar un sistema de control de producción de obra y control del plazo, empleando la filosofía Lean Construction.				
5.	La Jefatura de RRHH debe considerar como política interna la capacitación del Personal de Oficina Técnica y de Obra la capacitación permanente en la Ley de Contrataciones del Estado y a la vez controversias relacionadas entre la OSCE y obras en general.				
6.	Implementar RFI para las aprobaciones de planos de taller y planos de montaje de la estructura metálica.				
PLAN DE ACCIÓN					
Responsable	Ubicación	Etapas del Proyecto			
		Licitación	Planificación	Ejecución	
1. Jefe de RR.HH	Of. Central				
2. Gerencia Operaciones	Of. Central				
3. Gerencia Proyecto	Of. Central				
4. Gerencia Operaciones	Of. Central / Obra				
5. Jefe de RR.HH	Of. Central				
6. Gerencia / Residencia	Of. Central / Obra				
KPIS Y SEGUIMIENTO DE ACCIÓN					
Responsable del seguimiento	Acción	KIPS (VALOR)	Seguimiento de los indicadores		
			KPI partida	KPI objetivo	KPI evolución Real
1. Jefe de RR.HH	Perfil de Puesto	90% cumplimiento	70% + entrenamiento de 1 mes	90%	80% + entrenamiento de 2 semanas
2. Gerencia de Operaciones	% de Cumplimiento plazo	Cumplimiento Plazo > 80 %	>70%	>80%	>75%
3. Gerencia de Proyectos	% de Cumplimiento plazo	Cumplimiento Plazo > 90 %	>80%	>90%	>85%
4. Gerencia de Proyectos	% de Cumplimiento plazo	Cumplimiento Plazo = 100 %	>90%	>100%	>90%
5. Jefe de RR.HH	Promover capacitación permanente	Promedio de notas evaluación de capacitaciones > 15	12	> 15	14
6. Gerente/ Residente de Obra	RFI liberados x mes	RFI liberados x mes = 8	5 RFI	8 RFI	7%

Elaboración: Propia

Imagen IV. 13. Gestión A3 del proyecto Puente Ñaña – parte II

4.2.11 Lecciones aprendidas del Puente Ñaña

LECCIONES APRENDIAS				
	Experiencia	Lección aprendida	Recomendaciones	Indicadores
1	Bajo la experiencia de nuestro contratista de estructura metálica se propuso la modificación del sistema de tirantes fijos y soldados a un sistema de péndolas flexibles.	En este tipo de obras de infraestructura vial - puentes, siempre existe un recelo por los diseños, por tal razón el proyectista defendió su proyecto, hasta que el MTC desautorizó al especialista del proyecto y dio lugar a la modificación originando retrasos, adicionales y ampliaciones de plazo de la obra	Como parte del proyecto debería realizarse una verificación estructural durante la etapa de ejecución de la obra por parte del contratista, igualmente se debe recomendar al MTC y PROVIAS considerar esta actividad dentro de los costos directos o indirectos del presupuesto antes de aprobar el expediente técnico a fin de minimizar riesgos e inconvenientes en obra.	90 % cumplimiento del plazo contractual
2	Es casi común que los expedientes técnicos no presenten un procedimiento de montaje de la estructura metálica, por lo que no se puede verificar el comportamiento de la estructura metálica durante las fases de lanzamiento y/o montaje.	Retrasos por la demora en la aprobación del plan de montaje, ya que coordinar entre especialistas estructurales es difícil y toma tiempo.	Si esta actividad que forma parte del proyecto fuese más clara y precisa en cuanto a su análisis no habría discrepancias entre el contratista y supervisor, se evitarían retrasos y demoras.	Utilidad > 16%
3	En el proyecto se consideró un Desvío Provisional el cual estaba ubicado a 200 metros agua arriba, el cual solo contaba con un A.P.U. y planos referenciales de ubicación.	En obras con desvíos provisionales es necesario que esta actividad este definida y cuente con un proyecto completo ya que por esa vía transitarán los vehículos hasta que se culmine el puente definitivo, no se debe subestimar esta actividad ya que forma parte de la ruta crítica de la obra.	En la etapa de licitación se debe analizar con mucho cuidado esta actividad y los riegos que pueden incidir en el plazo de obra y posteriores multas. A la vez el MTC y PROVIAS deberían poner mayor énfasis en esta partida, se debería coordinar con las respectivas gerencias la importancia de esta actividad dentro del proyecto.	80 % cumplimiento del plazo contractual
4	El plazo de obra inicial fue de 09 meses y el plazo final llego a los 22 meses.	La empresa deja a criterio del responsable de obra y jefes de producción el control de la producción de la obra, pues no se cuenta con una filosofía de trabajo aún en la empresa.	La empresa debe considerar implementar dentro de sus planes de trabajo o política interna el empleo de la filosofía LEAN - LAST PLANNER para sus proyectos.	100 % cumplimiento del plazo contractual
5	El área de oficina técnica no implementó un control de RFI.	Se presentaban consultas que no eran derivadas a tiempo y a la vez las respuestas eran siempre considerando la última fecha en que la supervisión debía responder.	Esto creaba retrasos más aún cuando se devolvían los expedientes adicionales, así como las solicitudes de ampliación de plazo.	Nº RFI liberados x mes = 8
6	La supervisión de obra y PROVIAS Descentralizado aplico la opinión 80 de la OSCE de una forma que no era justa para el contratista.	La empresa no tenía un soporte legal para este tipo de contrato a precio unitario, la responsabilidad era asumida por la oficina técnica de obra.	Contratar un abogado que tenga experiencia en contratación con el estado y capacidad de resolver controversias.	90 % cumplimiento del perfil del puesto
7	Teniendo en cuenta la prolongación de los plazos contractuales, igualmente la mano de obra sufrió alteraciones durante la ejecución de la obra. Al inicio de obra se tenía estimado un costo de mano de obra por 1,247,41.011 soles.	Observando la evaluación económica del proyecto Ñaña, se llegó a la suma de 1,784,480.97 soles por concepto de mano de obra, dicho monto tiene una diferencia de 527,431.69 soles con lo estimado inicialmente.	Se debe implementar un sistema de control de producción de obra para manejar la mano de obra y obtener una mayor eficiencia durante los trabajos.	15 % de eficiencia en mano de obra

