



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“PROPUESTA DE APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PLANIFICACIÓN Y EL CONTROL EN LA EJECUCIÓN DE LA PARTIDA UBS DE LAS OBRAS DE SANEAMIENTO RURAL EN LA EMPRESA RIPESA PERÚ E. I. R. L. - 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Jose Alexander Carrera Noriega

Will Anthony Paredes Paredes

**Asesor:**

Mg. Gonzalo Hugo Diaz Garcia

Lima - Perú

2021

## DEDICATORIA

*La presente tesis se la dedico a Dios, creador de todas las cosas, quien me ha dado la fortaleza y la vida para seguir adelante en esta gran iniciativa.*

*Los autores*

## AGRADECIMIENTO

*A los ingenieros, algunos de ellos amigos, que me enseñaron  
grandes cosas y conocimientos que me sirven día a día en la  
vida profesional.*

*Los autores*

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPITULO II. MARCO TEORICO .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>114</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>120</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Desperdicios tipo muda en el contratista y la interventoría. ....	51
Tabla 2 Desperdicios tipo muda en el contratista y la interventoría. ....	52
Tabla 3 Técnicas y herramientas de recopilación de información.. ....	59
Tabla 4 Matriz de técnicas e instrumentos. ....	60
Tabla 5. Matriz de consistencia .....	62
Tabla 6.Herramientas más utilizadas para la gestión de obras con filosofía LEAN CONSTRUCTION .....	72
Tabla 7. Proceso de construcción de una UBS (PULL SESSION). ....	81
Tabla 8. Lista de metrados para construir una unidad básica de saneamiento rural. ....	86
Tabla 9. Secuencia de actividades para la construcción de una UBS.....	87
Tabla 10. Cuadrilla de trabajo seleccionada, la asignación de trabajo. ....	88
Tabla 11. Actividades clasificadas como TRABAJO PRODUCTIVO (TP) .....	88
Tabla 12. Actividades clasificadas como TRABAJO CONTRIBUTORIO (TC).....	88
Tabla 13. Actividades clasificadas como TRABAJO NO CONTRIBUTORIO (TNC) .....	89
Tabla 14. Comparación de rendimientos cuadrilla actual vs cuadrilla propuesta .....	101
Tabla 15. Tabla de Rendimiento de la cuadrilla propuesta en comparación al expediente técnico. .....	102
Tabla 16. Plazo de ejecución de la actividad por la cuadrilla propuesta .....	103
Tabla 17. Responsables y conformación de cuadrillas de trabajo. ....	107
Tabla 18. Programación de trabajos semanal (SEMANA 01) .....	109
Tabla 19. Programación de trabajos semanal (SEMANA 02) .....	110
Tabla 20. Programación de trabajos semanal (SEMANA 03) .....	110
Tabla 21. Programación de trabajos semanal (SEMANA 04) .....	110
Tabla 22. Programación de trabajos semanal (SEMANA 05) .....	111
Tabla 23. Programación de trabajos semanal (SEMANA 06) .....	111
Tabla 24. Programación de trabajos semanal (SEMANA 07) .....	111
Tabla 25. Programación de trabajos semanal (SEMANA 08) .....	112
Tabla 26. Metas logrados en el periodo 2.....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tríadas del sistema de ejecución de proyectos ajustados (LPDS).....	26
Figura 2	Tríadas de sistema de ejecución de proyectos ajustados más uso de instalaciones.	28
Figura 3	Lean Project Delivery system. ....	34
Figura 4	Proceso Lookahead, alistar (Make Ready) mediante revisión (Screening) y arrastre (Pulling).	42
Figura 5	Sistema tradicional de planificación “Push” .....	42
Figura 6	Last Planner, un sistema Pull .....	43
Figura 7	Planificación por fases y el detalle de la fase en análisis.....	45
Figura 8	Comparación de Práctica tradicionales vs Phase Schedulling .....	46
Figura 9	Ejemplo de Lookahead Schedule, período de 3 semanas. ....	49
Figura 10	Modelo de Transformación-Flujo-Valor (TFV).. ....	52
Figura 11	Metas que contiene el proyecto en análisis.....	65
Figura 12	Diagrama de Gantt de la Partida de Unidades Basicas de Saneamito .....	66
Figura 13.	Tiempos de programación de la partida de Unidades Básicas de Saneamiento. 68	
Figura 14	Calendario de Avance de Obra Valorizado Programado.....	69
Figura 15	Curva “S” de avance físico de obra. ....	70
Figura 16	Formato de Valorización N° 07 de Obra. ....	71
Figura 17	Ejemplo de formato comúnmente utilizado para la toma de datos: CARTA BALANCE .....	77
Figura 18	Niveles de planificación. LAST PLANNER SYSTEM. ....	78
Figura 19.	Flujograma de actividades para realizar las Instalaciones de sanitarias en una Unidad Básica de Saneamiento (UBS).....	85
Figura 20	Carta Balance de la Cuadrilla 01 (Actual) .....	90
Figura 21	Carta Balance de la Cuadrilla 02 (Propuesta) .....	91
Figura 22.	Resultados de la aplicación de carta balance en la cuadrilla 01 (%TP, TC, TNC ) 92	
Figura 23	Diagrama de pastel de la distribución general del trabajo .....	94
Figura 24	Resultados de la aplicación de carta balance en la cuadrilla 02 (Propuesta) (%TP, TC, TNC)95	

Figura 25	Diagrama de pastel de la distribución general con la cuadrilla propuesta. ....	97
Figura 26	Análisis del trabajo productivo de la cuadrilla propuesta .....	98
Figura 27	Análisis de los trabajos contributorios .....	98
Figura 28	Análisis de los trabajos no contributorios. ....	99
Figura 29	Distribución de tiempo del Operario.....	100
Figura 30	Distribución de tiempo del Peón. ....	100
Figura 31	Secuencia del planeamiento que se propone para el proyecto en Ejecución .....	105
Figura 32	Sectorización de los trabajos en función a la ubicación de las UBS.....	106
Figura 33	Programación Look Ahead .....	108

## RESUMEN

La empresa Ripesa Perú ejecuta proyectos licitados al sector público y como tal surge la imperiosa necesidad de cumplir con plazos de ejecución estipulados en sus contratos.

La Iniciativa del Estado Peruano con la entrada en vigencia de la **R.M. 192-2018 DEL MVCS<sup>1</sup>**, es que los componentes de los sistemas de agua sean más estandarizados, lo que conlleva a que puedan establecerse nuevos métodos de trabajo que mejoren la producción y productividad en la ejecución de obra y más importante que estas mejoras puedan replicarse en más obras.

Bajo este criterio se propuso implementar la filosofía lean Construction en la empresa, específicamente a la partida de UBS de una obra de saneamiento rural; aplicamos la herramienta Carta Balance en la etapa de ejecución para determinar la distribución de tiempo en una actividad determinada obteniendo como resultados que: 21% del tiempo de trabajo es TP, 30% del tiempo TC, 49% del tiempo del trabajo es TNC.

Se aplicó la herramienta tren de actividades y last planner a la partida de UBS<sup>2</sup>. Proponiendo una programación de actividades de ejecución en base al último planificador y con el compromiso de todos los involucrados (logística, equipo técnico, operarios, peones, etc.).

**Palabras clave:** Licitación, estandarización, producción, productividad, lean construction, saneamiento, Carta Balance, tiempo productivo, tiempo contributorio, tiempo no contributorio,

---

<sup>1</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

<sup>2</sup> Unidad Básica de Saneamiento

## ABSTRACT

The company Ripesa Perú executes projects tendered to the public sector and as such arises the urgent need to meet the execution deadlines stipulated in their contracts.

The Initiative of the Peruvian State with the entry into force of the R.M. 192-2018 OF THE MVCS, is that the components of the water systems are more standardized, which leads to the establishment of new working methods that improve production and productivity in the execution of work and, more importantly, that these improvements can be replicated in more works.

Under this criterion, it was proposed to implement the lean Construction philosophy in the company, specifically at UBS's departure from a rural sanitation work; We apply the Balance Chart tool in the execution stage to determine the distribution of time in a given activity, obtaining the results that: 21% of the work time is TP, 30% of the TC time, 49% of the work time is TNC.

The activity train tool and last planner were applied to the UBS game. Proposing a schedule of execution activities based on the latest planner and with the commitment of all those involved (logistics, technical team, operators, laborers, etc.).

Keys words: tender, standardization, production, productivity, lean construction, sanitation, Balance Letter, productive time, contributory time, non-contributory time,

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La situación actual de cambios en los procesos constructivos a nivel mundial crece aceleradamente, lo que implica que nos adaptemos a los cambios y adoptemos algunos métodos de trabajo que ya en otros países vienen tiempo siendo implementadas y formando parte del proceso de sus proyectos, estos métodos permiten el más eficiente uso de recursos tanto naturales (agua para consumo) como económico-financieros y que a su vez se cumplan con los plazos de entrega.

Métodos como “El Lean” ha demostrado en todos los sectores de ingeniería que su correcta aplicación permite hacer frente a las nuevas exigencias del mercado.

Esta novedosa metodología sigue los principios de mejora continua, en un sentido más general: minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final. A partir de la aplicación de técnicas dentro de los procesos de construcción se aumenta la productividad y se disminuyen los desperdicios, por consiguiente, se mejoran la rentabilidad total del proyecto. Además, el rendimiento de los sistemas de planificación y control son medidos y mejorados.

El agua de uso consuntivo es cada vez más escasa y se requiere especial cuidado en su tratamiento, como en su distribución y posterior consumo, por eso las obras de saneamiento deben tener especial cuidado en el uso del recurso natural, con el presupuesto y el impacto que un proyecto de este tipo de proyectos.

En el país aún son pocas las empresas que desarrollan métodos de mejora y los implementan dentro de sus procesos; para lidiar con la variabilidad e incertidumbre inherentes a los procesos constructivos, el Lean apunta a reducir esa variabilidad y lograr compromisos de planificación confiables.

En la actualidad el estado peruano a través del ministerio de Vivienda y municipalidades, financia proyectos de saneamiento rural con la finalidad de que cada vez sean más los peruanos que cuenten con los servicios básicos, y que la población rural satisfaga sus necesidades básicas de saneamiento, mejorando así su calidad vida.

Aún el estado no incluye dentro de sus procesos de licitación y selección la metodología Lean o el BIM como etapa del proceso de licitación pública, otros países ya los vienen incluyendo, nuestra investigación pretende demostrar el impacto positivo que tienen las nuevas metodologías en las obras de saneamiento rural.

Según Castro (2019), las empresas que se dedican a ejecutar proyectos de saneamiento rural se han visto en la necesidad de mejorar el proceso de planificación de este tipo de proyectos, debido al aumento de la competencia que genera presupuestos de licitación son más ajustados. Las nuevas metodologías constructivas como el Lean se volverán una ventaja comparativa y una buena alternativa en la planificación y control de costos de las empresas que licitan obras públicas.

## 1.2. Formulación del problema

¿La propuesta de filosofía lean construction mejorará la planificación y control de la CONSTRUCCION de UBS de las obras de saneamiento rural de la empresa RIPESA PERÚ E.I.R.L.?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

Proponer la filosofía lean construction para mejorar la planificación y control en la ejecución de la partida UBS de las obras de saneamiento rural de la empresa RIPESA PERÚ E.I.R.L.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el sistema de planificación actual(tradicional) en la ejecución de la partida de UBS en las obras de saneamiento en la Empresa RIPESA PERÚ EIRL.
- Identificar las herramientas de la filosofía Lean Construction que mejor se ajustan para la planificación y control de la ejecución de partida UBS de las obras de saneamiento rural.
- Aplicar la herramienta CARTA BALANCE en la CONSTRUCCIÓN para identificar TP, TC, TNC, en las actividades de la CONSTRUCCIÓN UBS de las obras de saneamiento rural.
- Aplicar la herramienta tren de actividades y last planner system en la partida de UBS para la planificación de la construcción de las obras de saneamiento rural.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

La aplicación del “lean construction” mejora la planificación y control en la ejecución de la partida UBS de las obras de saneamiento rural de la empresa RIPESA PERU E.I.R.L.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- Realizar el diagnóstico de la planificación empleada actualmente, mejora la aplicación de las herramientas de la filosofía Lean de la programación.
- Las herramientas a utilizar para cuantificar la planificación y control de la partida UBS en las obras de saneamiento rural son mejores que las herramientas actualmente usadas.
- La aplicación de la herramienta CARTA BALANCE ayuda a la identificación de tiempos productivo (TP), tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC) lo cual permite mejorar los tiempos de ejecución de la partida de UBS.
- El método del TREN DE ACTIVIDADES y LAST PLANNER para la planificación y control de la construcción de UBS de obras de saneamiento rural mejora la planificación vs el método actualmente usado.

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

#### 2.1.1 Antecedentes generales

Existen diversos trabajos de investigación relacionados a mejorar los procesos productivos en obras de edificación que se desarrollaron e implementaron en empresas a nivel nacional e internacional; aunque muy pocas investigaciones se enfocan en proyectos de saneamiento rural, sin embargo, en nuestro País es fundamental darle importancia debido a la falta de agua potable que tienen los pobladores peruanos, por otro lado, el reglamento de saneamiento rural facilita la implementación de mejoras productivas ya que viene desarrollando planos estándar que permite desarrollar procesos constructivos y replicarlos en otras obras.

La investigación es realizada con la finalidad de servir de antecedente para futuras investigaciones relacionadas a mejorar la producción de las obras de saneamiento rural.

#### **Programa De Saneamiento Rural**

Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR) creado el 7 de enero de 2012 mediante Decreto Supremo 002-2012-VIVIENDA con la finalidad de honrar el compromiso del Gobierno del Perú de atender a las poblaciones más necesitadas del ámbito rural con servicios de agua y saneamiento integrales, de calidad y sostenibles.

Así, el PNSR es una instancia no solo de rectoría de la acción pública y de intervención, sino también de orientación y catalizador del esfuerzo por asegurar agua de calidad y saneamiento a los peruanos y peruanas que habitan en áreas rurales.

Esta es la demostración palpable que, por primera vez en decenios, las poblaciones pobres del ámbito rural son el eje central de la política de inclusión social y representan una prioridad dentro de las políticas públicas del Gobierno y del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MCVS).

Por otro lado, el **RM 192-2018 DEL MINISTERIO DE VIVIENDA: NORMA TÉCNICA DE DISEÑO: OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA SISTEMAS DE SANEAMIENTO RURAL.**

Cuyo objetivo es: Definir los diseños definitivos de las opciones tecnológicas de saneamiento, los criterios para su selección, diseño y forma de implementación para los proyectos de saneamiento en el ámbito rural.

Estandarizar las opciones tecnológicas desarrolladas en el presente documento y en los anexos que lo complementen, son de uso obligatorio del Ingeniero Sanitario responsable del proyecto de saneamiento en el ámbito rural.

### **2.1.2 Antecedentes internacionales**

Según Pons Achell (2014) en su obra titulada “**Introducción a Lean Construction**”, publicada por la Fundación Laboral de la Construcción, con sede en Madrid presenta como objetivo principal establecer que el procedimiento de gestión tradicional que se ha sido usado hasta este momento está más centralizado en las técnicas que en la generación de beneficio al usuario.

Pons Achell (2014), concluye que:

1. Esto es un hecho que hemos logrado verificar en los últimos años, ya fuera en la construcción de un edificio de viviendas, una infraestructura pública o un edificio destinado a ofrecer servicios públicos.
2. Los usuarios y consumidores están siendo cada vez más exigentes y ahora están mejor informados, demandan mayor calidad a un menor coste y una entrega de valor que se ajuste más a sus necesidades y condiciones actuales.
3. El cliente – propietario o usuario final – pasa a jugar un papel clave dentro de todo el ciclo de vida del proyecto, y es este quien definirá o ayudará a definir los principales valores por los que se regirá el proyecto. Esto requiere más competitividad por parte de las empresas y agentes sociales que intervienen en todo el proceso constructivo.
4. El conjunto de principios, conceptos y herramientas que nos ayudará a lograr con éxito todos estos objetivos se agrupa bajo el paraguas de Lean Construction, que es una filosofía de trabajo y un sistema de producción que ha venido para quedarse.

Angeli Gutiérrez (2017), en su tesis titulada “Implementación del Sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructora: estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel”, para optar por el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Andrés Bello, presenta como objetivo principal implementar la metodología Last Planner, así como detectar y analizar cuáles son los problemas de cómo implementar el sistema en los casos de estudio, eso conlleva a establecer mejoras para evitar los problemas de implementación en la constructora.

Angeli Gutiérrez (2017) concluye que:

1. La reducción de la variabilidad se cumple, pues al tener una programación semanal confiable, se disminuye la diferencia entre lo que se programa y lo que se ejecuta realmente en obra.
2. El mayor problema que se identificó en la realización de esta metodología es la poca o nula motivación que tienen los trabajadores para querer mejorar los procesos constructivos. Es muy difícil cambiar la mentalidad e incentivarlos a que esta herramienta puede ser una gran ayuda para ellos mismos, pues con una buena planificación y comunicación en terreno, es posible aumentar la productividad y eliminar tiempos muertos, que es el gran responsable de los atrasos en las obras.

### 2.1.3 Antecedentes nacionales

Valle Rojas (2017), en su tesis titulada “**Mejora de la productividad en las partidas de falso cielo raso de Superboard e instalación de ventanas de cristal templado mediante el uso de las herramientas de la filosofía lean construction en la obra construcción del hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba – Cajamarca – 2017**”, para el optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte, presenta como objetivo principal demostrar cómo se puede mejorar la productividad en las partidas de Falso Cielo Raso de Superboard e Instalación de Ventanas de Cristal Templado mediante el uso de las herramientas de la Filosofía Lean Construction en la Obra, “Construcción del Hospital II-1 Nuestra Señora del Rosario de Cajabamba – Cajamarca – 2017”, mediante el uso de las herramientas de la filosofía Lean Construction.

Valle Rojas (2017), concluye que:

1. Con el uso de las herramientas de la Filosofía Lean Construction se mejoró la velocidad de ejecución de la mano de obra productiva de 4.08 m<sup>2</sup>/día a 6.71 m<sup>2</sup>/día; siendo la velocidad requerida de 7m<sup>2</sup>/día según el expediente técnico de obra.
2. Se mejoró el rendimiento de 1.9592 a 1.1925, siendo el rendimiento de referencia 1.1429 del expediente técnico.

Miranda Casanova (2012), en su tesis titulada “**Implementación del sistema Last Planner en una habitación urbana**”, para optar el título de Ingeniero Civil, presenta como objetivo principal llegar a entender los conceptos de la Lean Production en la construcción (denominada Lean Construction), saber dónde y cómo surgió, entender que en la construcción si se puede llevar un planeamiento adecuado, tal y como se da en el sector manufacturero.

Miranda Casanova (2012), concluye que:

1. Para la implementación del LPS en la empresa inmobiliaria, el autor diseñó formatos para que sean manejados en las reuniones periódicas.
2. Se evidenció durante la ejecución, que uno de los componentes más significativos para alcanzar una ejecución exitosa del LPS, es la responsabilidad y cooperación de las partes del equipo de obra y asimismo que esta responsabilidad sea tomada por las jefaturas y gerencia de la compañía.
3. La manera en la que se puede conseguir esta responsabilidad sería a través de charlas de inducción más minuciosas en relación al LPS y los beneficios que supone utilizarlo en obra.

Collachagua Fernandez (2017) en su tesis titulada “**Aplicación de la filosofía en la construcción de departamentos multifamiliares "La Toscana", como herramienta de mejora de la productividad**”, publicada por la Universidad Continental, sede Huancayo presenta como objetivo principal determinar el beneficio de la aplicación de las diversas herramientas Lean Construction para mejorar la productividad en la construcción de los departamentos multifamiliares “La Toscana”.

Collachagua Fernandez (2017) concluye en esta investigación que:

1. Las mediciones del Nivel General de Actividad realizadas para la etapa de construcción del casco de la obra Departamentos Multifamiliares "La Toscana", son: a) Trabajo productivo = 46%,  
b) Trabajo contributorio = 34%  
c) Trabajo no contributorio = 20%),
2. Los datos obtenidos en las mediciones están por encima de los resultados obtenidos en las mediciones hechas a las obras de Lima en el año 2006:  
a) TP = 32%  
b) TC = 43%  
c) TNC = 25%
3. Se demuestra que la aplicación de la filosofía “lean” es beneficioso para mejorar la productividad porque permite tener una mejor distribución de los tiempos que busca:  
a) Aumentar el trabajo productivo.  
b) Disminuir el trabajo contributorio.  
c) Eliminar el trabajo no contributorio.

Collachagua Fernandez (2017), finalmente considera que la aplicación de la herramienta de planificación y control de la producción “**Last Planner System**”, permitió reducir considerablemente los efectos de la variabilidad en su proyecto.

Tunque Raymundo (2018) en su tesis titulada “**Filosofía Lean Construction aplicada a la mejora de la productividad de la construcción del edificio multifamiliar en la ciudad de Lima**”, publicada por la Universidad Nacional Federico Villarreal, sede Lima presenta como objetivo principal analizar la Productividad en la Construcción del Edificio Multifamiliar Parque Prada, Distrito de Magdalena del Mar, Lima – Perú”, en las fases de estructuras, rendimientos y recursos.

Tunque Raymundo (2018) concluye en esta investigación que:

Respecto al conocimiento de la filosofía de “Lean Construction”

1. Un tercio de las compañías constructoras de Lima Metropolitana no han aprovechado la filosofía Lean Construction en sus proyectos.

2. Las empresas limeñas del sector construcción respaldan la aplicación de la planificación de Lean Construction en la reducción de la variabilidad de las actividades de construcción de edificios multifamiliares.
3. Las empresas limeñas del sector construcción consideran que el diseño y ejecución de la filosofía de Lean Construction es muy trascendental para perfeccionar el acatamiento del cronograma de actividades.
4. Las empresas limeñas del sector construcción opinan que las evaluaciones del desempeño de los proveedores contribuyen con los procesos productivos, para ello se debe tener con mayor control del cumplimiento de contratos, así como la retroalimentación de futuros proyectos en la construcción de viviendas multifamiliares.

Guzmán Tejada (2014) en su tesis “**Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos**” publicada por la Pontificia Universidad Católica del Perú, con sede en Lima presenta como objetivo principal transmitir el conocimiento conseguido en base a la ejecución y aplicación de Lean Construction en una compañía del medio, para así no quitar ojo al detalle el procedimiento de programación, realización y control de un proyecto bajo los lineamientos que plantea esta nueva ideología. También detalla los instrumentos que plantea el Lean Construction para optimizar la productividad en construcciones con la disminución de las mermas o pérdidas, con la finalidad de incrementar el valor del producto para los clientes finales y a su vez incrementar las ganancias de la empresa.

Guzmán Tejada (2014) concluye que:

1. Se puede concluir que la aplicación de las herramientas Lean en un proyecto de construcción, en especial de edificaciones, tiene muy buenos resultados en el desarrollo del proyecto, tanto en la productividad como en el plazo y costo.
2. El uso de la sectorización y los trenes de trabajo en el proyecto hizo posible que se tenga una curva de aprendizaje en las partidas más incidentes del proyecto (Concreto, encofrado y tarrajeo) reduciendo los tiempos de ejecución de las actividades hasta en un 40% (Tarrajeo) con respecto a los rendimientos iniciales, es decir se incrementó hasta en un 40% la producción diaria de la cuadrilla debido al porcentaje de aprendizaje obtenido que para el caso de esa partida fue de 88%.

3. El uso del Last Planner System nos permite reducir considerablemente los efectos de la variabilidad sobre nuestros proyectos, en nuestro caso aplicando todos los niveles de planificación y programación que contiene el last planner se logró cumplir con el plazo establecido para terminar la etapa de casco de la obra (09-0712), esto debido a que se cumplían en gran medida las programaciones semanales que eran desprendidas del lookahead de obra llegando a obtener un nivel de cumplimiento de la programación del 75% lo cual está por encima de lo estándar en los proyectos de edificaciones de la capital.
4. Los resultados obtenidos en las mediciones de productividad realizadas en la etapa de casco de la obra “Barranco 360°” (Trabajo productivo = 40%, Trabajo contributorio = 41% y Trabajo no contributorio = 19%) están por encima de los resultados promedio obtenidos en mediciones de las obras de lima en los años 2001 (TP = 28%, TC = 36% y TNC = 36%) y 2006 (TP = 32%, TC = 43% y TNC = 25%); esto nos da un punto de referencia respecto a la importancia de la aplicación de la filosofía Lean para mejorar la productividad en las obras de construcción y en especial las de edificaciones, ya que es en este tipo de proyectos en los cuales la mano de obra tiene mayor incidencia en cuanto al costo del proyecto.