Elaboración: Propia

Tabla IV. 4. Lecciones aprendidas del Puente Ñaña

4.2.12 Evaluación económica al cierre del proyecto

INCOT SAC CONTRATISTAS GENERALES									
CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE NAÑA Y ACCESOS									
Evaluación Económica del proyecto en SOLES (S/.)									
Detalle de Margen de Utilidad									
Fecha de Elaboración:									
31 de Enero de 2018									
TIPO DE OBRA: PUENTE				Presupuestos		Valor (S/.)			
CLIENTE: PROVIAS DESCENTRALIZADO				Contratado		15,269,492.12			
				Adicionales					
				Deductivos					
				Total (Sin IGV)		15,269,492.12			
INGRESOS		VALORIZACION EXTERNA		Contrato		Obra		PENDIENTE	
		Tramitado Enero - 2018		Enero - 2018		Enero - 2018		FINAL	
VENTA BASICA		13,332,159.75		15,269,492.12		13,342,783.43		13,342,783.43	
Diseño									
Construcción		13,965,139.97		15,269,492.12		15,269,492.12		15,269,492.12	
Deductivo						-1,293,728.47		-1,293,728.47	
Penalidad por atraso		-632,980.22				-632,980.22		-632,980.22	
REAJUSTE		652,548.00		626,049.18		670,133.64		670,133.64	
Diseño									
Construcción		652,548.00		626,049.18		670,133.64		670,133.64	
TOTAL ADICIONALES		3,149,302.68				3,149,342.27		3,149,342.27	
ADICIONAL N°01 DEMOLICION DE EXPROPIACIONES		69,636.28				69,675.87		69,675.87	
ADICIONAL N°02 ACCESOS ATAHUALLPA		377,882.78				377,882.78		377,882.78	
ADICIONAL N°03 EXCAVACION BAJO AGUA		44,832.18				44,832.18		44,832.18	
ADICIONAL N°04 NUEVO SISTEMA DE		1,947,702.05				1,947,702.05		1,947,702.05	
MAYORES GASTOS GENERALES		372,177.67				372,177.67		372,177.67	
ADICIONAL N°05 REFORZAMIENTO DE VIGAS ...		341,503.08				341,503.08		341,503.08	
ADICIONAL N°06 ESCALERA METALICA		7,279.15				7,279.15		7,279.15	
PENALIDAD POR ATRASO		-11,810.51				-11,810.51		-11,810.51	
REAJUSTE ADICIONALES		168,365.61		168,365.61		168,365.61		168,365.61	
Construcción		168,365.61		168,365.61		168,365.61		168,365.61	
NO OPERACIONALES		0.05		4.10%		6.90%		4.39%	
Financieros									
Otros No Operacionales									
TOTAL VENTA		17,302,376.04		15,895,541.30		17,330,624.95		17,330,624.95	
Diferencia entre VE y VI		28,248.91							
COSTOS									
01		COSTOS DIRECTOS CONSTRUCCIÓN							
01.01		MANO DE OBRA							
01.02		MATERIALES							
01.02.01		ACEROS (F"C", alambres, clavos)							
01.02.02		AGREGADOS							
01.02.03		CEMENTO							
01.02.04		CONCRETO PRE MEZCLADO							
01.02.05		GEOMALLA Y GEOTEXTIL							
01.02.06		MADERA TORNILLO Y TRIPLAY							
01.02.07		AFRIMADO							
01.02.08		SEÑALES PROVISIONALES							
01.02.09		APOYOS DE NEOPRENO							
01.02.10		COMBUSTIBLES							
01.02.11		MATERIALES VARIOS							
01.03		EQUIPOS DE OBRA							
01.03.01		EQUIPO ALQUILADO							
01.03.02		EQUIPO DE ENCOFRADO							
01.04		SUB CONTRATOS							
01.04.01		ACCESOS Y PUENTE PROVISIONAL							
01.04.02		MOVIMIENTO DE TIERRAS EN PUENTE							
01.04.03		DEMOLICIÓN DE PUENTE EXISTENTE							
01.04.04		UNA DE CARBON							
01.04.05		SERVICIO DE BOMBEO DE CONCRETO							
01.04.05		FABRICACIÓN DE ESTRUCTURA METALICA PARA PUENTE							
01.04.06		MONTAJE Y LANZAMIENTO DEL PUENTE							
01.04.07		BARANDAS							
01.04.08		MOVIMIENTO DE TIERRAS PARA ACCESOS							
01.04.09		CARPETA ASFALTICA							
01.04.10		SEÑALIZACIÓN DEFINITIVA							
01.04.11		IMPACTO AMBIENTAL							
01.04.12		ENROCADO							
01.04.13		LIMPIEZA DE CAUCE DE RIO							
01.04.14		SEMAFORIZACION							
01.04.25		SUB CONTRATOS VARIOS							
01.05		TRANSPORTE A OBRA							
A. TOTAL COSTOS DIRECTOS									
02		COSTOS INDIRECTOS							
02.01		PERSONAL EMPLEADO							
02.02		SERVICIOS Y HONORARIOS							
02.03		COMISIONES Y SEGUROS							
02.04		COSTOS NO OPERACIONALES							
02.05		EQUIPOS INDIRECTOS							
02.06		ADECUACIONES Y MANTENIMIENTOS							
02.07		GASTOS GENERALES DIVERSOS							
02.08		EPPs							
B. TOTAL COSTOS INDIRECTOS									
C. TOTAL ADICIONALES									
EXPROPIACIONES									
ADICIONAL N°02 ACCESOS ATAHUALLPA									
ADICIONAL N°03 EXCAVACION BAJO AGUA									
ADICIONAL N°04 NUEVO SISTEMA DE PENDOLAS									
ADICIONAL N°05 REFORZAMIENTO DE VIGAS ...									
ADICIONAL N°06 ESCALERA METALICA									
C. TOTAL ADICIONALES									
D. IMPREVISTOS 0.10%									
E. IGV NO DEDUCIBLE									
COSTOS OPERACIONALES									
Aportes a Casa Matriz									
TOTAL COSTO									
C. INGRESO POR VENTA DE ACTIVOS									
PUENTE RETICULADO L: 44.75 X 4.30 X 5.00									
VENTA DE LAS PENDOLAS DE ESMETAL									
RESULTADO FINAL									

Fuente: (INCOT SAC Contratistas Generales, 2018, pág. 1)

Tabla IV-4: Evaluación económica al cierre del proyecto

Capítulo V. Propuesta de Valor

5.1. Descripción del proyecto en estudio

5.1.1. Ubicación del proyecto

El puente La Muyuna, ubicado en el Corredor Vial Nacional: PE-8N longitudinal carretera Ciudad de Dios – Cajamarca, en el km 97+580 (Consortio puentes Perú, 2018, pág. 8), se ubica en el distrito de Chilete, provincia de Contumaza, a una altura de 911 msnm, en el departamento de Cajamarca (ver imagen V.1) (Consortio puentes Perú, 2018).

Fuente: (PEDELTA, 2017, pág. 05)

Edición: Propia

Imagen V. 1 Ubicación del puente La Muyuna

5.1.2 Datos importantes del Proyecto

- b) Tipo de Puente: Tipo Arco Metálico
 - c) Luz: 55 metros
 - d) Altura: 8.80 metros
 - e) Ancho = 14.50 metros
 - f) Calzada: comprende 1 vía de 02 carriles
 - g) Estructuras consideradas:
 - Estructura metálica existente a desmontar, L=51.70 m.
 - 02 Estribos u Apoyos de Concreto Armado
 - 04 Pilotes por cada estribo
 - Estructura Metálica: 146.8 Tn.
 - Protección de talud: 535.00 m³ gaviones
 - Puente Provisional Reticulado de 44 m. y 60 Tn.
 - Sistema de Péndolas VCL: 40 und.
 - h) Presupuesto Ofertado: 9,538,351.37 + IGV = 11,255,254.62 incl IGV
 - i) Margen de utilidad inicial: 1,834,606.50 soles (16.30%)
 - j) Plazo inicial contractual: 11 meses
- (Consorcio puentes Perú, 2018)

5.2. Implementación del sistema Last Planner

En este capítulo se detallará la implementación del sistema last Planner (ver gráfico V.1) para la construcción del Puente Muyuna para este caso de estudio de investigación se necesitó de información importante y confidencial otorgado con el permiso de la empresa constructora. Asimismo, desarrollaremos el análisis cuantitativo y cualitativo de la información obtenida para la implementación del sistema Last Planner.

Fuente: (Ballard, 2000)

Gráfico V. 1. Esquema general del sistema Last Planner

5.2.1 Presupuesto de implementación del Last Planner

El presupuesto para la implementación del Last Planner Sistem en la construcción del puente Muyuna se basa en una propuesta por etapas y/o fases desde la etapa de planificación del proyecto. Empezando inicialmente con capacitaciones teórico-prácticos del Last Planner Sistem y la filosofía Lean Construction.

Se tiene que entender que tanto el equipo de planificación como el de ejecución tienen que estar comprometidos con la aplicación de esta filosofía de lo contrario será un gasto innecesario.

Una vez que el equipo entiende los conceptos y la forma de trabajo del LPS se pone en marcha lo aprendido de acuerdo a la secuencia de trabajo LPS.

Para nuestro caso de estudio el presupuesto aproximado para la implementación es el siguiente (ver tabla V.1).