#### 2.1.4 Antecedentes locales

Villacorta Varas (2018), en su tesis titulada **“Productividad y La Filosofía Lean Construction en la ejecución de una obra de edificación en la ciudad de Trujillo”**, para optar el título de Ingeniero Civil, publicada por la Universidad Privada del Norte, sede Trujillo presenta como objetivo principal expresar cómo se manipula la producción en la edificación de una obra utilizando los conceptos de la metodología “Lean Construction”. Así mismo, las herramientas que propone el IGLC (International Group of Lean Construction), se tomara mediciones de rendimiento reales de todas las Actividades en un formato llamado ISP (Informe Semanal de Producción).

Villacorta Varas (2018), concluye que:

1. Este estudio que se va realizar para aportar aspectos teórico-prácticos relacionados a la gestión de los proyectos de las empresas constructoras, que ayudará a mejorar la productividad de las mismas en sus procesos constructivos.
2. El rubro de la construcción viene creciendo significativamente en el Perú debido al déficit de infraestructuras existentes. Sin embargo, la mayoría de las empresas se rige por un sistema de construcción tradicional con procedimientos constructivos ineficientes lo que nos limita como país a crecer con mayor velocidad.
3. Al bajo nivel de productividad, se suma el problema de la seguridad laboral del sector. Estos indicadores nos permiten visualizar la poca evolución que ha estado teniendo el sector construcción en el Perú a pesar de su apogeo económico en esta última década.

Paredes Contreras (2019), en su tesis titulada **“Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en obras de edificación de la Ciudad de Trujillo”**, para optar el título de Ingeniero Civil, publicada por la Universidad César Vallejo sede Trujillo presenta como objetivo principal establecer la influencia del estudio de la Filosofía “Lean Construcción” en la Rendimiento de las obras de construcción en la Ciudad de Trujillo.

Paredes Contreras (2019), menciona que su tesis es de tipo explicativo y posee un corte de tipo transversal, así como un estudio de variables de tipo experimental; con un diseño para la investigación cuasi experimental.

Paredes Contreras (2019), concluye que:

1. Para la discusión, luego de haber estudiado la actividad de vaciado de concreto en columnas en el caso de estudio, se determinó los tres tipos de trabajos productivos (TP), contributarios (TC) y no contributarios (TNC), realizando un diagnóstico inicial, se utilizó la técnica de lean construction como el nivel de carta de balance de cuadrilla, mediante el cual se determinó, TP 9%, TC 29% y TNC 62%, aplicando las teorías y técnicas de lean construction se planteó las mejoras proponiendo soluciones claras y directas para el aumento de la productividad, obteniendo TP 15%, TC 46% y TNC 39%, demostrando un aumento del trabajo productivo en 6% y con la carta de balance se determinó que se mejoró la productividad en 36%.
2. Además, se utilizó una muestra poblacional no probabilístico, los cuales estuvieron organizados en 2 grupos, un grupo de control y un grupo experimental, a los cuales se les aplicó mediante la técnica de la encuesta un cuestionario con 17 preguntas dirigidas, en la recolección de datos se aplicó la técnica de la observación de campo y el análisis de documentación.
3. Los datos obtenidos fueron analizados mediante la estadística descriptiva, con el Alpha de Cronbach de orden 0.938 se determinó que el instrumento tiene una alta confiabilidad.

La empresa RIPESA PERU E.I.R.L. cuyo inicio de actividades se dio en 2011, es una empresa dedicada a la elaboración y ejecución de proyectos, relacionados con la ingeniería, como obras eléctricas, obras de saneamiento, estructuras metálicas, pavimentos, construcción de canales y sistemas de abastecimiento de agua potable, consultorías y servicios.

La empresa actualmente tiene amplia experiencia en obras de saneamiento rural, debido a que ha ejecutado 9 obras de saneamiento rural entre los años 2011 y 2018 y actualmente está ejecutando La obra denominada “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE EXCRETAS DEL CASERÍO VÍCTOR RAÚL HAYA DE LA TORRE, DISTRITO DE USQUIL - OTUZCO - LA LIBERTAD”. La misión que persigue es que, “Ripesa Perú E.I.R.L., es una empresa

que se dedica a la consultoría y construcción en general; con altos estándares de calidad, costos y plazo fijados; contribuyendo seguridad y preservación del medio ambiente y social”. Con una visión de “Ser líder en la construcción y consultoría alternativo, en el sector público y privado, y que nuestras obras y consultoría, sean lo mejor en el ámbito de la región al 2020

La empresa RIPESA PERÚ E.I.R.L. no tiene un control eficiente del avance de sus proyectos, siendo más específicos, manejan el avance según la información que el ingeniero residente de obra le envía al jefe de proyectos y al gerente general de la empresa. El Gerente general hace seguimiento a los costos según el gasto en planillas (mano de obra) y costo de materiales enviados a obra.

El jefe de proyectos y el gerente general miden de diferente forma el avance de obra y el consumo de recursos, lo que hace imposible que se pueda manejar información confiable y que sirva para futuras obras (lecciones aprendidas).

## **2.2. Bases Teóricas**

### **1. Sistema de ejecución del proyecto**

Morales Camprubí (2015), considera que la frase "sistema de ejecución del proyecto" se ha utilizado tradicionalmente para indicar la estructura contractual del proyecto, por ejemplo, diseño-licitación-construcción o diseño-construcción. En este contexto, se entiende que 'entrega' es un tipo de transacción y una cuestión clave es cómo estructurar la transacción.

Rodríguez Fernández (2007), afirma que el diseño y la construcción se considera un medio para proporcionar a un cliente una única entidad contratante con la que interactuar, en lugar de celebrar contratos con múltiples actores y heredar así la tarea y el riesgo de coordinar sus acciones.

Por el contrario Ballard (2000) afirma que la comunidad de la construcción ajustada entiende la "entrega" en términos de los procesos de trabajo reales que se utilizan para trasladar una instalación del concepto al cliente.

En el ámbito de la construcción, la entrega implica diseñar y realizar instalaciones de capital, edificios, puentes, fábricas, etc. La construcción se diferencia de otros tipos de sistemas de producción basados en proyectos por el tipo de productos que produce, cuya característica diferenciadora es que eventualmente se arraigan en un lugar.

Los productos de la construcción comparten con los aviones y barcos la característica de que, en el proceso de ensamblaje, se vuelven demasiado grandes para moverse a través de las estaciones de trabajo, por lo que las estaciones de trabajo deben moverse a través de los productos. En consecuencia, los edificios, aviones y barcos se fabrican mediante la fabricación de posiciones fijas. Sin embargo, a diferencia de los aviones y los barcos, los edificios y los puentes están anclados en un lugar y están diseñados para una ubicación específica, a menudo tanto técnica como estéticamente.

Para Ballard (2000) Los sistemas tradicionales de ejecución de proyectos persiguen la 'tarea' de ejecución de proyectos y descuidan tanto la maximización del valor como la minimización de los residuos. Este enfoque confunde la vista de "tareas" con la gestión del proyecto. Un sistema de ejecución de "proyectos lean" es aquel que está estructurado, controlado y mejorado en la búsqueda de los tres objetivos, es decir, los objetivos de transformación / flujo / valor propuestos por Koskela (2020).

Para Koskela L (2002), si bien las técnicas son importantes, y técnicas como 'kanban' se han identificado con los sistemas de producción ajustados, todos los sistemas que persiguen los objetivos de TFV son, en principio, sistemas de entrega ajustados, aunque algunos serán más "ajustados" que otros. Dado que es imposible lograr simultáneamente los elementos del ideal lean (que es brindar un producto único a cada cliente, en tiempo cero, sin nada en las tiendas ni ningún otro tipo de desperdicio), las técnicas van y vienen, pero los objetivos serán perseguidos perpetuamente.

El sistema de ejecución de “proyectos lean”, tal como se concibe actualmente, incorpora muchos elementos de la práctica avanzada en la construcción actual. No obstante, están compuestos en un sistema de entrega completo, en lugar de suceder de forma solitaria. Al mismo tiempo, varias semejanzas entre el conocimiento lean y tradicional manifiestan, al inspeccionarlas, ser insustanciales.

Para Morales Varela (2015) por ejemplo, los modos de diseño y construcción de estructurar las relaciones contractuales pueden parecer compartir con las características del sistema esbelto, como los equipos multifuncionales y el diseño integrado de productos y procesos.

Sin embargo, el diseño y la construcción como tal no tiene nada que ver con cómo se diseñan y construyen las cosas, solo con cómo un cliente adquiere sus instalaciones de capital.

Morales Varela (2015), menciona que los modos de entrega de diseño y construcción solo persiguen el objetivo de transformación de los sistemas de producción y no persiguen como tales los objetivos de valor o flujo.

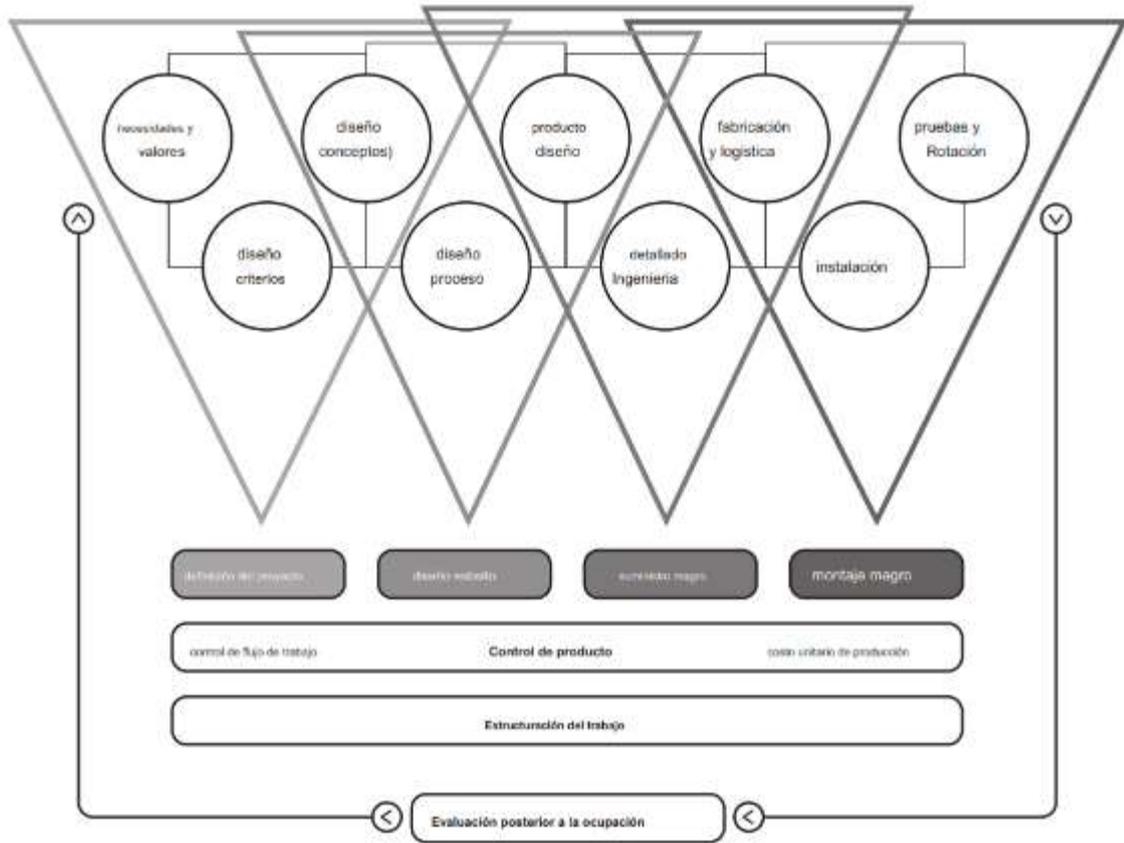
## **2. Modelo de sistema de ejecución del “proyecto ajustado” (LPDS 1)**

Pons Achell (2014), menciona que los proyectos se han entendido durante mucho tiempo en términos de fases, por ejemplo, diseño previo, diseño, adquisición e instalación. Una de las diferencias clave entre la ejecución de proyectos tradicionales y lean se refiere a la relación entre las fases y los participantes en cada fase.

El modelo en la Figura 1 representa esas fases en triángulos superpuestos, la primera de las cuales es la Definición del Proyecto, que tiene el trabajo de generar y alinear los valores, conceptos de diseño y criterios de diseño del cliente y las partes interesadas. Estos tres elementos se determinan de forma recursiva.

En otras palabras, cada uno puede influir en el otro, por lo que es necesaria una conversación entre los distintos interesados. Por lo general, como una buena conversación, cada persona se va con una comprensión diferente y mejor de la que trajo consigo. Tradicionalmente, la definición del proyecto ha sido realizada por el arquitecto (o ingeniero, para proyectos ajenos a la construcción) trabajando solo con el cliente.

Figura 1  
 Tríadas del sistema de ejecución de proyectos ajustados (LPDS).



Fuente: elaboración propia

Porras Díaz (2014), considera que, en la Definición de Proyecto Lean, participan representantes de todas las etapas del ciclo de vida de la instalación, incluidos los miembros del equipo de producción que la diseñará y construirá.

La alineación de valores, conceptos y criterios permite la transición a la fase de Lean Design, en la que se produce una conversación similar, esta vez dedicada a desarrollar y alinear el diseño de productos y procesos a nivel de sistemas funcionales. Durante esta fase, el equipo del proyecto permanece alerta a las oportunidades de incrementar el valor.

En consecuencia, el proyecto puede volver a la definición de proyecto. Además, las decisiones de diseño se aplazan sistemáticamente para permitir más tiempo para desarrollar y explorar alternativas.

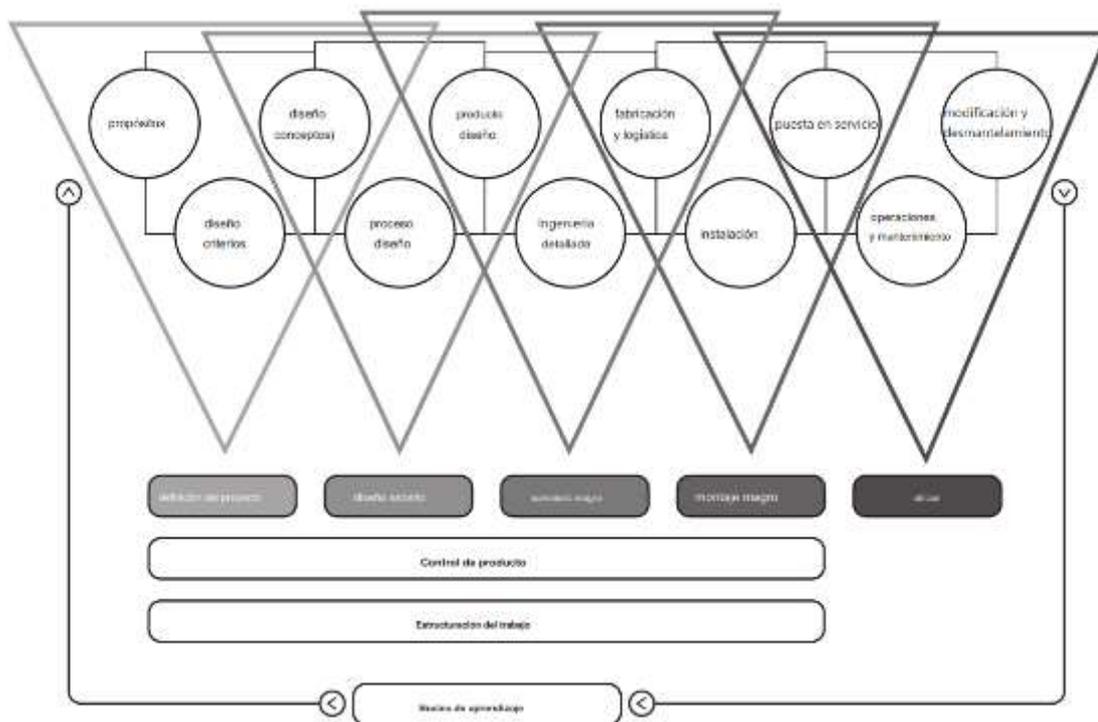
Koskela (2020) indica que el diseño tradicional la gestión se caracteriza por la exigencia de congelar el diseño y por una tendencia a reducir muy rápidamente un conjunto de alternativas a una única selección. Aunque se hace en nombre de la velocidad (y a menudo impulsado por tarifas de diseño limitadas), esto causa retrabajo y confusión, ya que una decisión de diseño tomada por un especialista entra en conflicto con los criterios de diseño de otro. La estrategia 'basada en conjuntos' empleada en Lean Design permite a especialistas interdependientes avanzar dentro de los límites del conjunto de alternativas que se están considerando actualmente. Y obviamente, el tiempo rara vez es ilimitado en los proyectos de construcción, por lo que eventualmente se debe hacer una selección de alternativas.

### **3. Vinculación de LPDS (Upstream and Downstream)**

Koskela (2020) considera que el punto de partida para la ejecución del proyecto varía mucho. Los clientes con programas de instalaciones de capital en curso generalmente realizan un análisis comercial y una evaluación de viabilidad antes de contratar a un equipo de entrega. En otros casos, el análisis y la viabilidad pueden ocurrir solo después de involucrar al equipo. En general, se ha encontrado que es preferible que el equipo de ejecución participe antes en el análisis comercial y la evaluación de viabilidad. Cuando se contrata a un equipo después de que se hayan realizado esas funciones, la primera tarea debe ser revisar la planificación previa, para que al menos puedan comprender a fondo el caso de negocios del cliente y puedan hacer contribuciones valiosas con respecto a posibilidades alternativas, previamente no consideradas. opciones, el costo o el tiempo de las opciones, etc.

El sistema de ejecución de proyectos ajustados produce una instalación para que la utilice el cliente. El uso del cliente puede estar representado por una quinta tríada, que contiene comisionamiento, operaciones y mantenimiento, reforma y desmantelamiento, todos ellos previstos en las fases anteriores (figura 2).

*Figura 2*  
*Tríadas de sistema de ejecución de proyectos ajustados más uso de instalaciones.*



*Fuente: elaboración propia*

Koskela (2020), indica que el traspaso del equipo de entrega al equipo de operaciones y mantenimiento generalmente se realiza durante la puesta en servicio y la puesta en marcha de la instalación. Sin embargo, estrictamente hablando, el traspaso ocurre una vez que la instalación está funcionando con el desempeño deseado. En consecuencia, ese tiempo de aceleración debe incluirse en las mediciones de la duración del proyecto y también en los esfuerzos para reducir la duración del proyecto.

#### **4. Concepto de desarrollo sostenible**

Para Koskela (2020), la construcción sostenible se define principalmente por la industria que vela por la conservación de los recursos naturales durante todo el ciclo de vida del edificio (energía, agua, materiales no renovables), optimizando el consumo de materias primas con el fin de reducir el deterioro del medio ambiente y garantizar la comodidad social y económica.

Para O. Ogunbiyi (2013) un proyecto de construcción sustentable y ecológico debe necesariamente tener en cuenta los objetivos del desarrollo sustentable en cada etapa de las decisiones: diseño, construcción, uso y demolición.

Susunaga Monroy (2014) menciona que, además de estas ganancias al nivel de desarrollo socioeconómico y la protección del medio ambiente, las prácticas de construcción sustentable aseguran otros beneficios intangibles como el fortalecimiento del nombre de la empresa en el mercado, la resistencia a la competencia global, la mejora de la calidad de la infraestructura y la creación de condiciones de trabajo, garantizando la motivación y satisfacción de los empleados.

## 5. Lean thinking

Miranda Casanova (2012), indica que esta preferencia tiene sus inicios como metodología “Lean Thinking” en el año 1995, y el soporte para el inicio de esta directriz es el modelo de producción Toyota del cual tomaron diversas herramientas. Para saber al dedillo y comprender esta ideología, se debe conocer ciertas terminologías japonesas que provienen del TPS y son muy utilizados en la metodología “Lean Thinking”:

- ♣ Muda (無駄) – sobrante, derroche, merma
- ♣ Kaizen (改善) – Perfección continuo incremental
- ♣ Kanban (看板) – Ficha, carácter
- ♣ Heijunka (平準化) – Compensación de la producción

La metodología “Lean Thinking” posee 5 principios primordiales, los que concretamos de la siguiente manera:

- A. **Limitar el valor:** El valor es una investigación o un producto que está generado de forma tal que el usuario está preparado a costear por él. Asimismo, logramos expresar que el coste es determinado por el usuario y establecido por el productor. Por ello Miranda Casanova (2012) indica que para que una compañía sea conocida como “Lean”, en tal razón tendrá que especificar el valor desde la vista del usuario y para conseguir aquello le corresponderá hallar aquellas acciones que

forman valía ya que cualquier acción que no aumente el coste que costearía el usuario, sólo añade coste al proyecto.

- B. Determinar el influjo del valor:** El influjo del valor son aquellos métodos, acciones y funciones imprescindibles para formar el beneficio desde que es imaginado hasta que es cedido al usuario. Para todo este transcurso se debe nivelar y excluir toda la merma que ocurriese.

Paredes (2017), nos indica que para lograr asemejar el influjo de costo se utiliza la técnica del VSM (Value Stream Map), que es en contexto la representación gráfica de la correcta vía del beneficio desde el encargo hasta el desembolso.

Miranda (2012) nos comenta en su tesis que al utilizar el “Value Stream Map”, se encontrará los 02 modelos de sobra. El primero que se debe descartar (sobrante clase 01 - “Muda”) y existe también el que es inevitable para lograr terminar el proyecto en el período y forma definida.

Sobrante clase 01: Acción relativamente sin beneficio adherido, sin embargo, obligatorio para cumplir con las actividades, y por ello estas actividades únicamente adicionan gastos al proyecto.

Sobrante clase 02 (“Muda”): Acciones que no poseen nivel de importe agregado, lo que significa “Muda” a descartar.

- C. Hacer fluir el proceso:**

Debemos disminuir los lapsos de tardanzas en el influjo de valor, y se puede alcanzar retirando los inconvenientes en el proceso general, estos inconvenientes se pueden definir como la “muda”.

- D. “Pull” (Jalar):**

Miranda (2012) menciona que para proporcionarle un más grande precio al producto o servicio tenemos que extraerlo del usuario, ya que alrededor de él es que se concibe el producto. Por tal motivo es que se tiene que buscar incluir al usuario en el transcurso procesal que nos acarrea a conseguir el producto.

- E. Mejora Continua:**

Todo proyecto “lean” necesita gozar de una búsqueda inquebrantable y siempre en investigación de la mejora continua. Asumiendo como norma máxima la separación de más “muda” en cada avance.

## 6. Construcción sin perdidas

Paredes (2019) indica que esta nueva filosofía es contestación ante la parvedad de reemplazar las insuficiencias que se tienen en la edificación en relación a la productividad, seguridad y calidad. Eso se da porque, si cotejamos la productividad de la edificación con la de una manufactura, la variedad entre ambos es considerable ya que la postrera es mucho mejor porque los procesos que se maniobran en las industrias son perfeccionados mientras que en la edificación poco o nada se investiga para ser mejorado.

Corahua (2017) menciona que, referente a la seguridad en la edificación, es destacado que es muy incipiente ya que habitualmente no se imagina como un punto significativo al elaborar en muchas de las labores que se ve en cotidiano, por el sencillo motivo que se opina que se está concibiendo excesivos cotos y uso de recursos en relación a los instrumentos y métodos de seguridad. Y, definitivamente respecto a la calidad, notoriamente que se podría perfeccionar aún más de lo que se forma hoy en día, más ahora porque surgen nuevos requerimientos que se tienen que efectuar con un excelente estándar de calidad. La teoría de Lean Construction tiene como objetivo optimizar el influjo de responsabilidad, disminuyendo la versatilidad y la dependencia entre acciones en la construcción. La Lean Construction como tal se alcanza materializar en base al método de Last Planner, consiguiendo así generar todos los nuevos pensamientos y conocimientos de las compañías manufactureras a las de edificación, esto gracias a los innovadores de esta nueva cosmología en la edificación: Laurin Koskela y Glend Ballard.