<i>COSTOS DE IMPLEMENTACION LAST PLANNER</i>					
Obra: Construcción de Puentes Por Reemplazo Obra N° 03 - Puente " La Muyuna"					
Contratista: CONSORCIO PUENTES PERU					
Puente: Tipo Arco - La Muyuna					
Luz: 55 metros					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	P. UNITARIO	PARCIAL
1.00	CAPACITACION Y REUNIONES				10,800.00
1.01	Charla de Capacitación	Charla	6.00	600.00	3,600.00
1.02	Reuniones de monitero	reunión	8.00	600.00	4,800.00
1.03	Reuniones con Gerencia Operaciones	reunión	3.00	800.00	2,400.00
2.00	PERSONAL TECNICO				28,000.00
2.01	Especialista Planner	mes	3.00	8,000.00	24,000.00
2.02	Controlador de Obra	mes	2.00	2,000.00	4,000.00
3.00	EQUIPAMIENTO - MATERIALES				6,000.00
3.01	Equipo Proyector - Ecran	gib	1.00	3,000.00	3,000.00
3.02	Laptop	mes	3.00	600.00	1,800.00
3.03	Equipo de Impresión	mes	3.00	150.00	450.00
3.03	Papel y otros	mes	3.00	250.00	750.00
COSTO DIRECTO					44,800.00
IGV(18%)					8,064.00
TOTAL					52,864.00

Elaboración: propia

Tabla V. 1. Costo Implementación LPS

5.2.2 Cronograma Maestro incluyendo implementación del LPS

Elaboración: propia

Tabla V. 2. Cronograma Maestro incluyendo implementación del LPS

5.2.3 Comparativo de construcción sin Last Planner y con Last Planner

COMPARATIVO ENTRE PRESUPUESTO DE OBRA CON Y SIN IMPLEMENTACION DEL SISTEMA LAST PLANNER					
Obra:	Construcción de Puentes Por Reemplazo Obra N° 03 - Puente " La Muyuna"				
Ubicación:	Corredor Vial Nacional PE-8N, Km 97+580, Carretera Ciudad de Dios - Cajamarca, Distrito de Chilete, Provincia de Contumaza.				
Contratista:	CONSORCIO PUENTES PERU				
Puente:	Tipo Arco - La Muyuna				
Luz:	55 metros				
ITEM	DESCRIPCION	CONSTRUCCION CONVENCIONAL	CONSTRUCCION IMPLEMENTANDO LAST PLANNER	DIFERENCIA POR IMPLEMENTACION	COMENTARIOS
		TOTAL S/.	TOTAL S/.	TOTAL S/.	TOTAL S/.
1.00	Trabajos preliminares	S/. 1,714,260.89	S/. 1,686,981.78	S/. 27,279.11	optimización Mano de Obra 15%
2.00	Desvio provisional	S/. 964,396.30	S/. 949,049.82	S/. 15,346.48	optimización Mano de Obra 15%
3.00	Construcción de puente	S/. 4,007,493.49	S/. 3,943,722.07	S/. 63,771.42	optimización Mano de Obra 15%
4.00	Accesos	S/. 270,376.14	S/. 266,073.63	S/. 4,302.51	optimización Mano de Obra 15%
5.00	Plan de manejo ambiental	S/. 85,136.05	S/. 85,136.05	S/. 0.00	
COSTO DIRECTO		S/. 7,041,662.87	S/. 6,930,963.36	S/. 110,699.51	
GASTOS GENERALES DE OBRA		S/. 1,792,522.20	S/. 1,473,321.98	S/. 319,200.22	
Fijos (5.81%)		S/. 409,321.26	S/. 409,321.26	S/. 0.00	Gastos generales se reducen porque el plazo se acorta 3 meses
Variables (19.64%)		S/. 1,383,200.94	S/. 1,064,000.72	S/. 319,200.22	
Utilidad (10%)		S/. 704,166.29	S/. 693,096.34	S/. 11,069.95	
TOTAL sin IGV		S/. 9,538,351.37	S/. 9,097,381.68	S/. 440,969.68	
I.G.V. (18%)		S/. 1,716,903.25	S/. 1,637,528.70	S/. 79,374.54	
TOTAL con IGV		S/. 11,255,254.62	S/. 10,734,910.38	S/. 520,344.22	EL COSTO ES MENOR AL COSTO DE CONSTRUCCION CONVENCIONAL
PLAZO DE OBRA EN MESES		13 meses	10 meses	3 meses	Reducción de plazo
Comentario:	La optimización o eficiencia de Mano de Obra resulta de tomar un valor aproximado de la Tesis Implementación de LSP en Actividades de Concreto Armado para proyectos de Edificación Industrial, los valores obtenidos se encuentran entre el 12% y 45 %, consideramos para el análisis de estudio el 15%				

Elaboración: propia

Tabla V. 3. Comparativo con y sin LPS

5.2.4 Alcance de mejora del sistema de control Last Planner

Last Planner es un sistema de control de proyectos en donde se rediseñan los sistemas de planificación convencionales, para lo cual participan todos los involucrados del proyecto (entidad, supervisores, diseñadores, contratistas y sub-contratistas), entre otros actores, con el fin de lograr compromisos en la planificación. La planificación debe determinar lo que se debe hacer, cómo se debe hacer, qué acción debe tomarse, quién es el responsable de ella y por qué. En este sentido, y con el fin de implementar un sistema de planificación que incorpore los puntos antes mencionados tendremos en cuenta el sistema Last Planner, basado en los siguientes principios:

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

El sistema Last Planner apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso a mejorar los desempeños. Este incremento de la confiabilidad se realiza tomando acciones principalmente en dos niveles: planificación intermedia o Planificación Lookahead y planificación semanal.

5.2.5 Planes de acción en la propuesta de implementación del sistema Last Planner

5.2.5.1 Cronograma maestro (ciclograma)

Partiendo del programa maestro, la planificación está conformada por el conjunto de actividades que deberían hacerse en un futuro cercano. Para estudio de nuestro caso hemos utilizado la herramienta del **ciclograma de actividades** (ver anexo I - tabla V.4) ya que se puede manejar la duración de las actividades de una manera más amigable y entendible.

Elaboración: propia

Tabla V. 4. Ciclograma, obra n°03 – construcción depuentes por reemplazo en Cajamarca – puente Muyuna

5.2.5.2 Tren de actividades de ejecución

Se elabora el tren de actividades y en el inventario de trabajo ejecutable se define la planificación intermedia que presenta un nivel de detalle estándar de las actividades que serán ejecutadas las diferentes semanas (ver anexo II - tabla V.5).

[illegible]

Elaboración: propia

Tabla V.5. Tren de actividades de ejecución

5.2.6 Planificación Lookahead

En esta etapa se realiza la planificación a cuatro semanas, descomponiendo el cronograma maestro e incorporando los contenidos dentro del intervalo de tiempo definido en actividades más concretas a ejecutarse, identificando con mayor precisión las restricciones que nos impidan realizarlas, entendiendo por restricción situación o material que limita la ejecución de la actividad.

Para que el caso de estudio y el juicio experto se maneje de una manera más eficiente.

Por tanto, se tiene que cumplir los flujos de trabajo yendo en forma paralela con el análisis de restricciones. También, balancear de una manera más detallada las capacidades de trabajo. Para nuestro caso hemos elaborado el Lookahead (ver anexo III- tabla V.6).

Lookahead N° 1 (4 semanas)																													
CALENDARIO		6/05/2019	7/05/2019	8/05/2019	9/05/2019	10/05/2019	11/05/2019	12/05/2019	13/05/2019	14/05/2019	15/05/2019	16/05/2019	17/05/2019	18/05/2019	19/05/2019	20/05/2019	21/05/2019	22/05/2019	23/05/2019	24/05/2019	25/05/2019	26/05/2019	27/05/2019	28/05/2019	29/05/2019	30/05/2019	31/05/2019	01/06/2019	
Tren de actividades por SECTOR		Semana 1							Semana 2							Semana 3							Semana 4						
TRABAJOS PRELIMINARES																													
Habilitación de Almacén de Obra			H	H	H				H	H																			
Habilitación de Comedor, Oficinas y Vestuario			H	H	H	H			H	H																			
Habilitación de Cerco de Obra			H	H	H				H	H																			
Habilitación de SSHH, Duchas, Lavadero.				H	H	H			H	H																			
Habilitación de Agua para la Obra				H	H	H			H	H			H		H										H		H	H	
Habilitación de Energía para la Obra					H	H			H	H																		H	
Movilización de Equipos						M			M					H			M												
Agua para la Obra									A				A				A								A	A			
Topografía (Replanteo de Obra)			T	T	T	T			T	T	T	T					T	T	T	T					T	T	T	T	
Interferencias de redes de agua												I	I	I															
Interferencias de red de comunicaciones Telefónica																										I	I	I	
Interferencias de red de comunicaciones Hidráulica																										I	I	I	
Interferencias de Afectaciones por Desvío Prov.									I	I	I	I	I	I											I	I	I		
Habilitación de Señalización de Seguridad									S	S	S	S	S				S	S	S	S				S	S	S	S		
Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial																	MV	MV	MV	MV	MV	MV					MV	MV	
DESVÍO PROVISIONAL																													
Movimiento de Tierras																	MT	MT							MT	MT			
Colocado de Pícos como protección																	MT	MT							MT	MT			
Relleno de material propio: terraplen de vía provisional																	MT	MT	MT	MT	MT	MT			MT	MT	MT	MT	
Relleno compactado con afirmado acceso al Puente Prov.																												MT	
Excavación para Estribos de Pte. Provisional																										MT	MT	MT	MT
Estribos de concreto armado para Pte. Provisional																													
Nivelación Fondo de Estribo																													
Acero de Refuerzo en Estribo - Cimiento																													
Concreto f'cs 210 para Estribo																													
Acero de Refuerzo en Muro de Estribo																													
Encofrado de Muro de Estribo																													
Vaciado de Muro de Estribo																													
Desencofrado y Curado de Concreto y Relleno																													
PUENTE PROVISIONAL BAILEY																													
Llegada de Material de Estructura Metálica																													
Descarga y Almacenamiento de Estructura																													
Contrucción de Bases de Apoyos de Puente																													
Armado de Nariz de Lanzamiento																													
Armado de Estructuras de Apoyos																													
Armado de Puente Bagle																													
Lanzamiento de Puente Bailey																													
Armado de Pasarelas y Planchas de Tablero																													
Entrega final																													
PILOTAJE																													
Habilitado de Acero de Refuerzo para Pilotes																													

Elaboración: propia

Tabla V. 6. Planificación Lookahead 4 Semanas

5.2.7 Análisis de Restricciones.

Identificadas las actividades y sus restricciones, se realiza el análisis de las restricciones. Este análisis no se limita a poner un “sí” o un “no” a la posibilidad de ejecutar una actividad, sino que también implica proponer los medios para eliminar las restricciones identificadas (ver anexo IV, tabla V.7). Para nuestro caso de estudio lo dividimos en dos etapas: revisión de restricciones y preparación de restricciones.