El surgimiento de esta nueva filosofía es debido que se tiene un aliviar la falta de carencias que se tiene en la construcción en comparación a la productividad, seguridad y calidad. Se sabe que en la Productividad la industria se tiene una mayor optimización mientras que en la construcción se tiene poco aspecto para ser optimizado.

En torno a la seguridad en la construcción, por el hecho que se piensa que se está generando mayores gastos, usos de los recursos en cuanto implementar y mejorar el sistema de seguridad; se considera un punto no tan importante en la mayoría de las obras que se ven a diario Por ultimo respecto a la calidad, hoy en día se consideran

muchas más exigencias que de deben de cumplir. Por la cual la teoría de Lean Construction (Construcción sin pérdidas) ayuda a la mejora del flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades.

Miranda (2012), en su tesis menciona que, gracias a los innovadores de estas nuevas ideologías en la edificación Laurin Koskela y Glend Ballard se consiguió seguir las nuevas ideologías y conocimientos de las compañías manufactureras en la edificación. Esto sucede cuando se consigue materializarse la Construcción sin pérdidas con el Last Planner.

### **7. Lean Project Delivery System (Proyecto Sistema de entrega sin pérdidas)**

Pons (2014) indica que la Lean Construction fue fundada desde la primicia en la realización de los planes de edificación, lo que significa que, en el período substancialmente operativa, con el objetivo de conseguir progresos en relación a la producción y como enseña la filosofía Lean, en la reducción de 27 pérdidas.

Pons (2014) menciona que la concentración de este enfoque se ve visiblemente en la ejecución del régimen del Last Planner, existiendo esta una de las experiencias más populares en cuanto a la atención de la nueva ideología en la edificación. Debido a esta orientación y ante la parvedad de optimizar en la gerencia de los proyectos, se desarrolla el Lean Project Delivery System desde la Lean Construction, ya que la meta del Lean Construction Institute por sus siglas LCI, es ampliar una nueva y superior modo de plantear y cimentar bienes de capital. Así al irse realizando las experiencias y orientaciones de la nueva ideología en la edificación, se fue ampliando más allá de la fase productiva para afuenter a las áreas de proyecto, suministro, contrato de proyectos, etc., obteniendo así una permutación en las relaciones de los stakeholders del proyecto.

Pons (2014) considera que se define el concepto normal del LPDS como “una perspectiva basada en la gestión de la producción para esbozar y edificar bienes de capital, en el cual, el proyecto viene constituido y manejado como un proceso de generación de valor”. Uno de los principales aspectos del LPDS es la estructuración del trabajo, este término fue acuñado por el Clean Construction Institute, concepto que surge en contestación ante la proyección de planes que se concebía en el sistema

tradicional usado en la edificación, el cual se fundamentaba esencialmente en una organización organizativa siendo nombrada como Work Breakdown Structure, por sus siglas “WBS”. La WBS segmentaba el trabajo a realizar en síntesis y lo une a una Organizacional Breakdown Structure, por sus siglas “OBS”, para determinar así la responsabilidad de la entrega de estos elementos, pero esto es erróneo pues todos los elementos del plan son interrelacionados. Y si pensamos que el valor aparece originado porque “el todo es más que la adición de las partes”, por lo tanto, ultimaremos que el coste surge de la dependencia de los elementos que satisfacen el plan. Por tal razón, para afirmar las dependencias entre los elementos del plan, se requiere la noción del “Work Structuring”, cuyo vocablo fue establecido “para señalar el progreso de las operaciones y del trascurso de diseño, en distribución con el diseño del provecho, la distribución de las cadenas de suministro, la retribución de los recursos y el diseño de la instalación.”

Así mismo Ballard (2000) indica que la intención del “Work Structuring” “el hacer más convincente y aligero el influjo de labor mientras que contribuye cuantía para el usuario” y con el fin de conseguir avances en relación a rendimiento en toda fase ejecutiva, es decir desde un comienzo de toda realización de los planes de edificación y disminución de pérdidas como se muestra en la ideología del Lean, se sirvió como inicio al Lean Construcción. Asimismo, esta orientación se ve visiblemente en la ejecución del Método del Last Planner, siendo esta una de las utilizadas en la gestión de la nueva ideología en la edificación.

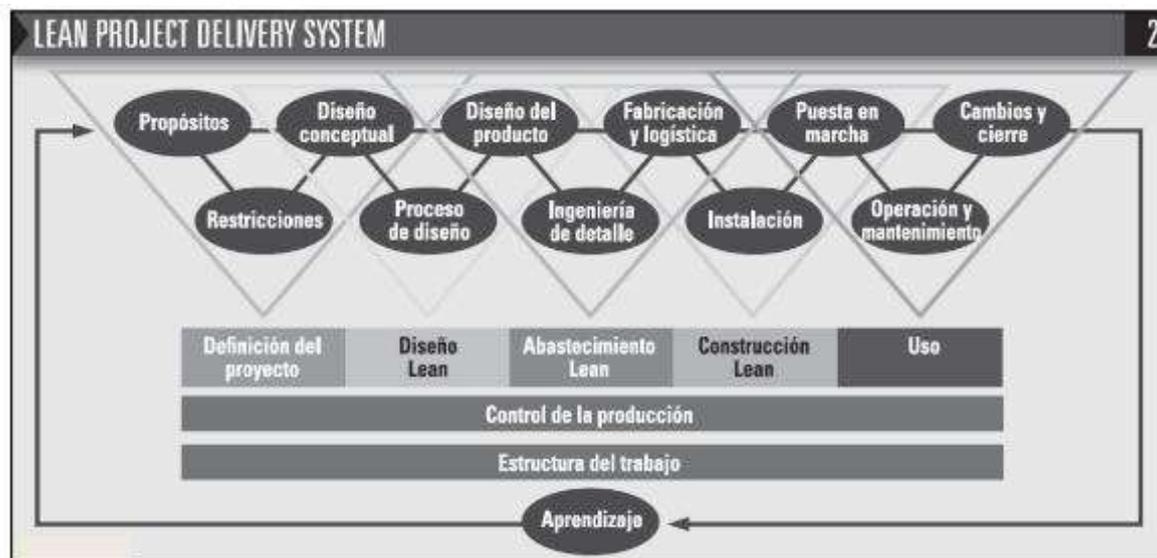
De acuerdo a esta perspectiva y ante la parvedad de optimizar en la dirección de los proyectos, se despliega el Lean Project Delivery System desde la construcción sin perdidas, ya que la misión del Instituto de construcción sin perdidas, es desplegar una nueva y sobresaliente forma de plantear y edificar patrimonios de capital.

De esta manera, al empezar efectuando las habilidades y orientaciones de la nueva ideología en la edificación, se fue ensanchando más allá del periodo productivo para registrar a las áreas de diseño, suministro, negociación de proyectos, logrando así una permutación en las relaciones de los stakeholders del proyecto.

Como se aprecia en la figura 3, el modelo del LPDS se divide en 7 fases y 12 módulos. 05 etapas interrelacionadas que tienen dentro a 11 módulos, las etapas se nombran:

- Definición del Proyecto
- Diseño Lean
- Suministro Lean
- Instalación Lean
- Uso
- Las fases faltantes son:
- Control de la producción, compuesto por:
  - Control del flujo de trabajo
  - Control de la unidad de producción
  - Estructura del trabajo

*Figura 3  
Lean Project Delivery system.*



*Fuente: elaboración propia*

Miranda (2012) indica que, de acuerdo al esquema del LPDS, alcanzamos a prestar atención que la organización de la labor es durante todo el período del proyecto, a de acuerdo a que los colaboradores precisan y redelimitan los procedimientos. Por tal

razón, todas las disposiciones referentes a la organización del trabajo serán utilizadas en todas las etapas del proyecto. Así también, la organización de labor precisa el método a lo prolongado del proyecto, de la misma manera el registro de la producción asevera que el plan sea desarrollado de acuerdo a lo proyectado, y la designación que el LCI da al acceso de la fabricación es el de Last Planner.

## **8. Last Planner system**

Miranda (2012) indica que, en el esquema del patrón de la LPDS, como pudimos ver se tiene una fase que se lleva a cabo a todo lo extenso del proyecto, siendo uno de ellos el de Registro de la Producción, con el cual cercioramos que lo que se proyecta se alcance a establecer teniendo la mínima desviación de la programación inicial. El Last Planner System, es un método de registro de producción, pero para concebir de una mejor manera esta última concepción, iremos más detrás para lograr comprender que es control y producción. La Producción es equivalente de “crear”, y se logra concebir como el agregado de operaciones utilizadas para transformar las particularidades de las materias primas, con el propósito de conseguir un resultado que es consignado a un usuario. Este pensamiento de producción es catalogado dentro del tipo de fabricación, en toda la forma de “crear”.

Así es como, dentro de este pensamiento, Ballard (2000) sostiene que el “esquema e industria han coexistido pocas veces pensadas como métodos de producción, la orientación casi por completo se instala en concebir los sucesos en vez de bosquejarlas”. La bibliografía respecto a la gestión de la producción en manufactura es extensa, pero siempre abordándose desde el punto de vista industrial, y otro tanto menor respecto al aspecto psicológico/sociológico. A inicios del siglo XX comenzó la producción en masa en las industrias manufactureras, especialmente en la automotriz, teniendo en su haber muchos aportes teóricos a lo largo del tiempo, pero a mediados del siglo XX fue apareciendo en Japón un nuevo sistema de Producción en la fábrica Toyota, a partir del cual se inicia la Lean Production llamada así en contraposición de la producción en masa. En base a esta nueva filosofía de producción, Ballard en su tesis de doctorado involucra el diseño y fabricación dentro de la concepción de producción, indicando: “la definición de la producción como el diseño y fabricación de artefactos nos permite entender cómo la construcción es un tipo de producción y

también que el diseño es un componente esencial en la producción en general y específicamente en la construcción.”

Miranda (2012), indica que, desde este espacio de perspectiva, el más notorio figurado de la producción en la edificación, es Lauri Koskela. Así mismo, logramos comprender a la producción como el transcurso que envuelve el diseño y elaboración de artefactos. La concepción del término Control, es muy extenso y puede ser usado en el hilo organizacional, con el cual valoramos el servicio frente a un método establecido.

Dentro de diferentes proyectos de varios autores aplicados de este tema (Robert B. Buchele, Buró K. Scanlan y Henry Farol), logramos reconocer que especifican al control como un elemento de demostración o comprobación, como un proceso de medida de deducciones, o como la medida de acciones. Todo esto conexas eternamente a una programación o un patrón, mediante el cual se intenta alcanzar un objetivo específico. Y como consecuencia del control se logra dictámenes, acciones correctivas, identificación de debilidades, etc. Así logramos razonar el control en carácter universal como “Un puesto administrativo, ya que satisface porción del proceso de gestión, que admite comprobar, verificar, trastear, calcular, si la diligencia, transcurso, elemento, módulo o sistema escogido está efectuando y/o adquiriendo o no los resultados que se plantean”. En base a la filosofía Lean control simboliza “causar un futuro deseado” en lugar de emparejar diferencias entre lo proyectado y lo existente (en dificultad a las nociones del Project Management).

Es por eso que, Howell (1999) arguye que el control se redelimita a partir de “verificar objetivos” hacia “concebir que los sucesos acontezcan” o como indicamos “producir un expectante futuro”. Por Control de la producción se entiende como el proceso que gobierna la ejecución de los planes y se extiende desde el comienzo hasta el fin del proyecto. Por ello el control de la producción, concibe la producción como un flujo de materiales e información entre especialistas que cooperan, para generar valor para el cliente. Decimos que el Last Planner System® es un sistema de Control de producción debido a que con este sistema se rediseña los sistemas de planificación ordinarios y se incorpora a un mayor nivel de participantes como a maestros, subcontratistas, ingenieros, etc. Todo ello con la finalidad de lograr los compromisos en la planificación. Lauri Koskela, propuso unos criterios o principios para diseñar un

adecuado sistema de control de la producción (Koskela, 1999). Para Paredes Contreras (2019) los principios son:

1. Primer principio, “las asignaciones deben ser razonables en relación a sus condiciones previas”, esto hace referencia a que no deberíamos comenzar un tarea o labor hasta que no estén a disponibilidad todos los suministros o herramientas necesarios para completar dicha tarea, llamado “Complete kit” en inglés por Ronen en 1992. “Este principio procura minimizar el trabajo en condiciones sub-óptimas”. (Ballard, 2000, p.2)
2. Segundo principio, “el cumplimiento de las asignaciones es medido y monitoreado”, la forma de medir este cumplimiento es el Porcentaje de Plan Cumplido (PPC), el cual será explicado a detalle más adelante. Este enfoque hace que reduzcamos el riesgo de variabilidad en tareas o flujos que vienen después de la actividad que evaluamos.
3. Tercer principio, “se investigan las causas de no-cumplimiento (non-realization) y esas causas son eliminadas”. Las causas de no cumplimiento son las razones porque no se concluyeron las actividades programadas.
4. Cuarto principio, “sugiere mantener un paquete de tareas de amortiguación (buffers) razonables para cada equipo de trabajo”, esto hace referencia a que en caso no se pueda realizar una tarea programada, se debe tener tareas que estén libres de restricciones para ser ejecutadas en su lugar, para evitar así perdida de producción o reducción de la productividad.
5. Quinto principio, “en la planificación lookahead (con un horizonte temporal de 3 a 4 semanas), los requisitos previos de asignaciones inminentes deben ser liberados de forma activa”, lo cual hace referencia claramente aún sistema “pull”, donde se busca asegurar que todos los requisitos previos estén disponibles para la ejecución de las asignaciones. Estos cinco principios son aplicados en el Last Planner System, tal como se irá viendo en el desarrollo del presente capítulo. Para ello pasaremos a definir a quienes se llama Last Planner y todo lo que involucra el seguir este novedoso sistema.

Según Paredes (2019) El Last Planner System fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell, basándose en los principios de la Lean Construction. El sistema desarrollado 33 es una herramienta para controlar las

interdependencias existentes entre los procesos y reducir la variabilidad entre estos, y por lo tanto asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación dentro de la filosofía Lean Construction, este aseguramiento es posible ya que la ausencia de variabilidad significa producción confiable (Tommelein, 1998). La variabilidad sólo la podemos controlar teniendo funcionamientos fiables y usando procedimientos simples y estándares para pronosticar fácilmente el desempeño. En cuanto al término Last Planner, según Ballard (2020) en su tesis de doctorado enuncia lo siguiente: “En última instancia, alguien (un individuo o un grupo) decide qué trabajo físico, específico será realizado mañana.

Este tipo de planes han sido llamados asignaciones”, son únicos porque controlan el trabajo directo en vez de la producción de otros planes. La persona o el grupo que producen las asignaciones son llamados el “Last Planner”. Por ello la traducción al castellano de Last Planner es de “Último Planificador” ya que esta persona o grupo de personas son las últimas encargadas de definir las asignaciones para el día a día de la obra. Dentro del glosario de términos de la Lean Construction Institute, Last Planner se define como: “La persona o grupo de personas que producen las asignaciones para los trabajadores directos”. Debemos entender que la planificación no es simplemente el desglose de actividades que se preceden unas a otras, con la finalidad de poder obtener el presupuesto para la cuantificación de costo y lograr una programación con un inicio y fin del proyecto.

Con la planificación debemos ser capaces de poder definir qué se debe hacer, que es lo que se puede hacer, que es lo que se hará, que acciones se debe tomar para que se cumpla la planificación e indicar los responsables de dicha planificación. Por ello con esta necesidad de cubrir estos puntos mencionados, es que el Last Planner System apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con ello mejorar los desempeños. El incremento de fiabilidad se lleva a cabo mediante la planificación intermedia (Lookahead Planning) y mediante el plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan). Antes de definir estos conceptos, debemos citar la concepción que Ballard da respecto al Last Planner System: “El Last Planner System de control de producción es una filosofía, reglas y procedimientos, y una serie de herramientas que facilitan la implementación de esos procedimientos. En relación a los procedimientos,

el sistema tiene dos componentes: control de las unidades de producción y control del flujo de trabajo” (Ballard, 2000).

Como unidades de producción en la construcción se entiende como una cuadrilla de obreros o grupo de ellas que se especializan en un tipo de labor, el término en inglés es “Production unit – PU”. Estos dos componentes van relacionados con la división de la fase de Control de Producción, ya que el “control de flujo de trabajo” se lleva a cabo mediante planificación intermedia (Lookahead planning), mientras que el “control de las unidades de producción” se realiza mediante el plan de trabajo semanal (weekly work plan), mediante las cuales se puede incrementar la fiabilidad como ya se indicó. De ambos componentes podemos decir que el control de flujo de trabajo, como su nombre lo dice, se refiere a que se debe hacer que fluya el trabajo activamente a través de las unidades de producción (production unit) para lograr objetivos más alcanzables. Por ello el control de flujo de trabajo, “coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción” (Ballard, 2000).

Mientras que el trabajo del control de las unidades de producción es hacer que las asignaciones realizadas a las unidades de producción (trabajadores o cuadrillas) sean mejores mediante el aprendizaje y acciones correctivas a su debido momento, de esta manera este componente “coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño” (Ballard, 2000). Como se indicó con anterioridad, el Last Planner es el que determina las “asignaciones” para el día a día, pero estas son producto de una adecuada planificación, en donde vemos intervenir los conceptos de Debería (Should), Puede (Can), Hará (Will) e hizo (Did). Esto es así ya que el Last Planner indica lo que se Hará (Will), siendo esto ajustado por lo que se Debería (Should), y además considerando las restricciones que presenta el puede (Can).

De esta manera Ballard, presenta un esquema para entender la relación entre estas concepciones durante la planificación de asignaciones.

Los elementos que conforman o que estructuran el Last Planner System® se indican a continuación:

- Cronograma Maestro (Master Schedule)

- Planificación por fases (Phase Schedule)
- Planificación Intermedia (Lookahead Planning) - Análisis de Restricciones (Constraints Analysis)
- Reserva de Trabajo ejecutable (Workable Backlog)
- Plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan) - Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete - PPC) - Razones de No Cumplimiento (Reasons for Nonconformances)

## 9. Control de las unidades de producción

Recordemos que “el Control de las unidades de producción coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño” (Ballard 2000), y uno de los puntos importantes para el funcionamiento de un sistema de planificación a nivel de las unidades de producción es la calidad de su producción, esto se refiere a la calidad de los planes producidos por el último planificador o Last Planner. Esta planificación del Last Planner se refleja en lo que se denomina Plan de Trabajo Semanal (Weekly Works Plan). Los criterios de calidad para una asignación de una tarea en el Weekly Work Plan son:

- a. Definición (Definition): La acción esté bien definida.
- b. Viabilidad (Soundness): El trabajo escogido es práctico o razonable, es decir, puede ser realizado.
- c. Secuencia (Sequence): Se escoge la secuencia de trabajo correcta.
- d. Tamaño (Size): Se escoge la cantidad de trabajo correcta.
- e. Aprendizaje (Learning) El detalle de estos criterios de calidad se encuentra ubicado en el punto “3.5.5.1 Asignaciones de Calidad (Quality Assignments)” dentro del ítem de Planificación Semanal. La manera que podemos medir la calidad de lo planificado, es mediante el Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete – PPC). Este indicador PPC “se vuelve el estándar en relación al cual se ejerce control a nivel de unidades de producción... un PPC mayor corresponde a realizar más trabajo debido con los recursos dados, es decir, corresponde a mayor productividad y avance.” (Ballard 2000).

Por lo tanto, el PPC mide el grado en que el compromiso del planificador (Hará – Will) fue materializado. Y en caso haya tareas que no se lograsen ejecutar, es necesario una retroalimentación de las fallas para que esto ocurriese, por ello se realiza un análisis de no conformidad o razones de no cumplimiento (Reasons for NonConformances). Mediante este análisis se puede mejorar el PPC de las siguientes semanas y en consecuencia mejorar el rendimiento del proyecto.

## **10. Control del flujo de trabajo**

El otro componente del sistema de planificación, es el control de flujo de trabajo que consiste en “hacer que el trabajo se mueva entre las unidades de producción en una secuencia y a un ritmo deseados” (Ballard, 2000). Además, también el control del flujo de trabajo coordina la ejecución del trabajo (flujo del diseño, abastecimiento, e instalación) a través de las unidades de producción. Planificación Intermedia (Lookahead Planning) como se mencionó con anterioridad, el control de flujo de trabajo dentro del sistema de planificación se lleva mediante la Planificación Intermedia o Lookahead Planning. En el proceso de Lookahead Planning, se propone una visión de 4 a 6 semanas, según se determine por el equipo de la obra, al cual se llama Lookahead Window.

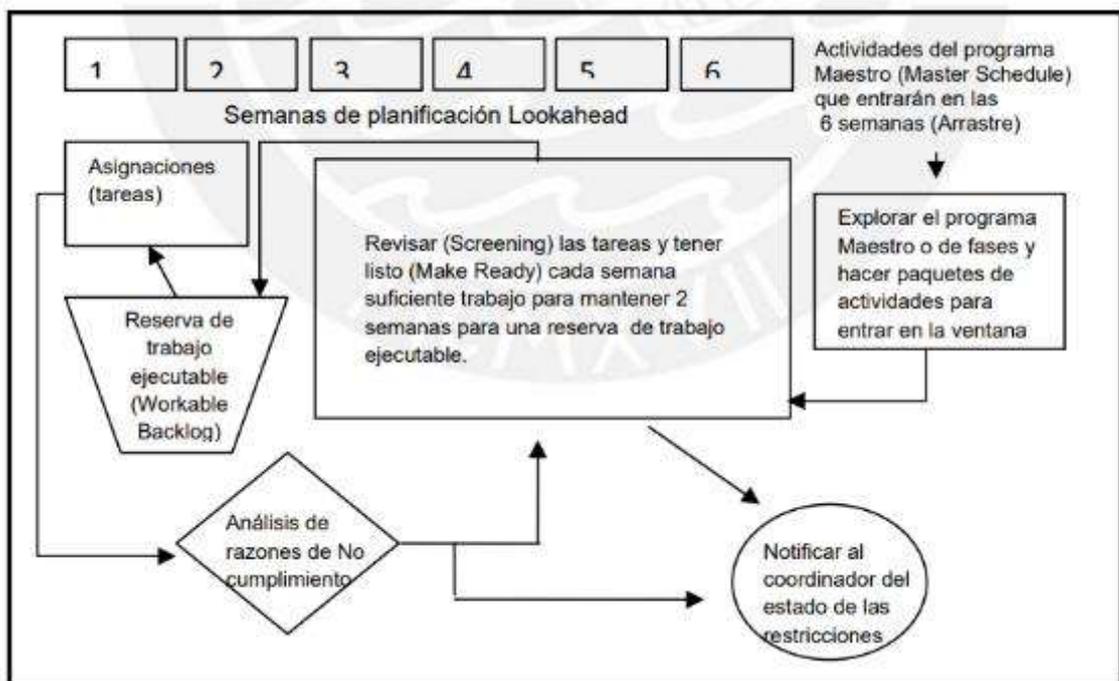
Dentro de esta ventana es que se desglosa todas las actividades colocadas en el Cronograma Maestro (Master Schedule) y se procede con el análisis de restricciones (Constraints Analysis) para que luego de este análisis podamos obtener una Reserva de trabajo Ejecutable (Workable Backlog). Finalmente, luego de la ejecución de los trabajos se procede con las razones de No cumplimiento (Reasons for Non-conformances). El proceso de lookahead se lleva a cabo mediante el análisis de restricciones el cual conlleva los procesos de “alistar” (make ready) tareas mediante la “revisión” (screening) y el “arrastre” (Pulling).

## **11. Sistema de arrastre (Pull System)**

El método que se utiliza para introducir materiales o información en el proceso de producción se denomina Sistema de arrastre o “Pull System”. En cambio, se tiene en contraposición el sistema de Empuje o “Push System”, que consiste en empujar las

entradas hacia un proceso basado en metas de entregas o fechas límites. Tradicionalmente la construcción ha sido un sistema push, ya que lo que se busca con sus cronogramas es lograr intersecciones en el futuro de tareas interdependientes (ver *Figura 10*).