5.2.7.1 Revisión de restricciones

Determinamos el estado de las actividades del Lookahead con respecto a sus restricciones: posibilidad de eliminarlas antes del comienzo programado de la actividad o necesidad de adelantarlas o retardarlas con respecto al programa maestro.

La revisión no sólo se realiza cuando se identifican las actividades a considerar en la planificación Lookahead, sino que se repite en cada ciclo de planificación, cuando se actualiza la planificación Lookahead y se incorpora una nueva semana.

5.2.8.2 Preparación de restricciones

Se toman las acciones necesarias para eliminar las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así puedan comenzar en el momento determinado, tomando en cuenta los siguientes puntos:

a) Confirmar el “tiempo de respuesta”

La eliminación de la restricción de una actividad, comienza por determinar quién es el último involucrado en eliminar la última restricción de aquella y determinar cuál es el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana Lookahead o la actividad no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre pueden presentarse, por lo que el contacto con los contratistas/proveedores es un elemento fundamental en el proceso de preparación. La confirmación de los tiempos de respuesta es parte del proceso de revisión

Tabla V. 7. Análisis de restricciones

5.2.8 Análisis de variabilidad del proyecto

En este Proyecto hemos identificado posibles variabilidades que nos puedan afectar en la construcción del puente Muyuna ya que tenemos como referencia e información de las variabilidades que ocurrieron en la construcción del puente Ñaña.

En este formato hacemos el planteamiento de identificar las variabilidades ocurridas en el proyecto puente Ñaña, de tal manera que nos permita analizar una estrategia para mitigar y reducir la variabilidad que se pueda presentar durante la ejecución del puente Muyuna.

<i>ANALISIS DE FUENTES DE VARIABILIDAD</i>			
Causa	Riesgo	Plan de Acción	Personal a Cargo
Interferencia Telefónica en el Desvío de tránsito	Interferencia con la Obra para el Desvío de Tránsito	Seguimiento a trámite correspondiente y aún pendiente la visita	Ing. Asistente de Residente
DME del proyecto ubicado en el DME de la Obra Puente el Tingo(de propiedad de la Sra. Felicita Yoplac), aún no se entrega dicha zona, inclusive se ha colocado una defensa con gaviones	Como no se ha entregado puede haber responsabilidades ajenas a CONSORCIO PUENTES PERU	Levantamiento topográfico de la margen izquierda en dirección de la quebrada el Mirme de propiedad de la Señora Felicita Yoplac, este sector no fue levantado topográficamente en el proyecto.	Ing. Asistente de Residente
Interferencia HIDRANDINA para el puente Definitivo	Interferencia con la Obra para los trabajos definitivos	Seguimiento a trámite correspondiente , pendiente la visita de campo realizada	Ing. Asistente de Residente
Actualmente se produjo un incidente en el Puente Existente, un vehículo pesado lo impactó dañando de alguna manera la Estructura	Cierre de Tránsito de Desvío alternativo que no estaba previsto, impacto social en estos momento	Se está organizando una mesa de trabajo con la Municipalidad de Chilete, MTC y Concesionario de la Vía Ciudad de Dios - Cajamarca, para evaluar la mejor solución.	Ing. Asistente de Residente

Elaboración: propia

Tabla V. 8. Análisis de fuentes de variabilidad

5.3. Indicadores de Gestión

5.3.1 Porcentaje de plan completo

Como forma de constatar y/o medir los resultados obtenidos de lo planeado vs lo ejecutado se elabora un formato de PPC (Porcentaje de Plan Cumplido) que a su vez irá acompañado de las causas de no cumplimiento con la finalidad de tomar las medidas correctivas y aplicarlas. De este modo obtendremos resultados que nos reflejen los beneficios obtenidos de la implementación (ver tabla V-9, V-10).

PROGRAMACION DE OBRA "PUENTE MUYUNA"																									
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES				SEMANA 1																					
				03/06/19		04/06/19		05/06/19		06/06/19		07/06/19		08/06/19		09/06/19		PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES COMPLETADAS (P.A.C)							
METRADO PROGRAMADO				M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	METRADO EJECUTADO				PPC %	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO				
	KG	M2	M3														KG	M2	M3						
TRABAJOS PRELIMINARES																									
Habilitación de Almacen de Obra																									
Habilitación de Comedor, Oficinas y Vestuario																									
Habilitación de Cerco de Obra																									
Habilitación de SSHH, Duchas, Lavadero.																									
Habilitación de Agua para la Obra																									
Habilitación de Energía para la Obra																									
Movilización de Equipos																									
Agua para la Obra																									
Topografía (Replanteo de Obra)																									

Elaboración: propia

Tabla V. 9. Porcentaje de plan completo, parte - I

PROGRAMACION DE OBRA"PUENTE MUYUNA"																									
DESCRIPCION DE ACTIVIDADES					SEMANA 5																				
					07/05/19		08/05/19		09/05/19		10/05/19		11/05/19		12/05/19		13/05/19		PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES COMPLETADAS (P.A.C)			CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO			
					L	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	D								
					M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T							
METRADO PROGRAMADO					M		T		M		T		M		T		M		T		METRADO EJECUTADO			PPC %	
KG					M2		M3										KG		M2		M3				
DESVIO PROVISIONAL																									
Movimiento de Tierras																									
Colocado de Rocas como protección																									
Relleno de material propio terraplen de via provisional																									
Relleno compactado con afirmado acceso al Puente Prov.																									
Excavación para Estribos de Pte. Provisional																									

Capítulo VI. Conclusiones

- a) Con la implementación del Last Planner System en la gestión de la producción de la empresa INCOT (caso de estudio), utilizando la información del proyecto puente Ñaña y aplicando las estrategias expuestas en nuestra tesis vamos a lograr un mejor desempeño en la construcción del puente Muyuna y por ende se habrá una mejora significativa de los procesos de construcción de los demás proyectos que se van a ejecutar. Asimismo, el Sistema Last Planner no necesita de un despliegue de gran tecnología ni de adquisiciones costosas, sino de un compromiso de todos los involucrados con la nueva filosofía de trabajo colaborativo, con la finalidad de reducir los plazos contractuales de ejecución al igual que los costos por tanto la rentabilidad proyectada no sufrirá mucha variación. Igualmente nos va a permitir aumentar la productividad ya que se optimiza la utilización de todos los recursos necesarios para la construcción del puente.

En referencia a la Implementación de la presente tesis se puede determinar de acuerdo a la tabla V.1, Costo de Implementación LPS y la tabla V.3, comparativo construcción con y sin LPS, que al realizar la implementación del Sistema Last Planner System, el costo que implicaría sería de 52,864.00 soles; y el costo que se podría optimizar posterior a la implementación podría alcanzar los 520,344.22 soles teniendo en cuenta que se llegará a cumplir con los plazos establecidos y generando 2.89% de utilidades adicionales.

Luego de la Implementación del LPS, originará mejorar algunos procesos que forman parte del Tren de actividades a fin de reducir tiempos estratégicamente de ciertas partidas lo que permitirá cumplir con los plazos contractuales, se puede mencionar algunos como por ejemplo:

- Para evitar mayor movimiento de materiales en Obra debe ubicarse estratégicamente las Obras Preliminares empleando un Layout inicial de Obra.
- Reducción de tiempos del Procedimiento de Lanzamiento del Puente Definitivo empleando un sistema de gatas hidráulicas.
- Alternativa de emplear placa colaborante o prelosas para no encofrar el Tablero del Puente, eso reduciría los tiempos.
- En la Super estructura se puede mejorar el proceso realizando despieces de los Arcos y las Vigas Tirantes, considerando mayor longitud de 15 a 20 metros a fin de reducir los trabajos de soldadura en el Montaje.
- En la Sub estructura se puede mejorar los procesos teniendo en cuenta incrementar el acero por contracción plástica en los refuerzos de los Estribos, eso permitirá tener vaciados masivos sin seccionamientos ni fisuraciones. Así mismo para la ejecución de trabajos con presencia de agua, con la finalidad de mejorar el proceso y no perder el ritmo de trabajo debe emplearse Electrobombas y motobombas en buen estado para deprimir la napa freática.

b) En referencia a la información recolectada de la construcción del puente Ñaña y accesos, se debe tener presente de acuerdo a la tabla IV.4, lecciones aprendidas, estos puntos muy importantes que sucedieron durante la

construcción este tipo de infraestructura vial del puente Ñaña, lo cual nos sirve para la implementación del LPS en la ejecución del puente Muyuna y para otros proyectos de similares características.

- c) Una herramienta importante y muy eficiente para emplear en este tipo de obras, es el Ciclograma ya que da una mayor visualización de los plazos y tiempos de la obra, el cual puede desarrollarse de acuerdo a los juicios expertos en formato Excel, el cual es mucho más dinámico que el MS Project (ver anexo I - tabla V.4).
- d) Las Variabilidades de este tipo de obras son importantes para la continuidad de los trabajos, los cuales inciden más cuando nos damos cuenta de este tipo de restricciones durante la ejecución de la obra cuando los plazos están transcurriendo, para tal efecto se ha desarrollado la tabla V.8, a fin de que se tenga en cuenta lo indicado antes de iniciar los plazos ya que esto nos puede llevar a paralizaciones, retrasos, multas, entre otros.

Capítulo VI. Recomendaciones

- a) Se recomienda a la empresa implementar el sistema Last Planner desarrollado en la presente tesis.
- b) Si se implementará el LPS, su aplicación debe ser continua en la ejecución de este tipo de infraestructura vial -puentes, lo cual incrementa significativamente la confiabilidad de su planificación. Esto permite al ingeniero residente, conjuntamente con todo el equipo de obra, eliminar una gran cantidad de pérdidas ocasionadas por la incertidumbre y la alta variabilidad, típicas de los procesos constructivos y proveedores.
- c) Se recomienda a la empresa constructora implementar el LPS a su sistema integrado de gestión a fin de transmitirlo a todos los responsables de cada obra y así la filosofía formará parte de sus procedimientos a fin de que se adquiriera esta como parte de su política de trabajo.

Bibliografía

(n.d.).

Campero Quezada, M., & Alarcón Cárdenas, L. (2008). *Administración de Proyectos Civiles (3° edición Ampliada)*. Universidad Católica de Chile, Santiago. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile .

Consortio puentes Perú. (2018). *"Elaboración de los expedientes técnicos definitivos y ejecución de las obras: construcción de puentes por reemplazo en cajamarca"*.

Glenn Ballard, H. (2000). *THA LAST PLANNER SYSTEM OF PRODUCTION CONTROL (Tesis de Doctorado)*. UNIVERSIDAD DE BIRMINGHAM, BIRMINGHAM.

Grupo INCOT. (2016). *PRI3 Operaciones INCOT*. Lima.

Gutierrez, C. A. (2017, julio). Implementación del Sistema Last Planner en Edificación en Altura en una Empresa Constructora (Tesis de Pregrado). Santiago, Santiago, Chile.

Howell, & Ballard. (1997).

Howell, Ballard, & Tanhuanpaa. (1997).

INCOT SAC Contratistas Generales. (2018). *Construcción del Puente Ñaña y accesos , evaluación economica del progreso en soles*. Lima.

Izquierdo, J. L. (2012, Julio). Lean Construction (Diplomado Productividad en la Construcción). Lima, Lima, Perú.

Izquierdo, L. (2012). Curso Lean.

Nieto Moronte, & Ruiz Vila. (2009). *ESTRATEGIAS PARA LAIMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN LAST PLANNER*.

XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA DE PROYECTOS,
BADAJOZ, BADAJOZ.

Orihuela, P., & Ulloa, K. (2011). La planificación de las Obras y el Sistema Last Planner. *Corporación Aceros Arequipa Construcción Integral Boletín N° 12*, 1-2.

PEDELTA, C. (2017). Resumen Ejecutivo.

Pelicer, E. (2014).

Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Santiago: Fundación Laboral de la Construcción.

Porras Diaz, H., Sanchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la Gestión de Proyectos de Construcción. *Avances Investigacion en Ingeniería Volumen 11*, 35.

Povias Descentralizado. (2015). *IV. 04.- Costos y presupuestos*.

Provias Descentralizado. (2015). *Contratación del servicio del estudio definitivo para la construcción del Puente Ñaña y accesos*. Lima.

Rodriguez Castillejo, W. (2003, Agosto). LEAN CONSTRUCTION. Amazonas, Amazonas, Peru.

RPP. (2018, Abril 30). *RPP*.

Sarmiento, J. L. (2007). *VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS DE CARGUIO Y TRANSPORTE (Tesis de Maestría)*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, LIMA, LIMA.

Serpell, A., & Alarcon, L. (2001). *Planificación y Control de Proyectos (Segunda Edición)*. Universidad Católica de Chile. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Vasquez Beteta, F. D. (2018). *Planificación y Control en el Desarrollo de la Construcción del Puente Carretero con la Aplicación Last Planner en la Provincia Huari – Áncash* (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Lima.

Vitteri Sarmiento, J. L. (2007). *VARIABILIDAD EN LOS PROCESOS DE CARGUIO Y TRANSPORTE* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), LIMA.

Vitteri Sarmiento, J. L. (2012). *CURSO VARIABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN* (Diplomado Productividad en la Construcción). DIAPOSITIVAS, UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS UPC, LIMA, LIMA.

Anexos

Anexo I

EL ANEXO 1 DEBE SER IMPRESO DESDE EL ARCHIVO ORIGINAL

Anexo II

[illegible]

Anexo III

Lookahead N° 1 (4 semanas)

[illegible]

Anexo IV

OBRA Nº03 - ANALISIS DE RESTRICCIONES PUENTE EL MUYUNA

[illegible]

Anexo V

Panel fotográfico ejecución de puente Ñaña

Vista N°01 Construcción de Estribos de Puente Provisional

Vista N°2 Armado de Estructura de Puente Reticulado

Vista N°3 Montaje de Puente con Nariz de Lanzamiento

Vista N°4 Armado y Lanzamiento de Estructura de Puente Reticulado

Vista N°5 Puente Provisional con Tablero de madera ya acceso peatonal interior –
Desvío Provisional

Vista N°6 Demolición de Puente Ñaña Existente

Vista N°7 Excavación para Estribos Definitivos

Vista N°8 Excavación final, colocación de Uña de Caisson

Vista N°9 Construcción de Estribos Definitivos

Vista N°13 Armado de Estructura Metálica tipo Arco

Vista N°14 Armado de Nariz de Lanzamiento y Castillos de Apeos o Apoyos Temporales

Vista N°15 Armado de Estructura metálica soldada h= 14 metros

Vista N°16 Instalación de Péndolas o Tirantes- Sistema VCL

Vista N°17 Montaje con Nariz de Lanzamiento 1er fase

Vista N°18 Montaje con Nariz de Lanzamiento 2da fase

Vista N°19 Montaje con Nariz de Lanzamiento 3era fase

Vista N°20 Culminación de Armado de Estructura Metálica Peso 420 Tn.

Vista N°21 Montaje con Nariz de Lanzamiento 4ta fase

Vista N°22 Montaje con Nariz de Lanzamiento 5ta fase

Vista N°23 Empleo de Tilfor y rodillos para lanzamiento

Vista N°24 Montaje con Nariz de Lanzamiento 6ta fase

Vista N°25 Encofrado colgante y colocación de Acero de Refuerzo Tablero

Vista N°26 Prueba de Carga del Nuevo Puente Ñaña

Vista N°26 Puente Ñaña culminado