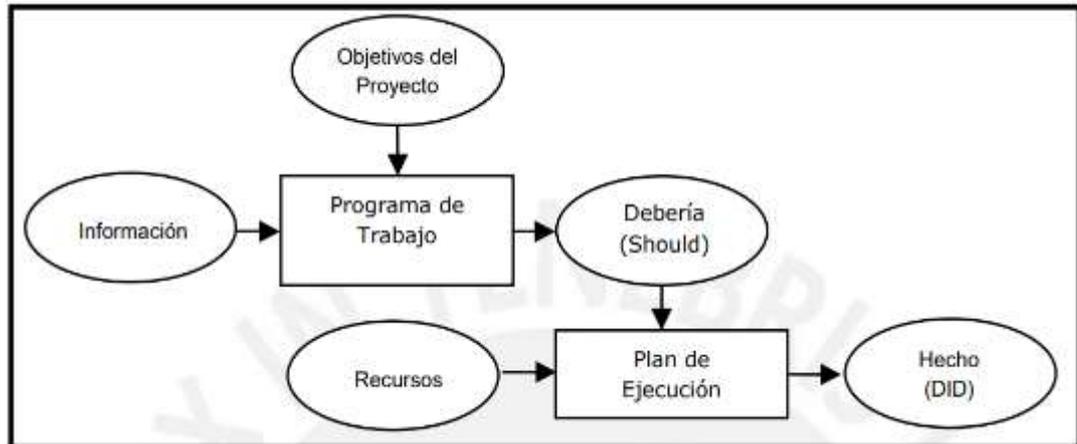
*Figura 4*  
*Proceso Lookahead, alistar mediante revisión (Screening) y arrastre (Pulling).*



*Fuente: (Ballard, 2000)*

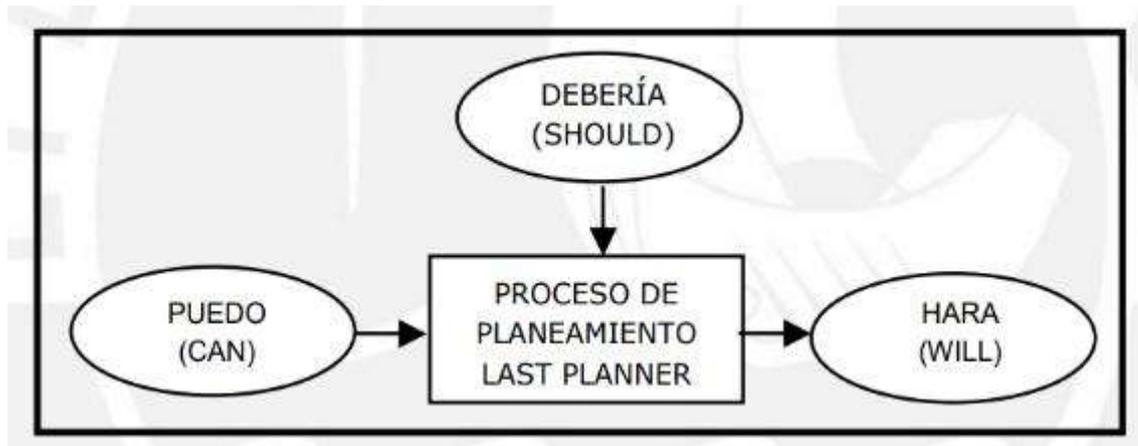
A diferencia del Push System, el Pulling solo permite que los recursos e información puedan ingresar al proceso de producción si el proceso es capaz de realizar dicho trabajo. Como veremos más adelante en el proceso lookahead se alista (Make ready) las tareas previamente antes que ingresen a la programación propiamente dicha, y esto viene a ser el uso de técnicas Pull. Así podemos concluir que el Last Planner es un sistema Pull (ver *Figura 5*)

*Figura 5*  
*Sistema tradicional de planificación “Push”*



*Fuente: (Ballard, 2000)*

**Figura 6**  
*Last Planner, un sistema Pull*



*Fuente: (Ballard, 2000)*

## 12. Equilibrio entre carga y capacidad

Para un sistema de producción es muy importante poder equilibrar la carga y capacidad para las unidades de producción, ya que esto repercute directamente en la productividad que tendrán. En el proceso de lookahead, que será explicado más adelante, es necesario el tener siempre una cantidad de tareas disponibles para su ejecución para cada unidad de producción, a esto se llama Reserva de Trabajo ejecutable (Workable Backlog). Para esto es necesario poder estimar la carga de cada tarea que será encargada a una unidad de producción y así mismo debemos calcular la capacidad de todas las unidades de producción. Si bien es cierto que se debe estimar

tanto la carga y capacidad, pero para poder lograr un equilibrio entre ambas, el planificador puede hacer algunos ajustes como:

- Cambiar la carga para que concuerde con la capacidad.
- Cambiar la capacidad para que concuerde con la carga.
- Se procede a una combinación de ambos, lo cual es lo más usual.

### **13. Estructuración del sistema Último Planificador Cronograma Maestro (Master Schedule)**

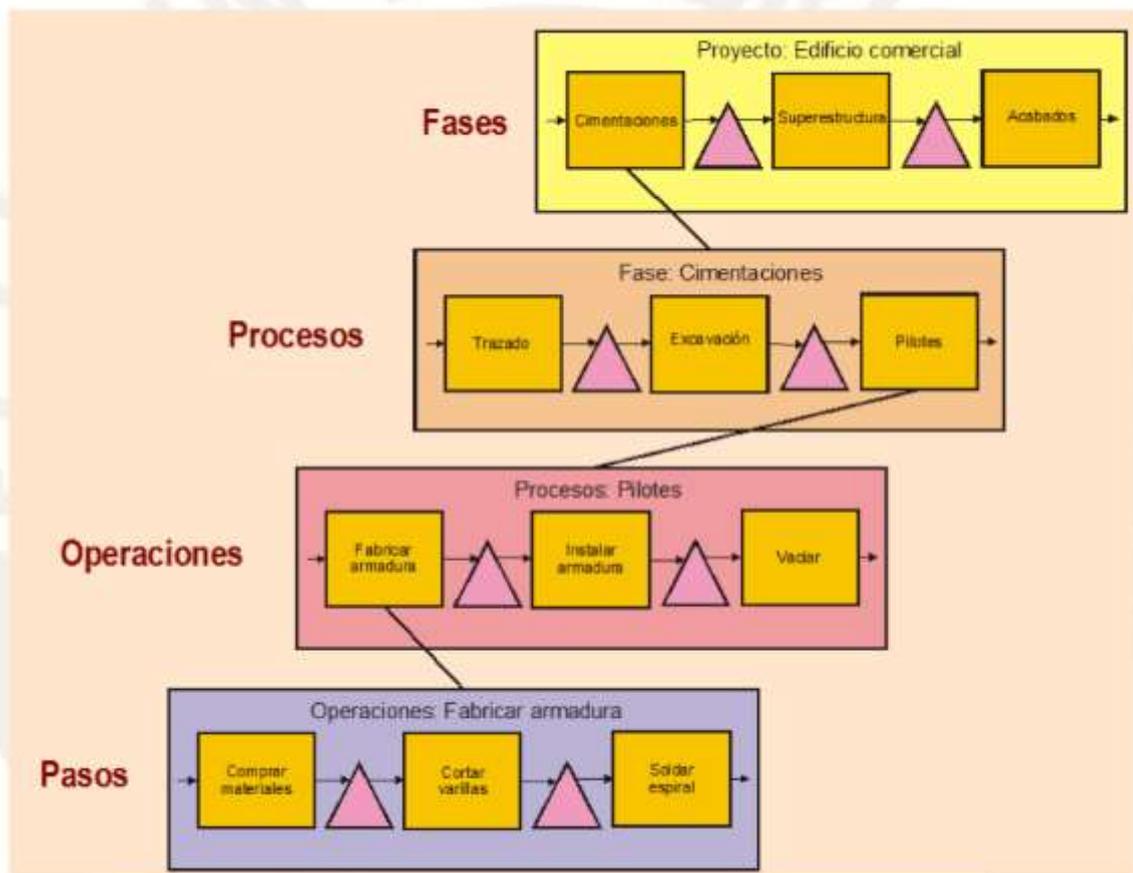
Todo proyecto de construcción suele tener una planificación general, sobre la cual se plasman todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial. A esta planificación inicial se denomina Cronograma Maestro (Master Schedule). Mediante este cronograma lo que se busca es trazar las metas generales del proyecto mediante fechas definidas, las fechas de cumplimiento de cada meta se puede definir como “hitos” para el proyecto. Consecuentemente podemos decir que el cronograma maestro sirve para identificar los hitos de control del proyecto. El cronograma maestro debe ser elaborado con información fidedigna, es decir que represente el verdadero desempeño que tiene nuestra empresa para el tipo de proyecto que se ejecutará. Solo así podremos dar validez al Last Planner System, ya que se estará controlando tareas que representan la forma y desempeño real de la empresa.

Es usual que para la elaboración del cronograma maestro se utilice diferentes programas de computación, como Ms Project, primavera, etc. Lo esencial en la elaboración de este cronograma en el software que fuese desarrollado, es poder identificar los hitos del proyecto y además de ello poder elaborar el presupuesto del proyecto Planificación por fases (Phase Scheduling) Según Ballard, una planificación por fases o Phase Scheduling, tiene como propósito el elaborar un plan para completar una fase del trabajo (Ballard, 2000):

1. Que Maximiza la generación de valor.
2. Que todos los involucrados entiendan y apoyen.
3. Que especifica la transferencia entre grupos de trabajo.

4. En donde las actividades programadas se elaboren en base al proceso lookahead para ser explotada en los detalles operativos y sea preparado para la asignación de los planes de trabajos semanales. Los participantes en el phase scheduling están representados por aquellas personas que tienen trabajo por hacer en la fase en análisis. Ballard da como ejemplo respecto a esto, que un equipo de trabajo para programar una fase de construcción debería involucrar a la contratista, la subcontratista y tal vez a las partes interesadas (stakeholders), como los diseñadores, clientes y agencias reguladoras. Además, indica que los participantes deben traer los cronogramas y planos relevantes, y tal vez incluso el contrato de cada uno de ellos.

*Figura 7  
Planificación por fases y el detalle de la fase en análisis*



*Fuente: (Max T. Rossi 2008 - basado en Ballard, 2000)*

Además, Ballard nos indica que el proceso del phase scheduling involucra (Ballard, 2000): 1. Definir el trabajo que se incluirá en la fase.

2. Determinar la fecha de finalización de la fase, además de las principales versiones intermedias para las fases previas o para las fases posteriores.
  3. El uso de un equipo de planificación y post-it pegados en una pared, en el cual se va desarrollando la red de actividades necesarias para completar la fase, trabajando hacia atrás desde la fecha de finalización, e incorporando los hitos intermedios.
  4. Aplicar la duración de cada actividad, sin la contingencia o aumento en las estimaciones de duración. Tratando de usar el tiempo que se puede esperar en condiciones normales.
  5. Reexaminar la lógica para tratar de acortar la duración. Se debería pedir a cada persona qué cambios en las solicitudes que reciben les permitirá acortar la duración de la tarea.
  6. Determinar la fecha de inicio más temprana para la fase.
  7. Si hay tiempo de sobra después de comparar el tiempo entre el inicio y la finalización de la duración de las actividades en la pared, se debe decidir qué actividades buffer habrá para el tiempo adicional.
  8. ¿El equipo está cómodo que los buffers son suficientes para asegurar la finalización dentro de los hitos? Si no es así, entonces, bien se replantean o cambian los hitos según sea necesario y posible.
  9. Si hay exceso de tiempo disponible más allá de lo necesario para amortiguar las tareas individuales, se debe decidir si se desea acelerar el calendario o utilizar el exceso para aumentar la probabilidad de terminar a tiempo.
  10. Reservas de tiempo no asignado en un buffer de contingencia general para la fase.
- La aplicación de todos estos puntos anteriores conlleva el tener grandes cambios de la práctica de planeamiento tradicional, lo cual lo hemos esquematizado en un cuadro:

*Figura 8*

*Comparación de Práctica tradicionales vs Phase Schedulling*

Práctica Tradicional	Phase Scheduling
La práctica tradicional es que el líder del proyecto desarrolla un programa, y luego lo distribuya a otros miembros del equipo con una solicitud de comentarios. Con menos frecuencia, los miembros del equipo se ponen en las reuniones cara a cara para discutir el programa.	Los miembros del equipo producen realmente el plan de trabajo, no sólo comentan sobre la viabilidad de un plan presentado por alguien más. Ellos están planeando en conjunto, y utilizando una técnica pull para promover la comunicación y entendimiento compartido entre clientes y proveedores inmediatos sobre lo que realmente se necesita.
El líder de proyecto diseña su propio cronograma y decide cómo usarlo.	El equipo genera ambos, el soporte en la forma de una estructura de "red de compromisos" y decidir colectivamente cómo hacer para amortiguar las tareas variables.

Fuente: (P2 SL Report, Ballard 2009)

#### 14. Planificación Intermedia

El tercer nivel en la jerarquía del sistema de planificación, viene a ser la Planificación Intermedia o Lookahead Planning, cuyo objetivo principal es controlar el flujo de trabajo. Planificación intermedia la podemos entender de forma general y sencilla, como un intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una idea inicial de las actividades que serán ejecutadas, para lo cual se debe coordinar y levantar todos los obstáculos o restricciones que puedan existir para que dichas actividades puedan ser realizadas. Recordemos que control de flujo de trabajo (work flow control) es hacer que el trabajo (información o materiales) se muevan entre las unidades de producción en una secuencia y a una velocidad deseada. Además, coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción.

#### 15. Conceptos Lookahead

Para aclarar el significado del término en inglés “lookahead”, se puede interpretar como una vista hacia adelante o anticipada dentro del cronograma maestro. Por ello como resultado del Lookahead Planning se obtiene el cronograma de lookahead (Lookahead Schedule), en el cual están todas las actividades programadas para un período de tiempo o ventana de tiempo, que se denomina Lookahead Window. A continuación presentamos los conceptos extraídos del glosario de términos del Lean Construction Institute: Lookahead Schedule (cronograma intermedio o anticipatorio): Es el producto de la planificación intermedia (lookahead planning) que resulta al detallar las actividades del cronograma maestro a través del modelo de definición de

actividades, revisando (screening) las tareas resultantes antes de permitir que entren en la ventana intermedia (lookahead window) o que avancen dentro de esa ventana. Incluye la ejecución de acciones necesarias para alistar las tareas (make tasks ready) para su asignación (assignment) una vez que sean programadas. Los cronogramas intermedios o Lookahead Schedule pueden ser presentados en forma de lista o de gráficos de barras. Lookahead Window (ventana intermedia o anticipatoria): Es la ventana o intervalo de tiempo, antes del inicio programado, en que las actividades del cronograma maestro son detalladas, revisadas (screening) o alistadas (make ready). Lo normal es que una ventana intermedia abarque un período futuro de entre 3 y 12 semanas.

#### **16. Intervalo de tiempo - Lookahead Window**

El proceso de planeamiento lookahead es el desglose de las actividades del cronograma maestro, siendo estas las asignaciones potenciales dentro del intervalo de tiempo a planificar. El período del lookahead window puede ser entre 3 a 12 semanas, y esto “...es decidido en base a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los plazos para adquirir información, materiales, mano de obra, y equipos” (Ballard, 2000). De esta manera vemos que el intervalo de tiempo para el lookahead window es particular de acuerdo a cada proyecto y en base al criterio del encargado de la planificación. Se debe tomar en cuenta sobre todo que hay actividades que tienen tiempos largos para generar el abastecimiento requerido, con lo cual este período de respuesta no solo debe ser considerado para el Lookahead Window, sino también dentro del cronograma maestro (Master Schedule). Por ejemplo, si se tiene una obra en un lugar de difícil acceso en donde los materiales demoran en llegar 4 semanas aproximadamente, no podremos considerar un lookahead window de 2 o 3 semanas ya que no tendremos mapeado si es que los materiales llegaran o no. En cambio, el período de tiempo tendría que ser de 4 o 5 semanas, de acuerdo al criterio del responsable de la planificación intermedia o lookahead planning.

Se presenta a continuación un ejemplo de cronograma lookahead (Lookahead Schedule), donde podemos observar un intervalo de tiempo de 3 semanas (lookahead window) y observamos a su vez el desglose de las actividades del cronograma maestro en las tareas que están programadas y que serán revisadas (screening) para

posteriormente ser asignadas para su ejecución por las unidades de producción (cuadrillas de obreros) dentro del Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan).

Figura 9

Ejemplo de Lookahead Schedule, período de 3 semanas

LOOKAHEAD DE PRODUCCIÓN																							
HORIZONTE 3 SEMANAS																							
PROYECTO:																							
FECHA:																							
Item	Descripción de la Actividad	Unid	Materiales Total	SEMANA 25					SEMANA 26					SEMANA 27									
				L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S		
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>MARCO DE OBRAS</b>																							
<b>ME ESTADOS</b>																							
<b>CISTERNA</b>																							
<b>Losa de Fondo</b>																							
	Acero	kg	7,500.00		2,000	2,000	2,000																
	Escalado	m <sup>2</sup>	60.00		15.0	15.0	15.0																
	Concreto	m <sup>3</sup>	95.00		23.8	23.8	23.8																
<b>Muros</b>																							
	Acero	kg	25,333.33				2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074	2,074			
	Escalado	m <sup>2</sup>	69.40				8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3			
	Concreto	m <sup>3</sup>	195.00				20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4			
<b>Losa de Tapa</b>																							
	Acero	kg	7,500.00							1,850	1,850	1,850	1,850	1,850	1,850	1,850	1,850	1,850	1,850	1,850			
	Escalado	m <sup>2</sup>	60.00							26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.7			
	Concreto	m <sup>3</sup>	95.00							36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0			

Fuente: Taller de Productividad en la construcción Idear Consultores 2011)

## 17. Funciones del proceso lookahead

Las funciones del Lookahead Planning según Ballard, son: a) Formar la secuencia y el ritmo del flujo trabajo: Como ya se explicó, el Lookahead Planning tiene como objetivo principal el control del flujo de trabajo. Por ello una de las funciones es de controlar el traspaso de los trabajos de una unidad de producción a otra (de una cuadrilla a otra).

a) Para ello es necesario establecer la secuencia de los trabajos de acuerdo al proceso constructivo, es decir que actividades son predecesoras de otras y además establecer el ritmo o tiempos en que se manejarán los entregables entre cada unidad de producción.

b) Equilibrar correctamente la carga y capacidad de trabajo: Primero definamos carga y capacidad, carga se entiende como la cantidad trabajo que se asigna a una unidad de producción y capacidad viene a ser la cantidad de trabajo que una unidad de producción puede realizar en un tiempo dado. Para entender mejor veamos el siguiente ejemplo: en un día de trabajo se le asigna a un albañil (unidad de producción) el tarrajeo de 25m<sup>2</sup> de muro, la carga de trabajo para ese día serán los 25m<sup>2</sup> de tarrajeo; pero ¿qué podemos decir de la capacidad de este albañil para realizar la actividad de tarrajar en un día de trabajo?, pues que en promedio puede realizar aproximadamente

16m<sup>2</sup> de tarrajeo al día, siendo esta su capacidad de trabajo. Por lo tanto, podemos ver que no existe equilibrio en la carga de trabajo que se planificó versus la capacidad de la unidad de producción. De esta manera lo ideal es lograr el equilibrio entre la carga que se asigna a una 46 unidad de producción versus la capacidad que tiene dicha unidad.

c) Descomponer las actividades del Master Schedule en paquetes de trabajo y operaciones: Durante el Lookahead Planning se establece el Lookahead Schedule, que está comprendido por todas aquellas asignaciones que se detallaron del Master Schedule hasta ser las asignaciones que serán ejecutadas directamente por las unidades de producción y las cuales pasarán por el levantamiento de restricciones. d) Desarrollar métodos detallados para ejecutar el trabajo: Es necesario que se realice un alto nivel de detalle en el método o proceso constructivo mediante el cual se ejecutará una actividad, ya que de esta manera se podrá identificar la mayor cantidad de dificultades para su ejecución. Siendo estas dificultades las restricciones que se deben liberar o levantar, para que dicha actividad se considere que es factible de ejecutar al 100%. e) Mantener una reserva de trabajo listo: Como parte del proceso lookahead está la liberación de restricciones de todas las actividades que fueron desglosadas del Master Schedule. De esta forma se obtiene un inventario de trabajo ejecutable (Workable Backlog) para el período de tiempo establecido para el Lookahead Window. De esta manera en caso que una actividad programada no pueda ser ejecutada, la unidad de producción no quedará ociosa ya que habrá otra actividad liberada lista para ser asignada a esta unidad de producción. Y de esta forma podremos estabilizar el flujo de trabajo. f) Actualizar y revisar programas de mayor nivel según requerido: A medida que se va avanzando en la ejecución de un proyecto y la lookahead window se mueve, se irá identificando actividades que están siendo reprogramadas por falta de liberación o porque se adelantaron para no dejar unidades de producción ociosas. En ambos casos se debe revisar los hitos definidos en el Master Schedule o en el Phase Scheduling para verificar que estos se puedan cumplir en el plazo propuesto o en caso contrario replantear la fecha para dichos hitos.

## 18. Desperdicio en obras

Para Institute (2019) , la construcción sin pérdidas está basado en la gestión de la producción para la entrega de un proyecto, una nueva manera de diseñar y construir edificios e infraestructuras. La gestión de la producción LEAN ha provocado una revolución en el diseño, suministro y montaje del sector industrial. Aplicado a la gestión integral de proyectos, desde su diseño hasta su entrega, LEAN cambia la forma en que se realiza el trabajo a través de todo el proceso de entrega. Lean construction se extiende desde los objetivos de un sistema de producción ajustada-maximizar el valor y minimizar los desperdicios hasta las técnicas específicas, y las aplica en un nuevo proceso de entrega y ejecución del proyecto”

Para Piqueras (2015) hablar de “Construcción sin pérdidas”, analiza los principios y las aplicaciones del justo a tiempo (JIT) y la Gestión de la Calidad Total (TQM), donde realiza cambios conceptuales en la gestión de la construcción para mejorar la productividad, enfocando todos los esfuerzos en la estabilidad del flujo de trabajo.

Tabla 1 *Desperdicios tipo muda en el contratista y la interventoría.*

<i>Contratista</i>	<i>Interventoría</i>
Incongruente programación de obra	Intereses no compartidos entre la interventoría y el contratista
Retrasos de obra por falta de materia prima, como hierro, cemento, arena y ladrillo, entre otros.	Los controles de la interventoría deben dirigirse al rendimiento en obra
Falta de calidad de materiales generando actividades que deben repetirse.	
Deficiente seguridad industrial	
Ausencia de tecnología que permita procesos eficientes.	
Mano de obra deficiente y alta rotación del personal.	

*Fuente: Lean construction – LC bajo pensamiento Lean*

Tabla 2 Desperdicios tipo muda en el contratista y la interventoría.

<i>Desperdicios tipo "UNO"</i>	<i>Desperdicios tipo "DOS"</i>
Esperas en el transporte de material	Verificar calidad de materiales
Esperas por falta de material	Imprevistos por condiciones climáticas
Falta de producción	

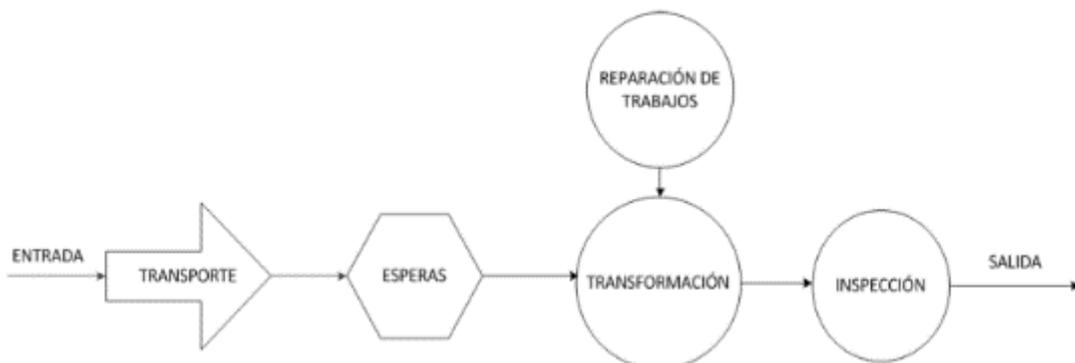
*Fuente: Lean construction – LC bajo pensamiento Lean*

Para Villa,(2005), hablar de los elementos centrales de la construcción sin pérdidas es definirla como la reinterpretación de la producción en construcción; el modelo de conversión en el que se fundamenta representa un proceso de producción donde los insumos son transformados en productos, donde el cambio de las entradas en salidas es tratado como una caja negra.

### 19. Filosofía lean

La filosofía LEAN propone un modelo en el que después de la entrada hay un proceso de transporte y esperas antes de llegar a la transformación, luego inspecciones y, en muchas ocasiones, reparación de trabajos, para llegar al producto. Este modelo es llamado de transformación-flujo-valor –TFV (ver figura 4).

*Figura 10  
Modelo de Transformación-Flujo-Valor (TFV)*



*Fuente: Lean construction – LC bajo pensamiento Lean*

### 2.3. Definición de términos

#### **Aguas arriba & Aguas abajo**

Dentro de un flujo de valor, las labores aguas abajo están más adyacentes del usuario o más cercanas de la final tarea a ejecutar dentro de una sucesión explícita, mientras que las tareas o labores aguas arriba son las iniciales en establecerse dentro de la idéntica serie de trabajo.

#### **Andon**

Se describe como una herramienta de gestión visual que resalta la manera de operar de un solo golpe de vista en el área de trabajo, mostrando que, si todo está ok o si existe ocurrencia, en el ritmo de la producción, seguridad o la calidad de la obra.

#### **Backlog realizable**

Actividad o tarea que no está asignada pero que está lista para realizarse.

#### **Diagrama de Gantt:**

El diagrama Gantt es una herramienta para la facilitación de actividades en la obra por medio de gráficas, identificando las tareas en tiempo a realizar proporcionando el trabajo en obra. fue inventada por Henry L. Gantt en 1917.

**First Run Studies (Planear, hacer, chequear, actuar):** First Run Studies es una metodología de mejora de una actividad que consiste en planear, hacer, chequear y actuar, con el objetivo de poder mejorar el proceso de producción de alguna actividad en particular de la construcción.

**Flujos Eficientes:** Es la mejor forma de planificar y ejecutar un proyecto de tal manera que, el flujo de actividades no tenga paralizaciones ni demoras, al mismo tiempo se debe buscar planificar las actividades de tal forma que se sean lo más eficientemente posibles.

#### **Gemba**

Término manejado para reiterar que las mejoras solo se pueden producir a cabo sobre la base de prestar atención directamente de cómo se despliega el trabajo en la planta, en la obra o algún lugar de trabajo.

### **Gestión visual**

Definido como la ubicación de todas las herramientas, actividades de producción, materiales e indicadores del sistema de producción en la planta. De tal forma que el estado de producción puede ser comprendido de manera rápida por las personas que forman parte del sistema productivo.

### **Hito**

Se define como el comienzo de un evento requerido por contrato.

### **Entrega integral del proyecto**

Por sus siglas en inglés IPD, es conocido como Integrated Project Delivery, método utilizado para la entrega de proyectos que tienen la integración de sistemas, prácticas empresariales y personas para optimizar todos los resultados del proyecto y lograr así maximizar el valor para el cliente, reduciendo desperdicios y generando eficiencia a nivel completo de diseño y construcción.

### **Kanban**

Mecanismo para asegurar la producción Just in Time, y para gestión, conocido como la etiqueta o la tarjeta, una forma simple de comunicación que contiene la información útil al momento de retirar materiales o realizar montaje.

### **Lean construction**

Es la filosofía de trabajo que exige excelencia para la empresa (construcción sin pérdidas), abarcando desde la aplicación de principios y herramientas Lean en el completo proceso de un proyecto, hasta conseguir ejecución final y puesta en servicio.

### ***Last Planner***

Herramienta la cual va a facilitar el trabajo en construcción, debido a su metodología que es diferente al modo tradicional utilizado en la mayoría de las obras.

Debido a la pérdida de tiempo y material que se tiene en una obra, esta técnica se puede realizar por medio de reuniones semanales y objetivos claros alcanzar el compromiso de los contratistas ya que por medio de ellos ponen las metas a cumplir en un plazo razonable. Con este método se reducirá el costo y tiempo agregado de la obra y así poder culminar los proyectos satisfactoriamente con resultados obtenidos que muestran una tendencia al mejoramiento cada

vez que se aplica el sistema, de acuerdo con el indicador PAC (porcentaje de actividades completadas).

### **Lean production**

Definido como sistema de negocio, que tiene por objetivo organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con los proveedores y clientes, cuando se requiere menos esfuerzo humano, menos capital, menos espacio y menos tiempo para fabricar productos con una cantidad de efectos mínimo, teniendo como base los precisos deseos del cliente.

### ***Lean construction.***

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos.

### **Lean thinking**

Definido como la metodología de negocios, que proporciona el pensamiento esbelto en la organización de actividades para generar máximo beneficios a la sociedad, con valor agregado en las personas, así como la disminución del desperdicio.

### **Look ahead plannig**

Definido como el plan de ejecución en formato de cronograma a mediano plazo, que define el tiempo más óptimo conveniente para el proyecto, para ello se tiene a consideración: ubicación del proyecto, duración y plazos de abastecimiento.

La idea de la nueva, filosofía de producción se originó en Japón en el año 1950. La aplicación más prominente (fue el sistema de producción de la industria automovilística Toyota. El artífice de esta idea fue el ingeniero Taiichi Ohno. Esta nueva teoría de producción tiene varios nombres, pero el más conocido es lean production o Toyota Production System se basan en diferentes teorías y técnicas que se han desarrollado por varios años, entre ellas: iniciales “Just in Time – (JIT)” y “Total Quality Control –(TQC)” han seguido varias, como: Total Productive

Maintenance (TPM), el Benchmarking, la Concurrent Engineering, el Value Based Management, etc. El Lean Production es el producto de todas ellas generando esta nueva teoría.

### **Make ready**

Se considera manejar medidas correctas para reducir las diversas restricciones respecto a asignaciones para certificar que la obra se puede realizar según la planificación.

### ***Programaciones tradicionales:***

En los años de 1970 nace una nueva forma para programar siendo más confiable, segura y fácil de entender proveyendo ventajas en la tasa de desarrollo y también facilitando las modificaciones posteriores.

Según Bohm Jacopini (1966) todo programa puede escribirse utilizando tres instrucciones de control, secuencia, instrucción condicional, interacción con ellas se puede escribir todos los programas y aplicaciones posibles ya que es clara puesto que las instrucciones estas entrelazadas entre sí.

### ***Programación en cascada:***

La programación en cascada es denominada de esta manera por la disposición de las etapas en desarrollo, con ella obliga a que la actividad que esta primero termine para continuar con la siguiente, y así llevar una revisión final para determinar si el proyecto puede seguir avanzando teniendo, análisis de requisitos, diseño de sistema, diseño de programa, codificación, pruebas, implementación de programa y mantenimiento.

De esta manera cualquier error de diseño encontrado obliga al rediseño de nueva programación y así se aumenta los costos en el desarrollo.

**Modelo de Flujo de Procesos:** Es el modelo de flujo de procesos que ve el trabajo como un flujo de información y/o materiales desde la materia prima hasta el final del producto terminado.

**Pull y Push (Jalar y Empujar):** Estos dos conceptos son referidos al tema de los sistemas de programación. Generalmente en los proyectos de construcción que no existe una adecuada planificación se utiliza un sistema de planificación basado en “empujar”. Este método consiste básicamente en tapar los huecos y empujar el trabajo mientras exista espacio disponible para

realizarlo sin hacer una evaluación previa de cómo se optimizarían mejor los recursos para dicha actividad.

**Trabajo Productivo (TP):** Es la actividad que aporta valor de forma directa a la producción.

**Trabajo Contributorio (TC):** Es la actividad que presta apoyo a las actividades que generan valor al trabajo productivo.

**Trabajo No Contributorio (TNC):** Es la actividad que no aporta valor a las actividades del trabajo productivo y es considerado como una pérdida.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo de investigación

**De acuerdo a la orientación:** Aplicada

Porque la investigación está orientada a aplicar conocimientos de la filosofía last planner para solucionar problemas prácticos.

**De acuerdo a la Técnica de Contratación:** Explicativa

Porque busca explicar la influencia en la planificación y los costos de las obras de saneamiento de la empresa RIPESA PERU E.I.R.L.

### 3.2. Método de investigación

Para este proyecto se utilizará el método deductivo, que “es el razonamiento que parte de un marco general de referencia hacia algo en particular, inferir de lo general a lo específico” (Muñoz, 1998, p.154).

### 3.3. Materiales, instrumentos y métodos

#### 3.3.1. Objeto de estudio

El objeto del presente estudio de investigación lo constituye la ejecución de la partida UBS de la obra “Mejoramiento del sistema de agua potable y disposición de excretas del caserío Víctor Raúl Haya De La Torre, Distrito de Usquil - Otuzco - La Libertad” ejecutada por la empresa RIPESA PERU E.I.R.L.

#### 3.3.2. Población y muestra

La población y muestra es la partida 3.00 UNIDADES DE SANEAMIENTO BASICO (USB) de la obra “Mejoramiento del sistema de agua potable y disposición de excretas del caserío Víctor Raúl Haya De La Torre, Distrito de Usquil - Otuzco - La Libertad” ejecutada por la empresa RIPESA PERU E.I.R.L.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Las técnicas y herramientas utilizadas en la recopilación de la información por cada objetivo de estudio se muestran en la tabla 3 y 4.

Tabla 3 Técnicas y herramientas de recopilación de información

VARIABLE	TECNICAS	HERRAMIENTAS	FUENTE
Variable independiente: Lean Construcción	Revisión bibliográfica, búsqueda de literatura	Microsoft Word, Páginas web, Last Planner, Valor Ganado, Ms Project, Ms Excel, Autocad, S10	Libros, artículos, tesis, expedientes técnicos de la empresa.
Variable Dependiente: Planificación y control de la ejecución de la partida UBS	Revisión documentada del Residente de obra y del jefe de proyectos, Entrevistas con el jefe de proyectos, Observación de campo	Guía de Entrevista, Guía de observación	Información del residente de Obra y del Jefe de Proyectos, Bibliografía.

*Elaboración. Los autores*

Tabla 4 Matriz de técnicas e instrumentos

Objetivo específico	Indicador	Técnica	Instrumento	Fuente de la técnica
Realizar un diagnóstico del sistema actual de las obras de saneamiento en la Empresa RIPESA PERÚ EIRL.	Programa actual vs programa propuesto	Entrevista, encuesta	Flujo de caja, Cuaderno de Obra. Observación de reuniones de trabajo.	El gerente, residente de obra, jefe de costo y planificación actual de obras.
Identificar las herramientas a utilizar para cuantificar la planificación y control en la CONSTRUCCIÓN UBS de las obras de saneamiento rural.	Herramientas seleccionadas	Revisión de trabajos anteriores, Pull Planing	Registros de la empresa, cuaderno de obra, programaciones y planificación actual Valorizaciones.	El gerente general, administrador, contador, maestro de obra, residente de obra
Utilizar la herramienta CARTA BALANCE en la CONSTRUCCIÓN para identificar TP, TC, TNC, en las actividades de la CONSTRUCCION UBS de las obras de saneamiento rural.	Tiempos estudiados en ejecución de actividades	Entrevista, observación, encuestas	Last planner y tren de actividades	El gerente, residente de obra, jefe de costo y planificación de obras.
• Utilizar la herramienta del Last planner System y tren de actividades para la planificación de la CONSTRUCCIÓN UBS de las obras de saneamiento rural.	Plan maestro, look ahead, plan semanal	Pull Planing	Registro de los trabajos realizados	El gerente, residente de obra, jefe de costo y planificación de obras.

Elaboración: Los autores

### **Matriz de consistencia**

Es un instrumento fundamental de un trabajo de investigación. Permite al investigador evaluar el grado de conexión lógica y coherencia entre el título, el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables, el tipo, el método, el diseño y los instrumentos de investigación. También la población y la muestra correspondiente de estudio, para luego validar o corregir la matriz en mención, y lograr que exista cohesión, firmeza y solidez en las distintas partes. Se observa en la tabla 5 y 6.

Tabla 5. Matriz de consistencia

	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables $y=f(x)$	Indicadores	Diseño de la investigación
<p>FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PLANIFICACIÓN Y EL CONTROL DE COSTOS EN LAS OBRAS DE SANEAMIENTO RURAL DE LA EMPRESA RIPESA PERÚ E.I.R.L</p>	<p>FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR LA PLANIFICACIÓN Y EL CONTROL DE COSTOS EN LAS OBRAS DE SANEAMIENTO RURAL DE LA EMPRESA RIPESA PERÚ E.I.R.L</p>	<p>Proponer la filosofía lean construction para mejorar la planificación y control en la ejecución de la UBS de las obras de saneamiento rural de la empresa RIPESA PERÚ E.I.R.L.</p>	<p>La aplicación del “lean construction” mejora la planificación y control en la ejecución de la partida UBS de las obras de saneamiento rural de la empresa RIPESA PERU E.I.R.L.</p>	<p>Variable independiente: Lean Construcción</p>	<p>Last Planner, Porcentaje de plan cumplido (PPC), rendimientos y productividad</p>	<p>Pre experimental. Prueba y post prueba</p>
		<p>Determinar el sistema de planificación actual(tradicional) en la ejecución de la partida de UBS en las obras de saneamiento en la Empresa RIPESA PERU EIRL</p>	<p>Realizar el diagnóstico de la planificación empleada actualmente, mejora la aplicación de las herramientas de la filosofía Lean de la programación.</p>		<p>Diagrama de Gantt y tiempos de programación</p>	
		<p>Identificar las herramientas de la filosofía Lean Construction que mejor se ajustan para la planificación y control de la ejecución de partida UBS de las obras de saneamiento rural</p>	<p>Las herramientas a utilizar para cuantificar la planificación y control de la partida UBS en las obras de saneamiento rural son mejores que las herramientas actualmente usadas</p>	<p>Variable Dependiente: Planificación y control de la ejecución de la partida UBS</p>	<p>Evaluación de herramientas de la filosofía Lean Construction</p>	
		<p>Aplicar la herramienta CARTA BALANCE en la CONSTRUCCION para identificar TP, TC, TNC, en las actividades de la CONSTRUCCION UBS de las obras de saneamiento rural.</p>	<p>La aplicación de la herramienta CARTA BALANCE ayuda a la identificación de tiempos productivo (TP), tiempo contributorio (TC) y tiempo no contributorio (TNC) lo cual permite mejorar los tiempos de ejecución de la partida de UBS.</p>		<p>Toma de muestras y registros estadísticos de tiempos productivos, no contributorios y contributorios</p>	
		<p>Aplicar la herramienta tren de actividades y Last planner System en la partida de UBS para la planificación de la construcción de las obras de saneamiento rural.</p>	<p>El método del TREN DE ACTIVIDADES y LAST PLANNER para la planificación y control de la construcción de UBS de obras de saneamiento rural mejora la planificación vs el método actualmente usado.</p>		<p>Tren de actividades, PPC.</p>	

Elaboración: los autores

Tabla 6 Operacionalización de variables

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Fuentes
Filosofía Lean Construction	“Es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas).”	“Lean Construction es una filosofía que provee principios y técnicas para el desarrollo de proyectos de construcción con una visión centrada en identificar y brindar características a producto que satisfagan a máximo las necesidades de cliente y al mismo tiempo, ejecutar las operaciones de manera eficiente.”	Como se puede incrementar de la eficiencia de trabajo	Evolución de porcentajes de plan cumplido (PPC) por periodo	Registro del porcentaje de asignaciones completadas por cada periodo	Cartas Balance Look Ahead Planning Last Planner Tren de actividades PPC
			Como se puede reducir el tiempo del ciclo operacional			
			Como simplificar los procesos productivos	Eficiencia en la productividad	Registro del rendimiento por Periodos establecidos	
			Como lograr la mejora continua en los procesos		Registro estadístico de la eficiencia en los rendimientos de los trabajadores	
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Fuentes
Planificación y control de la ejecución de la partida UBS	“La planificación y el control es un proceso para la toma de decisión teniendo en cuenta la situación actual para la distribución de recursos en un determinado tiempo y el control de la administración de recursos”	“Herramienta que les permite transparentar las metas, los logros y la asignación de recursos y encarar una política de mejora continua aglutinando a sus miembros en pos de un objetivo común.”	Planificación	Cronograma de proyecto	Diagrama de Gantt y PERT CPM	Información del residente de Obra y del Jefe de Proyectos y Expediente Técnico
			Programación	Tiempos de programación	Planilla de tiempos de programación, el software S10 y pull sesion	
			Control	Medición de los rendimientos de las actividades programadas	Documento de costos unitarios, el software S10 y pull sesion	

Elaboración: los autores

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Relacionado al objetivo específico N° 01:

**“Determinar el sistema de planificación actual (tradicional) en la ejecución de la partida de UBS en las obras de saneamiento en la Empresa RIPESA PERU EIRL.”**

### DESCRIPCIÓN DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL PROYECTO

#### a) Antecedentes:

Los moradores o beneficiarios del caserío de Víctor Raúl Haya de la Torre, vienen requiriendo del proyecto con suma urgencia debido a que dichos caseríos no cuentan con el servicio de agua potable y servicios de disposición de excretas Sanitarias.

Con la ejecución del presente proyecto se plantea construir los servicios básicos, dotándose a dichas localidades de un Eficiente Sistema de Agua potable, como también la construcción de módulos de disposición de excretas en los Caseríos.

#### b) Descripción del proyecto

El proyecto denominado: **“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE EXCRETAS DEL CASERÍO VÍCTOR RAÚL HAYA DE LA TORRE, DISTRITO DE USQUIL - OTUZCO - LA LIBERTAD”**, se sustenta en la necesidad de los pobladores de tener una cobertura de servicios básicos que ayuden alcanzar condiciones de vida aceptables y a combatir enfermedades gastro – intestinales que se presentan en un alto número en la población infantil.

**c) UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

REGIÓN : LA LIBERTAD

PROVINCIA : OTUZCO

DISTRITO : USQUIL

CASERÍO : VÍCTOR RAÚL HAYA DE LA TORRE

**d) METAS:**

Los componentes del sistema de agua potable se indican en el siguiente cuadro:

*Figura 11  
Metas que contiene el proyecto en análisis.*

DESCRIPCIÓN	UND.	METRADO
Captacion tipo ladera	Und	3.00
Cerco de la captacion de ladera	Und	3.00
Línea de conducción	M	1,136.93
Pase aéreo	Und	3.00
Reservorio 15 m <sup>3</sup>	Und	1.00
Cerco de reservorio	Und	1.00
Línea de aducción y red de distribución	M	4,008.41
Conexiones domiciliarias	Und	95.00
Caja de válvula de purga	Und	5.00
Caja de válvulas de aire	Und	1.00
Caja de válvulas de control	Und	11.00
Camara rompe presión tipo 06	Und	1.00
Camara rompe presión tipo 07	Und	8.00
Lavadero exterior	Und	95.00
Unidades de saneamiento básico (usb)	Und	95.00
Pozo percolador	Und	95.00

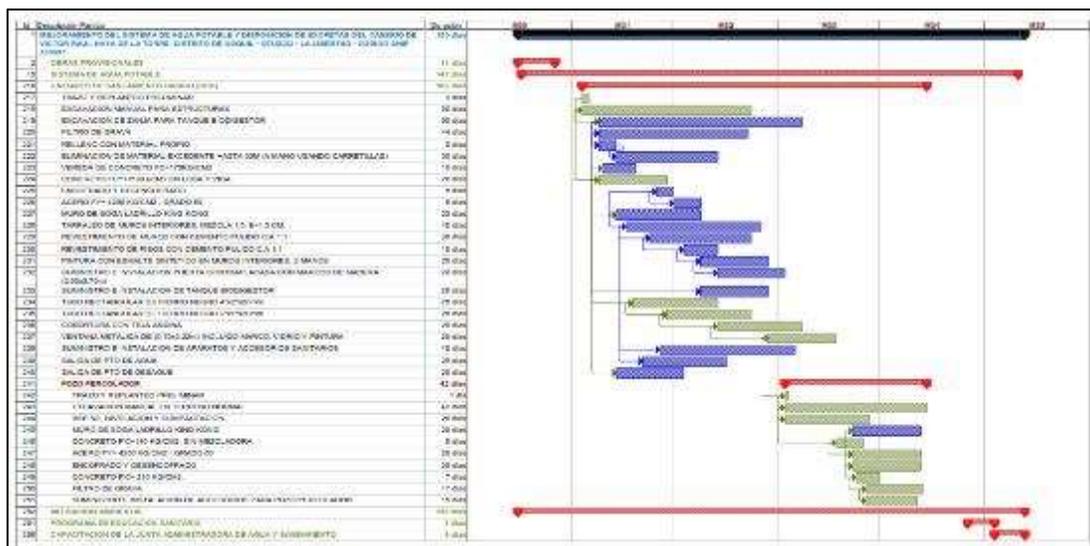
*Fuente. Descripción de las metas y cantidad de estructuras a ejecutar en el proyecto*

Al inicio de proyecto se presenta a la Entidad el diagrama de GANTT (Figura 12) que servirá durante toda la ejecución del proyecto para la programación de partidas y establecer partidas críticas (partidas con holgura cero) que si no se ejecutan a tiempo retrasaran la obra; además del calendario de avance de obra valorizado programado en el cual se presenta básicamente los metrados de cada partida por ejecutar mes a mes y el costo unitario de cada partida,

Podemos concluir que la programación no es una programación basada en actividades secuenciales o un flujo de trabajo, el formato de calendario de avance de obra programado se observa en la Figura 12.

Figura 12

Diagrama de Gantt de la Partida de Unidades Basicas de Saneamito



Fuente. Diagrama de Gantt usada para controlar la ejecucion de la partida de Unidades de Basicas de Saneamiento (UBS) extraído del Diagrama general del proyecto.

Durante la ejecución de la obra también se hace seguimiento del avance de la obra mediante un gráfico de dispersión conocido como Curva “S” de avance físico (Figura 15), el cual como se observa es casualmente igual al ejecutado, estos resultados no son confiables debido a que el control de avance se basa en el consumo de presupuesto y no en el avance real de las actividades que generan valor.

El jefe de proyectos se basa en lo escrito en el cuaderno de obra y en la presentación de metrados ejecutados que informa el residente de obra para completar las valorizaciones que son una vez al mes, hallando el porcentaje de avance ejecutado y es allí cuando analizan si el proyecto está atrasado o adelantado.

Durante la ejecución del proyecto se identificó que no hay planificación de actividades ni metas propuestas, se trabaja con los requerimientos tanto de personal (mano de obra: operarios, peones), como de materiales que realizan el residente en coordinación con el maestro de obra.

En este proyecto se encontró incompatibilidades entre los tiempos de programación de las actividades y los tiempos propuestos en el diagrama de GANNT como, por ejemplo: el tiempo de programación de la partida de 03.23 SALIDA DE PTO DE AGUA (Figura 13) tiene una duración de 32 días calendario, sin embargo, en el diagrama de Gantt (Figura 12) tiene como plazo de ejecución 25 días calendario.

*Figura 13.  
Tiempos de programación de la partida de Unidades Básicas de Saneamiento.*

Tiempo para programación (Mano de Obra)							
Presupuesto	0907051 MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE EXCRETAS DEL CASERÍO VÍCTOR RAÚL HAYA DE LA TORRE, DISTRITO DE USQUIL - OTUZCO - LA LIBERTAD						
Subpresupuesto	003 UNIDADES BÁSICAS DE SANEAMIENTO						
Item	Descripción Partida	Und.	Metrado	Rendimiento (Ru)	Tiempo Unitario (Tu=Metrado/Ru)	Factor Multiplicidad (f)	Duración (D=Tu*f)
03	UNIDADES BÁSICAS DE SANEAMIENTO (UBS)						
03.23	SALIDA DE PTO DE AGUA	pto	380.00	12.00	31.67	1.00	32
03.24	SALIDA DE PTO DE DESAGUE	pto	380.00	12.00	31.67	1.00	32

Fuente. Se tomó como ejemplo la partida 03.23 SALIDA DE PUNTO DE AGUA para realizar la comparación entre el tiempo de programación y el diagrama de Gantt.

Figura 14

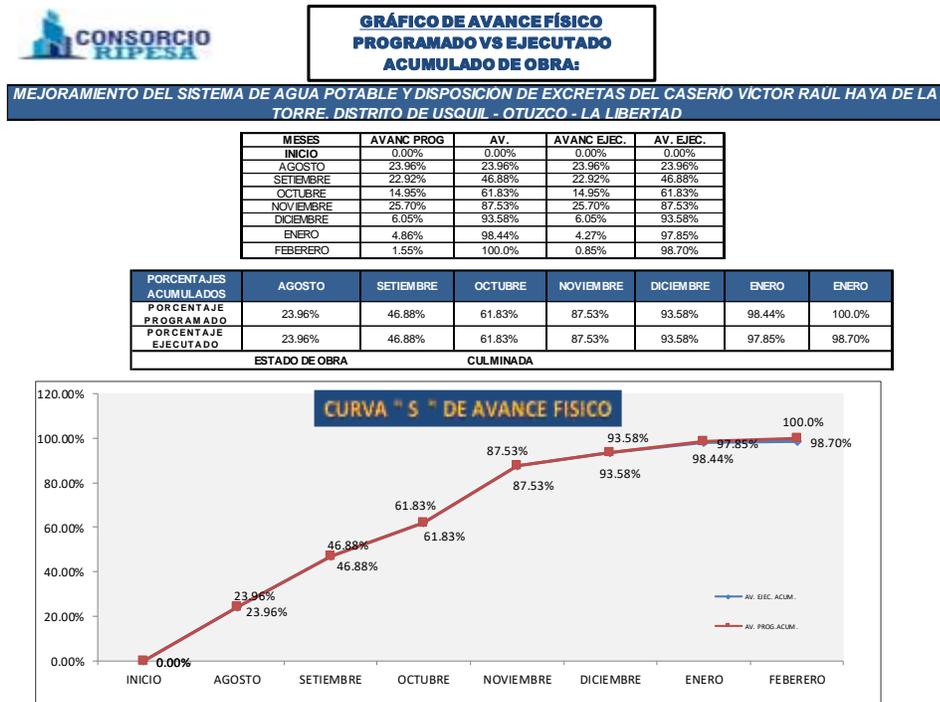
Calendario de Avance de Obra Valorizado Programado.

CONSORCIO RIPESA		CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA VALORIZADO												
DEL CONTRATO PRINCIPAL DE OBRA		DURACION TOTAL : 190 DIAS CALENDARIOS												
ITEM	DESCRIPCION	PARCIAL	2019					2020						
			AGOSTO (15 d) 16-31 dias	SEPTIEMBRE (30 d) 01-30 dias	OCTUBRE (31d) 01-31 dias	NOVIEMBRE (30 d) 01-30 dias	DICIEMBRE (31 d) 01-31 dias	ENERO (31 d) 01-31 dias	FEBRERO (28 d) 01-21 dias					
01	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>	177.622.95												
01.06	SEGURIDAD EN EL TRABAJO Y SALUD OCUPACIONAL	26.213.54												S/ 0.00
02	<b>SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>	362.074.25												
02.01	CAPTACION TIPO LADERA	13.921.113												
02.02	CERCO DE LA CAPTACION DE LADERA	5.617.05												
02.03	LINEA DE CONDUCCION	33.879.71												
02.04	PASE AEREO	38.197.42												
02.04.01	PASE AEREO N° 01: 15.00 ML	7.857.29												
02.04.02	PASE AEREO N° 02: 10.00 ML	7.430.99												
02.04.03	PASE AEREO N° 03: 05.00 ML	22.909.17												
02.05	RESERVORIO 10 M3	19.934.42												
02.06	CERCO DE RESERVORIO	1.393.24												
02.07	LINEA DE ADUCCION Y RED DE DISTRIBUCION	112.221.84												
02.08	CONEXIONES DOMICILIARIAS	65.098.42												
02.09	CAJA DE VALVULA DE PURGA	4.756.03												
02.10	CAJA DE VALVULAS DE AIRE	1.085.01												
02.11	CAJA DE VALVULAS DE CONTROL	0.679.97												
02.12	CAMARA ROMPE PRESION TIPO 06	2.949.34												
02.13	CAMARA ROMPE PRESION TIPO 7	18.411.51												
02.14	LAVADERO EXTERIOR	35.034.51												
02.15	CAMARA DE REINSON	3.395.20												
03	<b>UNIDADES DE SANEAMIENTO BASICO (USB)</b>	828.305.87												
03.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	1.042.39	S/ 921.09	S/ 126.70	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.02	EXCAVACION MANUAL PARA ESTRUCTURAS	7.029.72	S/ 10.477.91	-S/ 3.446.19	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.03	EXCAVACION DE ZANJA PARA TANQUE BIOGESTOR	6.344.77	S/ 7.378.53	S/ 966.24	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.04	FILTRO DE GRAVA	1.766.06	S/ 0.00	S/ 656.44	S/ 0.00	S/ 911.23	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.05	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	1.872.93	S/ 955.07	S/ 957.20	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30M (A MANO USANDO CARRETILLAS)	19.090.78	S/ 22.070.95	-S/ 3.020.20	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.07	VEREDA DE CONCRETO FC=175KG/CM2	24.069.70	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 17.615.78	S/ 4.719.94	S/ 2.357.98	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.08	CONCRETO FC=175 KG/CM2 EN LOSA Y VIGA	11.359.66	S/ 5.736.10	S/ 4.164.03	S/ 1.434.50	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.09	ENCOFRADO Y DEBENCOPRADO	2.247.57	S/ 0.00	S/ 2.407.80	S/ 399.69	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.10	ACERO F14+4200 KG/CM2 - GRADO 60	9.322.09	S/ 4.811.14	S/ 3.506.14	S/ 1.202.79	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.11	MURO DE SOTA LADRILLO KING-KONG	52.945.97	S/ 28.751.85	S/ 24.322.34	S/ 1.871.98	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.12	TARRAJEO DE MUROS INTERIORES, MEZCLA 1:3: E=1.5 CM.	25.121.44	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 9.295.27	S/ 10.337.30	S/ 328.87	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.13	REVESTIMIENTO DE MUROS CON CEMENTO PULIDO C/A 1:1	26.797.23	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 9.597.93	S/ 16.054.34	S/ 844.97	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.14	REVESTIMIENTO DE PISOS CON CEMENTO PULIDO C/A 1:1	6.463.90	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 6.055.56	S/ 408.24	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.15	PINTURA CON ESMALTE SINTETICO EN MUROS INTERIORES, 2 MANOS	10.142.50	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 10.142.50	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.16	SUMINISTRO E INSTALACION PUERTA CONTRAPLACADA CON MARCOS DE MADERA (2.00)	30.130.20	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 23.787.00	S/ 3.171.60	S/ 3.171.60	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.17	SUMINISTRO E INSTALACION DE TANQUE BIODIGESTOR	114.627.95	S/ 0.00	S/ 62.743.72	S/ 45,294.40	S/ 3,519.83	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.18	TUBO RECTANGULAR DE FIERRO NEGRO 4"x2"x20mm	30,373.86	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 17,394.86	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.19	TUBO RECTANGULAR DE FIERRO NEGRO 2"x1"x20mm	39,656.16	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 18,590.42	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.20	COBERTURA CON TEJA ANDINA	40,710.91	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 41,801.13	S/ 4,917.78	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.21	VENTANA METALICA DE Ø 70xØ 22m INCLUIDO MARCO, VIDRIO Y PINTURA	10,411.09	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 4,219.25	S/ 947.95	S/ 1,643.85	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.22	SUMINISTRO E INSTALACION DE APARATOS Y ACCESORIOS SANITARIOS	68,587.20	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 39,096.80	S/ 19,244.00	S/ 10,246.40	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.23	SALIDA DE PTO DE AGUA	11,517.00	S/ 3,819.52	S/ 2,667.20	S/ 848.68	S/ 2,192.32	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
03.24	SALIDA DE PTO DE DESAGUE	24,323.80	S/ 12,269.92	S/ 5,632.60	S/ 1,790.28	S/ 4,630.72	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
<b>COSTO DIRECTO</b>		<b>S/ 1,483,128.92</b>	<b>S/ 336,212.73</b>	<b>S/ 321,280.85</b>	<b>S/ 289,794.42</b>	<b>S/ 369,676.21</b>	<b>S/ 84,861.43</b>	<b>S/ 59,849.82</b>	<b>S/ 11,889.94</b>					
GASTOS GENERALES (10%)		140,312.60	33,621.26	32,130.01	29,379.44	36,965.62	8,485.15	5,984.90	1,188.59					
UTILIDADES (7%)		70,156.33	16,810.64	16,075.00	14,689.72	18,482.81	4,242.57	2,992.45	594.30					
<b>SUB TOTAL</b>		<b>1,693,598.50</b>	<b>386,644.66</b>	<b>369,817.86</b>	<b>334,263.58</b>	<b>425,624.64</b>	<b>98,589.15</b>	<b>68,826.36</b>	<b>13,673.42</b>					
IGV 18%		290,447.19	69,596.04	66,567.07	60,167.24	76,612.43	17,725.05	12,388.70	2,461.22					
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>S/ 1,984,045.69</b>	<b>S/ 456,240.70</b>	<b>S/ 436,384.93</b>	<b>S/ 394,430.82</b>	<b>S/ 502,237.07</b>	<b>S/ 116,314.20</b>	<b>S/ 81,215.06</b>	<b>S/ 16,134.64</b>					
<b>PREPUESTO ACUMULADO</b>		<b>S/ 1,984,045.69</b>	<b>S/ 456,240.70</b>	<b>S/ 892,624.83</b>	<b>S/ 1,287,055.65</b>	<b>S/ 1,789,292.72</b>	<b>S/ 1,905,606.92</b>	<b>S/ 2,011,821.98</b>	<b>S/ 2,027,956.62</b>					
AVANCE PARCIAL			23.96%	22.92%	14.95%	25.70%	6.05%	4.27%	0.85%					
AVANCE ACUMULADO %			23.96%	46.88%	61.83%	87.54%	93.59%	97.86%	98.70%					

Fuente. Formato de calendario de avance de obra valorizado programado (CAOVP), el calendario se puede visualizar en el apartado de anexos

Figura 15

Curva “S” de avance físico de obra.



Fuente. El grafico muestra el porcentaje de avance mes a mes en función al gasto de presupuesto de la obra y no a la ejecución de actividades que generan valor, se puede observar el detalle en ANEXOS.

Figura 16  
Formato de Valorización N° 07 de Obra.

CONSORCIO RIPESA		VALORIZACION DE OBRA N° 07										FEBRERO DEL 2020			
OBRA:		AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DISPOSICION DE FACILIDADES DEL CAMINO VICTOR BALTA, HAYLA DE LA TORRE.										FECHA DE SUPERVISION:		RIB. PUAL, VIKKO Y VARRAS VICO	
PROPIETARIO:		DIRECCION DE AGUA POTABLE Y DISPOSICION DE FACILIDADES DEL CAMINO VICTOR BALTA, HAYLA DE LA TORRE.										FECHA DE INICIO DE OBRA:		17 DE AGOSTO DEL 2016	
CONTRATISTA:		CONSORCIO RIPESA										FECHA DE TERMINO PROB.		10 DE MARZO DEL 2020	
SUPERVISOR:		CONSORCIO VICTOR BALTA										FECHA DE PLAZO MÍNIMO:		10 DIAS CALENDARIOS	
UBICACION:		VICTOR BALTA, HAYLA DE LA TORRE - PUNO - OTUCO - LA LIBERTAD										FECHA DE TERMINO REAL:		30 DE FEBRERO DEL 2020	
PLAZO DE EJECUCION:		10 DIAS CALENDARIOS										FECHA DE VALORIZACION:		01 AL 23 DE FEBRERO DEL 2020	
ITEM	DESCRIPCION	U.M.	MFT	P.U.	P.P.	VALORES ANTERIORES		VALORES ACTUALES		VALORES ACTUALES		AVANCE	VALORES ACTUALES		
						MFT	COSTO	MFT	COSTO	MFT	COSTO		MFT	COSTO	
01	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>														
01.01	SEÑALADO EN EL TERRENO Y BARRIDO GENERAL														
01	<b>SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>														
01.01	CANTONEROS PARA LA OBRA														
01.02	CONCRETO DE LA CAPACIDAD DE LA OBRA														
01.03	CONCRETO DE LOS CANTONEROS														
01.04	PAVIMENTOS														
01.05	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.06	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.07	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.08	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.09	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.10	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.11	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.12	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.13	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.14	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.15	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.16	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.17	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.18	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.19	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.20	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.21	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.22	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.23	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.24	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.25	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.26	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.27	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.28	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.29	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.30	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.31	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.32	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.33	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.34	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.35	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.36	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.37	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.38	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.39	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.40	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.41	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.42	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.43	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.44	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.45	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.46	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.47	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.48	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.49	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.50	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.51	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.52	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.53	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.54	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.55	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.56	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.57	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.58	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.59	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.60	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.61	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.62	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.63	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.64	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.65	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.66	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.67	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.68	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.69	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.70	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.71	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.72	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.73	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.74	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.75	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.76	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.77	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.78	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.79	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.80	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.81	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.82	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.83	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.84	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.85	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.86	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.87	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.88	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.89	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.90	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.91	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.92	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.93	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.94	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.95	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.96	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.97	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.98	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
01.99	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02	<b>OBRAS DE SANEAMIENTO</b>														
02.01	CONCRETO DE LA CAPACIDAD DE LA OBRA														
02.02	CONCRETO DE LOS CANTONEROS														
02.03	PAVIMENTOS														
02.04	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02.05	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02.06	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02.07	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02.08	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02.09	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02.10	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02.11	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02.12	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														
02.13	PAVIMENTOS EN EL TERRENO														

## 4.2 Relacionado al objetivo específico N° 02:

“Identificar herramientas para cuantificar la planificación y el control de la construcción de UBS.”

### A. Herramientas de lean construction

Las herramientas Lean construction básicamente nos ayudan a que ejecutemos las obras con menos pérdidas (de tiempo, de recursos,) para que estas cumplan con los plazos sean más eficientes y de calidad; y eso se consigue implementando procedimientos y cambiando paradigmas en cuanto al proceso productivo en el sector construcción.

Tabla 7.

Herramientas más utilizadas para la gestión de obras con filosofía LEAN CONSTRUCTION

SISTEMA DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS (LPDS)	HERRAMIENTA	FUENTE
EJECUCIÓN LEAN	FIRST RUN STUDIES	INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION LEAN
	LÍNEA DE ACTIVIDAD	ALFREDO SERPELL 1990
	CARTA DE BALANCE	ALFREDO SERPELL 1990
	CUADRO COMBINADO DE TRABAJO ESTANDARIZADO	NAKAGAWA Y SHIMIZU, 2004
	POKA YOKE	SHINGUEO SHINGO, 1960

<b>SISTEMA DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS (LPDS)</b>	<b>HERRAMIENTA</b>	<b>FUENTE</b>
	MANUAL DE PROCESOS	INES CASTILLO, 2014
	ANDON	TOYOTA
	ONE TOUCH HANDLING	GLENN BALLARD ET AL 2002
	<b>PLANIFICACIÓN MAESTRA</b>	GRUPO INTERNACIONAL DE LEAN CONSTRUCTION
	<b>PULL SESIÓN</b>	CORILLA USQUIANO, 2016
	<b>LAST PLANNER</b>	<b>PLANIFICACIÓN POR FASES</b> GLENN BALLARD 2000
	<b>LOOKAHEAD PLANNING</b>	GLENN BALLARD Y GREG HOWELL 2004
<b>CONTROL DE PRODUCCIÓN</b>	<b>PLAN DE TRABAJO SEMANAL</b>	GLENN BALLARD Y GREG HOWELL 2004
	<b>PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO</b>	GLENN BALLARD Y GREG HOWELL 2004
	<b>RAZONES DE NO CUMPLIMIENTO</b>	GLENN BALLARD Y GREG HOWELL 2004
	<b>LÍNEAS BALANCE</b>	GOODYEAR TIRE & RUBBER COMPANY
<b>COSTOS DEL PROYECTO</b>	<b>MÉTODO DEL VALOR GANADO</b>	DELGADO ALFARO, 2014

Fuente: Tesis Ines Castillo, 2014

Dentro de las innumerables herramientas que nos facilita la filosofía lean (Tabla 6) , para planificar y controlar obra, nos centraremos en dos de ellas como:

- La herramienta Carta Balance, debido a que se puede adaptar perfectamente a los trabajos realizados en la construcción de las UBS.
- El ultimo planificador o LAST PLANNER y trenes de trabajo.

Estos 2 métodos se utilizan debido a que se puede adaptar perfectamente a los trabajos realizados en la construcción de las UBS.

#### **B. Descripción de la aplicación de carta balance en el proyecto**

Esta herramienta es comúnmente usada para medir la productividad de los trabajadores en la ETAPA DE EJECUCIÓN; y saber si se cumple con los plazos y rendimientos que deben tener las cuadrillas tal como demanda el expediente técnico de obra.

Esta herramienta es relativamente fácil de utilizar, y cuyos beneficios son grandes, en cuanto a que permite encontrar el tiempo productivo de la partida y así la disminuir los tiempos no contributorios de ejecución; la importancia de la herramienta radica en que es aplicada directamente en campo, es decir durante la ejecución de la obra; esta también es una limitación en nuestro proyecto debido a que la obra ya está en etapa final de ejecución, sin embargo los resultados propuestos pueden formar parte de las lecciones aprendidas para futuros proyectos.

En este caso se propuso utilizar la herramienta en la ejecución de la partida **INSTALACIONES SANITARIAS (AGUA Y DESAGÜE)** en UBS de la obra: **“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE EXCRETAS DEL CASERÍO VÍCTOR RAÚL HAYA DE LA TORRE, DISTRITO DE USQUIL - OTUZCO - LA LIBERTAD”**.

La herramienta es utilizada para hacer la medición de tiempos y el procedimiento que se empleará será:

1. Identificaremos las actividades secuenciales que se ejecutan para la partida de construcción de Unidades Básicas de Saneamiento (UBS).
2. Seleccionamos la actividad constructiva (de la Partida de UBS) y visualizamos la cuadrilla de trabajo que ejecuta dicha actividad.
3. Identificados los subprocesos (o actividades más pequeñas y simples) de la actividad principal.
4. Clasificamos los subprocesos dentro de las categorías TP, TC, TNC.
5. Nos ubicamos en lugar estratégico sin intervenir en las actividades realizadas, y tratando de no incomodar a la cuadrilla de trabajo.
6. Toma de datos; llenamos los formatos (Figura 17) identificando las categorías y correspondientes observaciones.
7. Se realizará el muestreo de trabajo, tomando un intervalo de 2 min, debido a que el tiempo que toma la ejecución completa de la actividad es de 4 horas aproximadamente.

8. Se expresará la toma de datos con gráficos los cuales nos muestran la contribución de tiempos productivo TP por cada trabajador (Figura 29 y Figura 30) y en general por la partida.
9. Identificamos que subprocesos no aportan valor (TNC) y tratamos de disminuirlos o eliminarlos, así como identificamos los procesos que aportan valor (TP) o contribuyen (TC) para optimizarlos.
10. Una vez optimizado los subprocesos constructivos para mejorar la productividad se tratará de llegar a lo más óptimo que se pueda llegar; para la mejora de esta producción se tendrá que reasignar tareas entre sus miembros, modificar el tamaño de la cuadrilla o implementar algún cambio tecnológico que modifique considerablemente todo el proceso constructivo para poder obtener mejor eficiencia en todo el proceso de la actividad analizada.

En la Figura 17 se puede visualizar el formato que será utilizado para la toma de datos en la empresa RIPESA PERU E.I.R.L.

Figura 17  
Ejemplo de formato comúnmente utilizado para la toma de datos: CARTA BALANCE

MINUTOS		HORAS		Juan Julio Aranda Vasquez	Jaime Ulloa Rodriguez	Billi Marcelo Ruiz	Victor Castillo Ulloa			MINUTOS		HORAS		Juan Julio Aranda Vasquez	Jaime Ulloa Rodriguez	Billi Marcelo Ruiz	Victor Castillo Ulloa
				Alm.	Op.	Peon	Peon							Alm.	Op.	Peon	Peon
2	00:02:00	PK	CEPP	CEPP	CEPP					62	01:02:00	E	E	LA	LA		
4	00:04:00	PK	E	E	E					64	01:04:00	E	E	LA	LA		
6	00:06:00	PK	E	E	E					66	01:06:00	E	E	LA	LA		
8	00:08:00	PK	E	E	E					68	01:08:00	E	E	LA	LA		
10	00:10:00	PK	E	E	E					70	01:10:00	E	VP	LA	LA		
12	00:12:00	PK	E	E	E					72	01:12:00	E	IT	TM	TM	E	
14	00:14:00	PK	E	E	E					74	01:14:00	E	IT	TM	TM	E	
16	00:16:00	PK	E	E	E					76	01:16:00	E	IT	TM	TM	E	
18	00:18:00	PK	E	E	E					78	01:18:00	E	IT	TM	TM	E	
20	00:20:00	EK	E	E	E					80	01:20:00	E	IT	TM	TM	E	
22	00:22:00	E	T	T	T					82	01:22:00	E	IT	TM	TM	E	
24	00:24:00	E	T	T	T					84	01:24:00	E	IT	TM	TM	E	
26	00:26:00	E	T	T	T					86	01:26:00	E	IT	TM	TM	E	
28	00:28:00	E	T	T	T					88	01:28:00	E	IT	E	E		
30	00:30:00	E	T	T	T					90	01:30:00	E	IT	TM	TM	E	
32	00:32:00	E	T	T	T					92	01:32:00	E	IT	TM	TM	E	
34	00:34:00	E	T	T	T					94	01:34:00	E	IT	TM	TM	E	
36	00:36:00	E	T	T	T					96	01:36:00	E	IT	TM	TM	E	
38	00:38:00	E	T	T	T					98	01:38:00	E	IT	TM	TM	E	
40	00:40:00	E	T	T	T					100	01:40:00	E	IT	TM	TM	E	
42	00:42:00	E	T	T	T					102	01:42:00	E	IT	E	E		
44	00:44:00	E	T	T	T					104	01:44:00	E	IS	CEPP	CEPP		
46	00:46:00	E	T	T	T					106	01:46:00	E	E	E	HA		
48	00:48:00	E	T	T	T					108	01:48:00	E	IC	CM	CM	E	
50	00:50:00	E	T	T	T					110	01:50:00	E	IC	CM	CM	E	
52	00:52:00	E	T	T	T					112	01:52:00	E	IC	CM	CM	E	
54	00:54:00	E	T	T	T					114	01:54:00	E	IC	CM	CM	E	
56	00:56:00	E	T	T	T					116	01:56:00	E	IC	CM	CM	E	
58	00:58:00	E	T	T	T					118	01:58:00	E	IC	CM	CM	E	
60	01:00:00	E	T	T	T					120	02:00:00	E	IC	CM	CM	E	

Fuente: elaboración Los tesistas

### C. Descripción de la herramienta last planner system y trenes de actividades

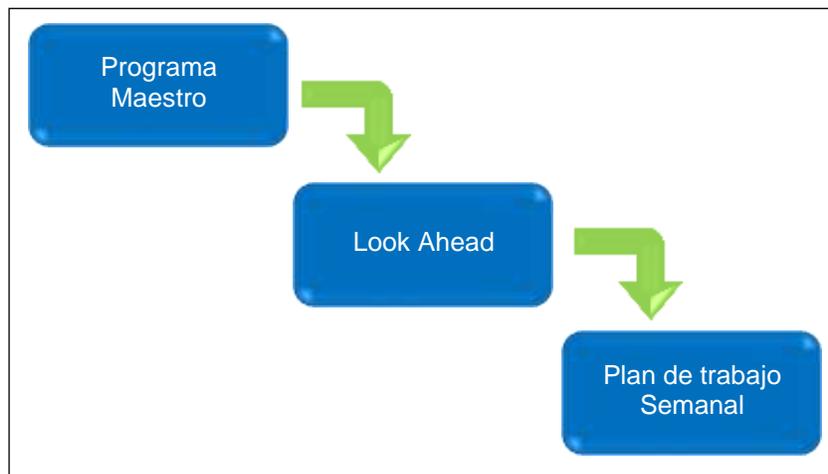
Unas de las herramientas más prácticas y de mayor resultado en la etapa planificación y en la etapa de control de lo planificado de la obra es la de implementación de la herramienta LAST PLANNER, y la de programación de actividades mediante trenes de trabajo, el objetivo fundamental es establecer compromisos con los involucrados tanto personal técnico como personal obrero para evitar incumplimiento de las programaciones.

#### D. Descripción de las fases de planificación (last planner) usadas en el proyecto

Con la participación del personal técnico y de obra se realizan la siguiente secuencia para identificar las fases de planificación como se observa en la Figura 18:

Figura 18

*Niveles de planificación. LAST PLANNER SYSTEM.*



*Elaboración: Los tesisistas*

#### E. Planificación macro:

El proyecto está ubicado en zona rural, en el caserío Victor Raul Haya de la Torre, por lo que una de las limitaciones más importante es la llegada de los materiales a obra, las UBS están alejadas (es común en la zona rural) lo cual también limita las acciones por la lejanía de la zona dentro de la obra.

Se realizó una reunión con todos los involucrados del proyecto para establecer el horizonte de tiempo más accesible de cumplir con el plazo de ejecución del proyecto. (ni tan holgado, ni tan ajustado).

Se evaluó la mejor secuencia de actividades orientada hacia un flujo de trabajo y no ha partidas aisladas, sin embargo, se tomará como referencia datos del ETO, como plazos, duración, especificaciones técnicas.

Se evalúan los hitos de control para controlar el avance de la ejecución, en este caso el hito de control que contempla el ETO es de Inicio y final; se evaluarán si corresponde proponer hitos intermedios (hitos meta).

Se gestiona la relación con los proveedores para asegurar el abastecimiento durante la ejecución del proyecto y poder proponer un cumplimiento del proyecto.

#### **F. PLANIFICACIÓN PULL (FASES):**

Para la planificación del proyecto: **“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE EXCRETAS DEL CASERÍO VÍCTOR RAÚL HAYA DE LA TORRE, DISTRITO DE USQUIL - OTUZCO - LA LIBERTAD”**.

Lo primero que se realizó fue un análisis de los componentes y metas del proyecto con una reunión con el equipo técnico de la obra, la supervisión, y algunos de los operarios de confianza de la empresa; la reunión sirvió también para verificar: requerimientos, frecuencia de requerimientos, materiales en almacén, personal disponible, rendimientos del expediente Técnico de Obra (ETO), plazos de los trabajos, compromisos, secuencia de actividades y la lógica.

De las sesiones de trabajo se identificaron las fases del proyecto: CAPTACIONES, LÍNEA DE CONDUCCIÓN, PASES AÉREOS, RESERVORIO, LÍNEA DE ABDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN, VÁLVULAS PURGA, AIRE, CONTROL, CRP-7 Y CRP-6, CONSTRUCCIÓN DE UBS, las que se visualizan en la Figura 31.

En la PULL SESSION por acuerdo de los integrantes se decidió analizar la FASE: CONSTRUCCIÓN DE UBS, para lo cual se establecieron inicialmente 3 SECTORES dentro de la obra: un (01) sectores de 30 UBS, un sector de 29 y un sector de 36 UBS, los sectores se tomaron en cuenta según la distribución geografía de las UBS, los caminos de acceso, según el plano del replanteo y el visto bueno del residente.

Como resultados de las sesiones de planeamiento se realiza la programación de las actividades que sirven para la construcción de UBS, tratando de buscar estaciones de trabajo balanceadas, tratando que las cuadrillas designadas tengan un avance diario igual y que los recursos asignados sean constantes

Para poder elaborar el plan de gestión necesitamos conocer cuáles son los procesos constructivos involucrados; en esta fase de planeamiento se elaboró la programación para la ejecución de la partida de construcción de UBS y se identificó cuáles son las actividades críticas que intervienen, ya que esto ayuda a elaborar una programación de trabajos más eficiente y completa. La secuencia de trabajo es visible en la Tabla 8.

Tabla 8.

Proceso de construcción de una UBS (PULL SESSION).

---

<b>01</b>	<b>UNIDADES DE SANEAMIENTO BÁSICO (USB)</b>
<b>1.01</b>	Nivelación, trazo y replanteo
<b>1.02</b>	Construcción de bases: Excavación de concreto y vaciado de las bases
<b>1.03</b>	Construcción de sobre bases: Encofrado vaciado y desencofrado
<b>1.04</b>	Construcción de muros: Asentado de muro CARAVISTA con ladrillo lark de 18 huecos
<b>1.05</b>	<b>INSTALACIONES DE AGUA Y DESAGÜE: COLOCACIÓN DE TUBERÍAS</b>
<b>1.06</b>	Construcción de pisos con cemento pulido:
<b>1.07</b>	Tarrajeo de zócalos: tanto externos como internos
<b>1.08</b>	Tarrajeo de ducha.
<b>1.09</b>	Colocar la cobertura de teja andina
<b>1.1</b>	Instalación de puertas y ventanas
<b>1.11</b>	Instalación de accesorios sanitarios (INODORO, LAVATORIO, DUCHA CROMADA)
<b>1.12</b>	Pintura de la UBS

---

Elaboración. Propia, obtenido de las sesiones PULL.

### **G. Programación look ahead**

La programación del Look Ahead se realizará a seis semanas y se identificaron las posibles restricciones de cada actividad. Además, se planificó una reunión en la cual se planificaba el avance de la semana y se buscaban soluciones a las interferencias encontradas, se debe verificar también el PPC (porcentaje del plan cumplido) con frecuencia semanal.

Lo importante de la herramienta es que se establecen compromisos de trabajo involucrando a los operarios y estableciendo metas compartidas; es decir metas que el equipo está dispuesto a realizar.

## **H. Descripción trenes de trabajo**

En la programación Look Ahead se utilizó como herramienta los trenes de actividades o tack time los cuales son sistemas balanceados de producción utilizados comúnmente dentro del LAST PLANNER SYSTEM y en la gestión de la obra, para la planificación y control de los trabajos en la construcción de UBS; se propone una secuencia de trabajo en base al último operario que realizará trabajos en la UBS, en este caso en el operario que realizará los trabajos de pintado los accesorios sanitarios que es el último que tendrá intervención en la UBS culminada

## **I. Programación semanal**

Se evaluará semanalmente el PPC, con la finalidad de verificar el avance programado semanal, se estableció buffers de tiempo para el Día sábado, realizando la programación de lunes a viernes y los sábados para nivelarse o cumplir con lo programado durante la semana, en el caso que todas las actividades se cumplan se deberá corregir la programación dando menos holguras y subiendo las metas a las cuadrillas, es decir es un procedimiento iterativo.

#### **4.3 Relacionado al objetivo específico N° 03:**

**“Utilizar la herramienta CARTA BALANCE para identificar TP, TC, TNC, en las actividades de la CONSTRUCCIÓN DE UBS de las obras de saneamiento rural.”**

##### **A. Análisis de la construcción de una UBS**

Se analiza la construcción de las Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) de la empresa RIPESA PERÚ E.I.R.L por medio de la carta balance propuesta en la filosofía Lean construction.

Los trabajos no toman en cuenta tiempo de traslados, siendo un factor importante debido a las grandes distancias en las que se encuentran los beneficiarios del proyecto y donde se construyen las UBS, solo se centran en las partidas de la planilla de metrados como se observa en la Tabla 9, lo cual dificulta mucho al hacer una programación y tratar de controlar de avance por ello se decidió cambiar el flujo de trabajos de la secuencia por partidas propuesta en el expediente técnico a la secuencia por actividades obtenida de las PULL SESSIONS.

Al realizar la visita de campo y de acuerdo con el maestro decidimos que para implementar la herramienta de carta balance se decidió modificar la secuencia de trabajos a una más simple y de flujo constante.

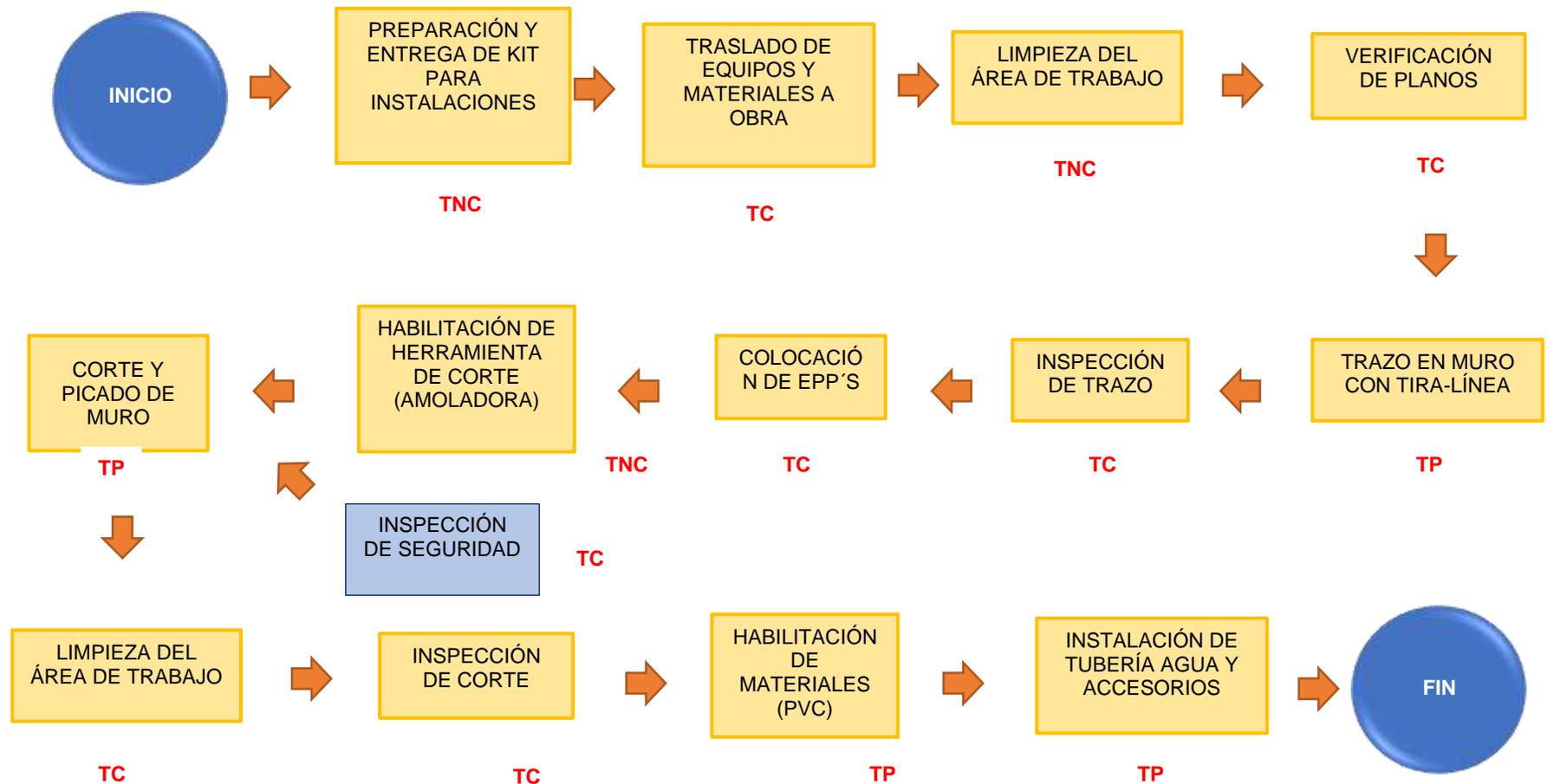
Por temas de tiempo, se decidió realizar la toma de muestras a la actividad: **03.04**

##### **INSTALACIONES DE AGUA Y DESAGÜE: COLOCACIÓN DE**

**TUBERÍAS**, el desarrollo de la carta balance sería la misma para las otras partidas obtenidas de la Sesión Pull.

Cuando realizamos la visita inopinada a campo para observar el sistema constructivo actual de las UBS lo primero que hicimos fue realizar un esquema de la secuencia de trabajo de la actividad a analizar, el esquema resultante fue el que se observa en la Figura 19. El análisis se hizo para la cuadrilla de trabajo encontrada, la cuadrilla actual está conformada por (01) operario y (02) peones.

*Figura 19.  
Flujograma de actividades para realizar las Instalaciones de sanitarias en una Unidad Básica de Saneamiento (UBS)*



Fuente: elaboración propia

*Tabla 9.*

*Lista de partidas para construir una Unidad Básica de Saneamiento.*

<b>03</b>	<b>UNIDADES DE SANEAMIENTO BÁSICO (USB)</b>
<b>03.01</b>	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR
<b>03.02</b>	EXCAVACIÓN MANUAL PARA ESTRUCTURAS
<b>03.03</b>	RELLENO CON MATERIAL PROPIO
<b>03.04</b>	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30 M (A MANO USANDO CARRETILLAS)
<b>03.05</b>	VEREDA DE CONCRETO FC=175 KG/CM <sup>2</sup>
<b>03.06</b>	CONCRETO FC=175 KG/CM <sup>2</sup> EN LOSA Y VIGA
<b>03.07</b>	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
<b>03.08</b>	ACERO FY= 4200 KG/CM <sup>2</sup> - GRADO 60
<b>03.09</b>	MURO DE SOGA LADRILLO KING-KONG
<b>03.10</b>	TARRAJEO DE MUROS INTERIORES, MEZCLA 1:5, E=1.5 CM.
<b>03.11</b>	REVESTIMIENTO DE MUROS CON CEMENTO PULIDO C:A 1:1
<b>03.12</b>	REVESTIMIENTO DE PISOS CON CEMENTO PULIDO C:A 1:1
<b>03.13</b>	PINTURA CON ESMALTE SINTÉTICO EN MUROS INTERIORES, 2 MANOS
<b>03.14</b>	SUMINISTRO E INSTALACIÓN PUERTA CONTRA PLACADA CON MARCOS DE MADERA (2.00x0.70m)
<b>03.15</b>	COBERTURA CON TEJA ANDINA
<b>03.16</b>	VENTANA METÁLICA DE (0.70x0.22m) INCLUIDO MARCO, VIDRIO Y PINTURA
<b>03.17</b>	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE APARATOS Y ACCESORIOS SANITARIOS
<b>03.18</b>	SALIDA DE PTO. DE AGUA
<b>03.19</b>	SALIDA DE PTO. DE DESAGÜE

Fuente: Planilla metrados del expediente técnico

## **B. Sistema constructivo propuesto de la UBS**

La secuencia de trabajos es distinta a la propuesta en la planilla de metrados incluida en el Expediente Técnico de Obra, la secuencia de actividades propuesta y la que se sigue para hacer una Unidad Básica de Saneamiento sería la mostrada en la Tabla 10.

*Tabla 10.*

*Secuencia de actividades para la construcción de una UBS*

<b>UNIDADES DE SANEAMIENTO BÁSICO (UBS)</b>	
<b>03.01</b>	CONSTRUCCIÓN DE BASES: EXCAVACIÓN DE CONCRETO Y VACIADO DE LAS BASES
<b>03.02</b>	CONSTRUCCIÓN DE SOBRE BASES: ENCOFRADO VACIADO Y DESENCOFRADO
<b>03.03</b>	CONSTRUCCIÓN DE MUROS: ASENTADO DE MUROS CON LADRILLO LARK DE 18 HUECOS
<b>03.04</b>	INSTALACIONES DE AGUA Y DESAGÜE: COLOCACIÓN DE TUBERÍAS EN UBS
<b>03.05</b>	ELABORACIÓN DE PISOS CON CEMENTO PULIDO:
<b>03.06</b>	TARRAJEO DE ZÓCALOS: TANTO EXTERNOS COMO INTERNOS
<b>03.07</b>	TARRAJEO DE DUCHA.
<b>03.08</b>	COLOCAR LA COBERTURA DE TEJA ANDINA
<b>03.09</b>	INSTALACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS
<b>03.10</b>	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS SANITARIOS
<b>03.11</b>	PINTURA DE LA UBS

Fuente: Sesiones pull, coordinaciones de trabajo.

### **C. Identificación de las categorías de trabajo**

En las sesiones se tomó un grupo de trabajadores de planilla que serán observados durante la ejecución de la actividad de instalaciones de agua y desagüe en UBS como se muestra en la Tabla 11, será la cuadrilla de trabajo seleccionada y se designaran los trabajos, cabe resaltar que esta cuadrilla ya estaba organizada y venía trabajando estas actividades con autorización del residente y del maestro.

*Tabla 11.*

*Cuadrilla de trabajo seleccionada, la asignación de trabajo*

<b>Ítem</b>	<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Cat.</b>	<b>Trabajo Asignado</b>
<b>01</b>	<b>Juan Julio Aranda Vasquez</b>	<b>Almacenero</b>	Entrega de Herramientas, tubería y accesorios a operarios.
<b>02</b>	<b>Jaime Ulloa Rodriguez</b>	<b>OP.</b>	Instalaciones de agua y desagüe (corte de tubería, pegado, instalación de accesorios )
<b>05</b>	<b>Billi Marcelo Ruiz</b>	<b>Peon</b>	Traslado de accesorios y equipos, corte de tubería, limpieza
<b>06</b>	<b>Victor Castillo Ulloa</b>	<b>Peon</b>	Traslado de accesorios y equipos, corte de tubería, limpieza

Fuente: Reuniones de trabajo con residente y supervisión

Una vez identificada la cuadrilla de estudio se clasificó las actividades dentro de las categorías de tiempo trabajo en las cuales se ejecutarán, los resultados se observan en la Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14.

*Tabla 12.*

*Actividades clasificadas como TRABAJO PRODUCTIVO (TP)*

<b>TP</b>	<b>TRABAJO PRODUCTIVO</b>	<b>COD.</b>
<b>01</b>	<b>TRAZO EN MURO CON TIRA LÍNEA</b>	<b>TM</b>
<b>02</b>	<b>CORTE DE MURO</b>	<b>CM</b>
<b>03</b>	<b>PICADO DE MURO</b>	<b>PM</b>
<b>04</b>	<b>HABILITACIÓN DE MATERIALES (PVC)</b>	<b>HM</b>
<b>05</b>	<b>INSTALACIÓN DE TUBERÍA AGUA Y ACCESORIOS</b>	<b>ITA</b>

Fuente: Reuniones de trabajo con residente y supervisión

*Tabla 13.*

*Actividades clasificadas como TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC)*

<b>TC</b>	<b>TRABAJO CONTRIBUTIVO</b>	<b>COD.</b>
<b>01</b>	<b>TRASLADO DE EQUIPOS Y MATERIALES A OBRA</b>	<b>T</b>
<b>02</b>	<b>VERIFICACIÓN DE PLANOS</b>	<b>VP</b>

<b>03</b>	<b>INSPECCIÓN DE TRAZO</b>	<b>IT</b>
<b>04</b>	<b>COLOCACIÓN DE EPP'S</b>	<b>CEPP</b>
<b>05</b>	<b>INSPECCIÓN DE SEGURIDAD</b>	<b>IS</b>
<b>06</b>	<b>LIMPIEZA DEL ÁREA DE TRABAJO</b>	<b>LA</b>
<b>07</b>	<b>INSPECCIÓN DE CORTE</b>	<b>IC</b>

Fuente: Reuniones de trabajo con residente y supervisión

*Tabla 14.*

*Actividades clasificadas como TRABAJO NO CONTRIBUTORIO (TNC)*

<b>TNC</b>	<b>TRABAJO NO CONTRIBUTORIO</b>	<b>COD.</b>
<b>01</b>	<b>PREPARACIÓN DE KIT</b>	<b>PK</b>
<b>02</b>	<b>ENTREGA DE KIT PARA INSTALACIONES</b>	<b>EK</b>
<b>03</b>	<b>HABILITACIÓN DE HERRAMIENTA DE CORTE (AMOLADORA)</b>	<b>HA</b>
<b>04</b>	<b>ESPERAS</b>	<b>E</b>

Fuente: Reuniones de trabajo con residente y supervisión

Se tomaron dos tomas de muestras una con la cuadrilla actual (01 OP. + 02 PEON.) y otra con la cuadrilla propuesta (01 OP. + 01 PEON) cuyos rendimientos se compararon con los rendimientos del expediente técnico de obra.

Los resultados de la toma de datos se observan en las Figura 20, Figura 21.

**D. CARTA BALANCE DE LA CUADRILLA 1 (CUADRILLA ACTUAL)**

**PERIODO DE REVISIÓN 1 : 2 MIN**

**TIEMPO DE MEDICIÓN 1 : 4.47 HORAS**

Figura 20

Carta Balance de la Cuadrilla 01 (Actual)

MINUTOS	HORAS	Juan Julio Aranda Vasquez	Jaime Ulloa Rodriguez	Bibi Marcelo Ruiz	Victor Castillo Ulloa
2	00:02:00	PK	Op.	Peon	Peon
4	00:04:00	PK	CEPP	CEPP	CEPP
6	00:06:00	PK	E	E	E
8	00:08:00	PK	E	E	E
10	00:10:00	PK	E	E	E
12	00:12:00	PK	E	E	E
14	00:14:00	PK	E	E	E
16	00:16:00	PK	E	E	E
18	00:18:00	PK	E	E	E
20	00:20:00	PK	E	E	E
22	00:22:00	E	T	T	T
24	00:24:00	E	T	T	T
26	00:26:00	E	T	T	T
28	00:28:00	E	T	T	T
30	00:30:00	E	T	T	T
32	00:32:00	E	T	T	T
34	00:34:00	E	T	T	T
36	00:36:00	E	T	T	T
38	00:38:00	E	T	T	T
40	00:40:00	E	T	T	T
42	00:42:00	E	T	T	T
44	00:44:00	E	T	T	T
46	00:46:00	E	T	T	T
48	00:48:00	E	T	T	T
50	00:50:00	E	T	T	T
52	00:52:00	E	T	T	T
54	00:54:00	E	T	T	T
56	00:56:00	E	T	T	T
58	00:58:00	E	T	T	T
60	01:00:00	E	T	T	T

MINUTOS	HORAS	Juan Julio Aranda Vasquez	Jaime Ulloa Rodriguez	Bibi Marcelo Ruiz	Victor Castillo Ulloa
62	01:02:00	E	Op.	Peon	Peon
64	01:04:00	E	E	LA	LA
66	01:06:00	E	E	LA	LA
68	01:08:00	E	E	LA	LA
70	01:10:00	E	VP	LA	LA
72	01:12:00	E	IT	TM	TM
74	01:14:00	E	IT	TM	TM
76	01:16:00	E	IT	TM	TM
78	01:18:00	E	IT	TM	TM
80	01:20:00	E	IT	TM	TM
82	01:22:00	E	IT	TM	TM
84	01:24:00	E	IT	TM	TM
86	01:26:00	E	IT	TM	TM
88	01:28:00	E	IT	TM	TM
90	01:30:00	E	IT	TM	TM
92	01:32:00	E	IT	TM	TM
94	01:34:00	E	IT	TM	TM
96	01:36:00	E	IT	TM	TM
98	01:38:00	E	IT	TM	TM
100	01:40:00	E	IT	TM	TM
102	01:42:00	E	IT	TM	TM
104	01:44:00	E	IB	CEPP	CEPP
106	01:46:00	E	E	E	E
108	01:48:00	E	IC	CM	CM
110	01:50:00	E	IC	CM	CM
112	01:52:00	E	IC	CM	CM
114	01:54:00	E	IC	CM	CM
116	01:56:00	E	IC	CM	CM
118	01:58:00	E	IC	CM	CM
120	02:00:00	E	IC	CM	CM

MINUTOS	HORAS	Juan Julio Aranda Vasquez	Jaime Ulloa Rodriguez	Bibi Marcelo Ruiz	Victor Castillo Ulloa
122	02:02:00	E	IC	CM	CM
124	02:04:00	E	IC	CM	CM
126	02:06:00	E	IC	CM	CM
128	02:08:00	E	IC	CM	CM
130	02:10:00	E	IC	CM	CM
132	02:12:00	E	IC	CM	PM
134	02:14:00	E	IC	CM	PM
136	02:16:00	E	IC	CM	PM
138	02:18:00	E	IC	CM	PM
140	02:20:00	E	IC	PM	PM
142	02:22:00	E	IC	PM	PM
144	02:24:00	E	IC	PM	PM
146	02:26:00	E	IC	PM	PM
148	02:28:00	E	IC	PM	PM
150	02:30:00	E	HM	LA	LA
152	02:32:00	E	HM	LA	LA
154	02:34:00	E	HM	LA	LA
156	02:36:00	E	HM	LA	LA
158	02:38:00	E	HM	LA	LA
160	02:40:00	E	HM	LA	LA
162	02:42:00	E	HM	LA	LA
164	02:44:00	E	HM	LA	LA
166	02:46:00	E	HM	LA	LA
168	02:48:00	E	HM	LA	LA
170	02:50:00	E	HM	LA	LA
172	02:52:00	E	HM	LA	LA
174	02:54:00	E	HM	LA	LA
176	02:56:00	E	HM	LA	LA
178	02:58:00	E	HM	LA	LA
180	03:00:00	E	HM	LA	LA

MINUTOS	HORAS	Juan Julio Aranda Vasquez	Jaime Ulloa Rodriguez	Bibi Marcelo Ruiz	Victor Castillo Ulloa
182	03:02:00	E	HM	HM	LA
184	03:04:00	E	HM	HM	LA
186	03:06:00	E	ITA	E	E
188	03:08:00	E	ITA	E	E
190	03:10:00	E	ITA	E	E
192	03:12:00	E	ITA	E	E
194	03:14:00	E	ITA	E	E
196	03:16:00	E	ITA	E	E
198	03:18:00	E	ITA	E	E
200	03:20:00	E	ITA	E	E
202	03:22:00	E	ITA	E	E
204	03:24:00	E	ITA	E	E
206	03:26:00	E	ITA	E	E
208	03:28:00	E	ITA	E	E
210	03:30:00	E	ITA	E	E
212	03:32:00	E	ITA	E	E
214	03:34:00	E	ITA	E	E
216	03:36:00	E	ITA	E	E
218	03:38:00	E	ITA	E	E
220	03:40:00	E	ITA	LA	LA
222	03:42:00	E	ITA	LA	LA
224	03:44:00	E	ITA	E	E
226	03:46:00	E	ITA	E	E
228	03:48:00	E	ITA	E	E
230	03:50:00	E	ITA	E	E
232	03:52:00	E	ITA	E	E
234	03:54:00	E	ITA	E	E
236	03:56:00	E	ITA	HM	HM
238	03:58:00	E	ITA	E	E
240	04:00:00	E	ITA	E	E

MINUTOS	HORAS	Juan Julio Aranda Vasquez	Jaime Ulloa Rodriguez	Bibi Marcelo Ruiz	Victor Castillo Ulloa
242	04:02:00	E	ITA	ITA	E
244	04:04:00	E	ITA	ITA	E
246	04:06:00	E	ITA	ITA	E
248	04:08:00	E	ITA	ITA	E
250	04:10:00	E	ITA	ITA	E
252	04:12:00	E	ITA	ITA	E
254	04:14:00	E	ITA	ITA	E
256	04:16:00	E	ITA	ITA	E
258	04:18:00	E	ITA	ITA	E
260	04:20:00	E	ITA	ITA	E
262	04:22:00	E	ITA	ITA	E
264	04:24:00	E	LA	LA	LA
266	04:26:00	E	E	LA	LA
268	04:28:00	E	E	LA	LA
270	04:30:00	E	E	LA	LA
272	04:32:00	E	E	E	E
274	04:34:00	E	E	E	E
276	04:36:00	E	E	E	E
278	04:38:00	E	E	E	E
280	04:40:00	E	E	E	E
282	04:42:00	E	E	E	E
284	04:44:00	E	E	E	E
286	04:46:00	E	E	E	E
288	04:48:00	E	E	E	E
290	04:50:00	E	E	E	E
292	04:52:00	E	E	E	E
294	04:54:00	E	E	E	E
296	04:56:00	E	E	E	E
298	04:58:00	E	E	E	E
300	05:00:00	E	E	E	E

MINUTOS	HORAS	Juan Julio Aranda Vasquez	Jaime Ulloa Rodriguez	Bibi Marcelo Ruiz	Victor Castillo Ulloa
302	05:02:00		Op.	E	E
304	05:04:00		ITA	E	E
306	05:06:00		ITA	E	E
308	05:08:00		ITA	E	E
310	05:10:00		ITA	E	E
312	05:12:00		ITA	E	E
314	05:14:00		ITA	E	E
316	05:16:00		ITA	E	E
318	05:18:00		ITA	E	E
320	05:20:00		ITA	E	E
322	05:22:00		ITA	E	E
324	05:24:00		LA	LA	LA
326	05:26:00		E	LA	LA
328	05:28:00		E	LA	LA
330	05:30:00		E	E	E
332	05:32:00		E	E	E
334	05:34:00		E	E	E
336	05:36:00		E	E	E
338	05:38:00		E	E	E
340	05:40:00		E	E	E
342	05:42:00		E	E	E
344	05:44:00		E	E	E
346	05:46:00		E	E	E
348	05:48:00		E	E	E
350	05:50:00		E	E	E
352	05:52:00		E	E	E
354	05:54:00		E	E	E
356	05:56:00		E	E	E
358	05:58:00		E	E	E
360	06:00:00		E	E	E

Fuente. Para mejor visualización de la carta balance los resultados se encuentran en el apartado de ANEXOS



**F. Clasificación del tiempo de trabajo contributorios (tc), trabajos no contributorios (tnc), trabajos productivos (tp).**

**a) RESULTADOS DE LA CUADRILLA 01 (CUADRILLA ACTUAL).**

Resultados de la aplicación de carta balance con la cuadrilla 01 (01 OP + 02 PEON.) se observan en la Figura 22, la cual nos indica el porcentaje de las actividades consumen más tiempo y recursos.

*Figura 22.*

*Resultados de la aplicación de carta balance en la cuadrilla 01 (%TP, TC, TNC )*

TRAB.	COD.	N°	DESCRIPCION	NO DE MEDICIONES	%TP, TC, TNC	% PART. EN CADA TIPO TRAB.	Juan Julio Aranda Vasquez			Jaime Ulloa Rodriguez			Billi Marcelo Ruiz			Victor Castillo Ulloa		
							No		%	No		%	No		%	No		%
							Med.	Part.	Total	Med.	Part.	Total	Med.	Part.	Total	Med.	Part.	Total
TP	TM	1	TRAZO EN MURO CON TIRALINEA	14	21%	12%	0	0%	0%	0	0%	43%	14	10%	36%	0	0%	7%
	CM	2	CORTE DE MURO	16		14%	0	0%		0	0%		16	12%		0	0%	
	PM	3	PICADO DE MURO	14		12%	0	0%		0	0%		5	4%		9	7%	
	HM	4	HABILITACIÓN DE MATERIALES (PVC)	20		18%	0	0%		18	13%		2	2%		0	0%	
	ITA	5	INSTALACION DE TUBERIA AGUA Y ACCESORIOS	50		44%	0	0%		39	29%		11	8%		0	0%	
TC	T	1	TRASLADO DE EQUIPOS Y MATERIALES A OBRA	60	30%	38%	0	0%	0%	20	15%	45%	20	15%	37%	20	15%	38%
	VP	2	VERIFICACION DE PLANOS	1		1%	0	0%		1	1%		0	0%		0	0%	
	IT	3	INSPECCION DE TRAZO	16		10%	0	0%		16	12%		0	0%		0	0%	
	CEPP	4	COLOCACION DE EPP'S	5		3%	0	0%		1	1%		2	2%		2	2%	
	IS	5	INSPECCION DE SEGURIDAD	1		1%	0	0%		1	1%		0	0%		0	0%	
	LA	6	LIMPIEZA DEL AREA DE TRABAJO	56		35%	0	0%		0	0%		27	20%		29	22%	
	IC	7	INSPECCION DE CORTE	21		13%	0	0%		21	16%		0	0%		0	0%	
TNC	PK	1	PREPARACION DE KIT	9	49%	3%	9	7%	100%	0	0%	13%	0	0%	28%	0	0%	55%
	EK	2	ENTREGA DE KIT PARA INSTALACIONES	1		0%	1	1%		0	0%		0	0%		0	0%	
	HA	3	HABILITACION DE HERRAMIENTA DE CORTE (AMOLADORA)	2		1%	0	0%		0	0%		1	1%		1	1%	
	E	4	ESPERAS	250		95%	124	93%		17	13%		36	27%		73	55%	
TOTAL				536	100%		134	100%		134	100%		134	100%		134	100%	

*Fuente. Para mejor visualización de la carta balance los resultados se encuentran en el apartado de ANEXOS*

Del análisis de los resultados expuestos en la Figura 22 podemos analizar lo siguiente:

- \* El Trabajo No Contributorio representa el 49% del tiempo total.
- \* El Trabajo No Contributorio más frecuente son: las esperas y representa el 95% del T.N.C.
- \* El Trabajo Contributorio más frecuente es: traslado de equipos y materiales a obra y representa 38% del T.C.
- \* El tiempo de traslado de materiales es de unos 40 min. APROX.
- \* El Ay. Víctor Castillo presenta mayor T.N.C (55%), que en su mayoría de tiempo es por esperas, lo recomendable sería rotarlo a otra cuadrilla de trabajo en la que pueda realizar más tiempo productivo.
- \* El almacenero a pesar de no pertenecer como tal a la cuadrilla, interviene en el proceso a su vez representa el mayor porcentaje de Esperas ya que su función solo es la Entrega y preparación materiales y equipos, actividad que puede hacerse un día anterior y tener listos los KITS para c/operario.
- \* Los rendimientos de las obras en el Perú están en promedio en un 30%, por lo tanto, estaríamos a 9% de dicho margen, si tenemos algunas consideraciones podemos mejorar el flujo de producción, se puede obviar el Ay. Víctor Castillo ya que el tiempo productivo de este peón es de 7%.

En general se puede resumir que para la actividad de instalaciones de agua y desagüe en UBS la distribución del tiempo es 21% del tiempo de trabajo es productivo, 30% de la distribución del tiempo es trabajo contributorio, 49% del tiempo del trabajo es trabajo no contributorio, bajo las condiciones actuales el porcentaje del tiempo que no contribuye con el trabajo es muy alto se deberá implementar alguna solución que cambie esta situación, la gráfica se puede observar en la Figura 23.

*Figura 23*  
*Diagrama de pastel de la distribución general del trabajo*



*Fuente. El 49 % del tiempo de la actividad medida, se consume en trabajos NO CONTRIBUTORIOS, solo el 21 % de las horas son destinadas a la culminación directa de las actividades.*

Por los resultados que tenemos se decidió cambiar la cuadrilla a 1 operario y un 1 peón con la finalidad de optimizar el proceso constructivo para mejorar la productividad, para ello también se reasignaron tareas a los miembros.

**b) Resultados de la cuadrilla 02 (propuesta).**

Resultados de la aplicación de carta balance con la cuadrilla 02 (01 Op + 01 Peon.) se observan en la y Figura 24 nos indica cuanto es el porcentaje de las actividades consumen más tiempo y recursos.

Figura 24

Resultados de la aplicación de carta balance en la cuadrilla 02 (Propuesta) (%TP, TC, TNC)

TRAB.	COD.	N°	DESCRIPCION	NO DE MEDICIONES	%TP, TC, TNC	% PART. EN CADA TIPO TRAB.	Juan Julio Aranda Vasquez			Jaime Ulloa Rodriguez			Billi Marcelo Ruiz		
							No		%	No		%	No		%
							Med.	Part.	Total	Med.	Part.	Total	Med.	Part.	Total
TP	TM	1	TRAZO EN MURO CON TIRALINEA	26	48%	22%	0	0%	0%	12	10%	75.21%	14	12%	21%
	CM	2	CORTE DE MURO	13		11%	0	0%		13	11%		0	0%	
	PM	3	PICADO DE MURO	9		8%	0	0%		3	3%		6	5%	
	HM	4	HABILITACIÓN DE MATERIALES (PVC)	26		22%	0	0%		20	17%		6	5%	
	ITA	5	INSTALACION DE TUBERIA AGUA Y ACCESORIOS	43		37%	0	0%		43	36%		0	0%	
TC	T	1	TRASLADO DE EQUIPOS Y MATERIALES A OBRA	44	31%	58%	0	0%	0%	20	17%	22.31%	24	20%	40%
	VP	2	VERIFICACION DE PLANOS	1		1%	0	0%		1	1%		0	0%	
	IT	3	INSPECCION DE TRAZO	2		3%	0	0%		2	2%		0	0%	
	CEPP	4	COLOCACION DE EPP'S	4		5%	0	0%		1	1%		3	3%	
	IS	5	INSPECCION DE SEGURIDAD	1		1%	0	0%		1	1%		0	0%	
	LA	6	LIMPIEZA DEL AREA DE TRABAJO	22		29%	0	0%		0	0%		22	18%	
	IC	7	INSPECCION DE CORTE	2		3%	0	0%		2	2%		0	0%	
TNC	PK	1	PREPARACION DE KIT	0	21%	0%	0	0%	100%	0	0%	2.48%	0	0%	38%
	EK	2	ENTREGA DE KIT PARA INSTALACIONES	1		2%	1	100%		0	0%		0	0%	
	HA	3	HABILITACION DE HERRAMIENTA DE CORTE (AMOLADORA)	0		0%	0	0%		0	0%		0	0%	
	E	4	ESPERAS	49		98%	0	0%		3	3%		46	38%	
<b>TOTAL</b>				<b>243</b>	<b>100%</b>		<b>1</b>	<b>100%</b>		<b>121</b>	<b>100%</b>		<b>121</b>	<b>100%</b>	

Fuente. Para mejor visualización de la carta balance los resultados se encuentran en el apartado de ANEXOS.

Del análisis de los resultados expuestos en Figura 24 se observa lo siguiente:

- \* El tiempo que se realiza trabajo productivo aumentó de 21% a 48%, indicando que hay una mejora en la distribución del tiempo de trabajo dedicado a realizar actividades productivas.
- \* El tiempo en el que se hace Trabajo No Contributorio se redujo de 49% hasta el 21% del tiempo total.
- \* El Trabajo No Contributorio más frecuente siguen siendo: LAS ESPERAS Y REPRESENTA EL 98% DEL tiempo en el que se hace TNC; esto xq se eliminaron otras actividades no contributarias,
- \* El Trabajo Contributorio más frecuente es: TRASLADO DE EQUIPOS Y MATERIALES A OBRA Y REPRESENTA 59% DEL tiempo en el que se hace TC.
- \* El tiempo de TRASLADO DE MATERIALES es de unos 40 min. aprox.
- \* Se eliminó la participación del almacenero, solamente a la entrega de kits que demora en promedio 2 min por cuadrilla.

El tiempo total para realizar toda la actividad 03.04 INSTALACIONES DE AGUA Y DESAGÜE ha reducido, porque cuando se realizó la toma de tiempo a la cuadrilla 02, la ejecución de la actividad terminó en 4 h. 02 min. e inicialmente la ejecución de la actividad demoraba 4.h. 47 min. aprox. A su vez el rendimiento de esta cuadrilla es mayor y nos arroja un tiempo de ejecución de trabajo productivo (TP) de 48%.La nueva distribución de los tiempos de trabajo

Figura 25

Diagrama de pastel de la distribución general con la cuadrilla propuesta.



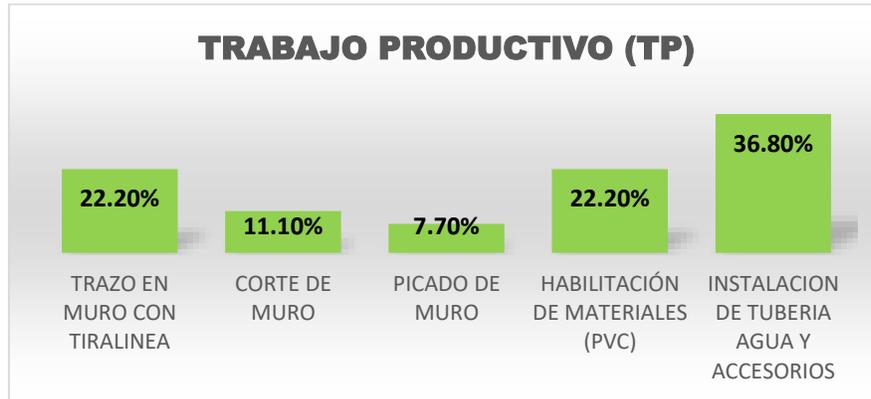
Fuente. El 21 % del tiempo de la actividad medida se consume en trabajos NO CONTRIBUTORIOS, con la nueva cuadrilla y distribución de nuevas actividades se obtuvo un 48% de tiempo productivo.

**c) Trabajo productivo:**

La cuadrilla propuesta muestra mayor eficiencia, se observó que las unidades básicas de saneamiento (UBS), no tienen la misma orientación de la salida del desagüe lo que demora para tomar decisiones al operario, lo que indica que se puede mejorar la metodología de trabajo.

Figura 26

Análisis del trabajo productivo de la cuadrilla propuesta



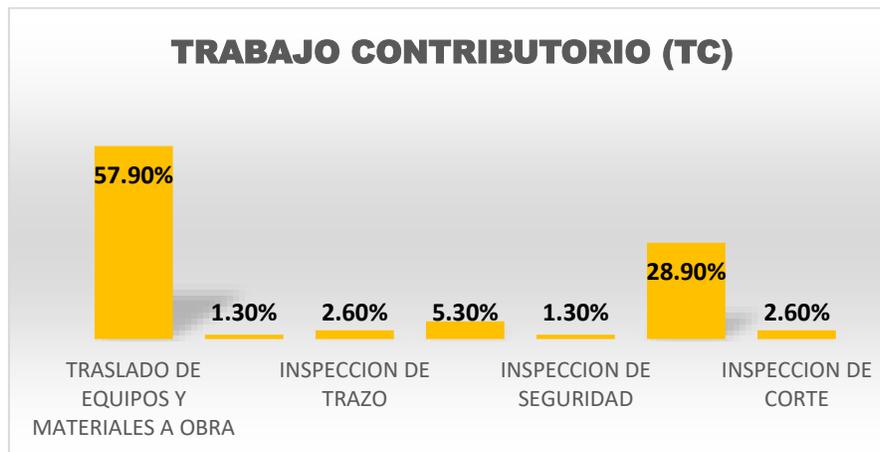
Fuente: elaboración propia

**d) Trabajo contributorio**

Casi el 57.90% del tiempo del trabajo contributorio se demora en trasladar los materiales a obra, y el operario trasladando material es una pérdida de tiempo y productividad.

Figura 27

Análisis de los trabajos contributorios



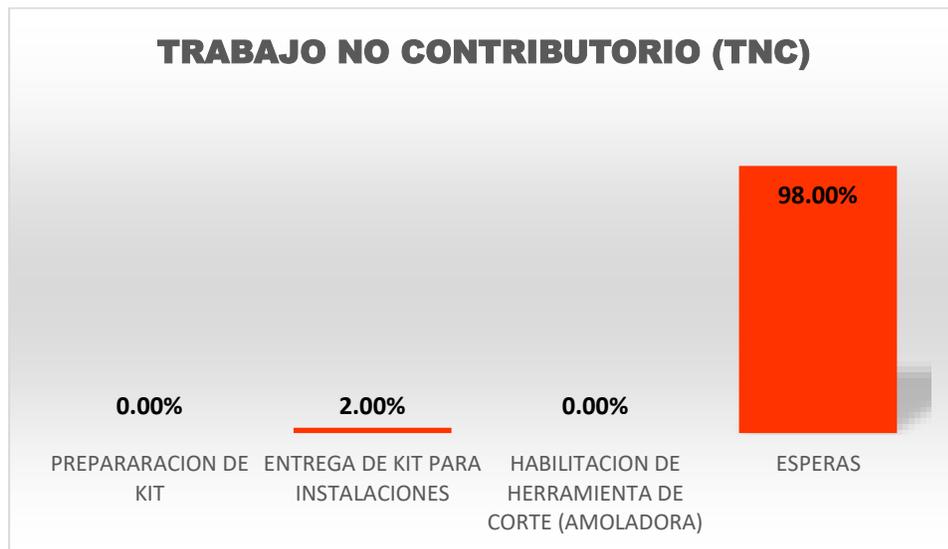
Fuente: elaboración propia

**e) Trabajo no contributorio**

Los trabajos no contributorios que se eliminaron fueron los de preparación de KIT, preparando la lista de materiales de un día para otra, limpiando el área de trabajo cada vez que se termina una actividad anterior, revisando la operatividad de la maquina antes de entregarle al operario.

Figura 28

Análisis de los trabajos no contributorios.



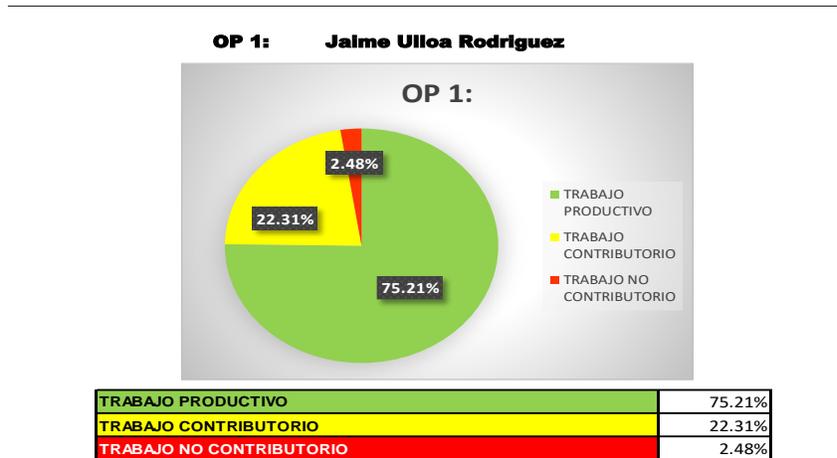
Fuente: elaboración propia

**f) Distribución del tiempo por trabajador**

Se realizó el análisis de tiempos por cada trabajador de la cuadrilla 02 (propuesta) obteniendo los resultados que se muestran en la Figura 29 que es la distribución de tiempo del operario, y la Figura 30 que muestra la distribución de tiempo del ayudante.

Figura 29.

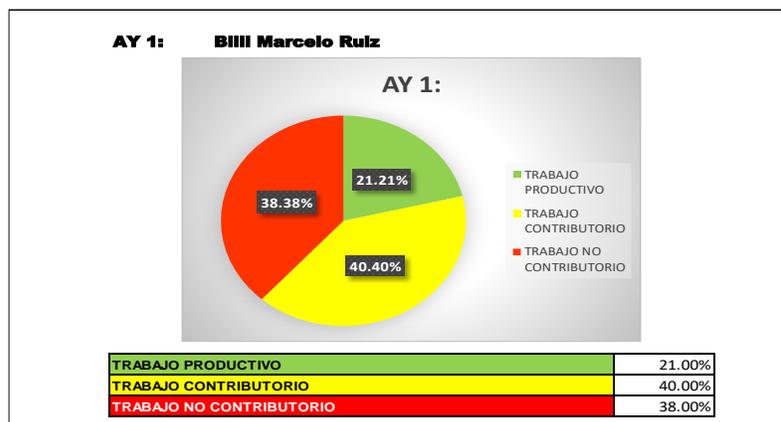
Distribución de tiempo del Operario.



Fuente: elaboración propia

Figura 30.

Distribución de tiempo del Peón.



Fuente. Con la cuadrilla propuesta el ayudante el tiempo que realiza trabajo no contributorio podría disminuir

### g) Comparación de rendimiento con el expediente técnico de obra

Se realizó una comparación del rendimiento de la cuadrilla propuesta (1 OP. + 1 AY.) en comparación a la cuadrilla actual usada por el Residente y el maestro de obra (1 OP. + 2 AY.), los resultados se muestran en la Tabla 15, a su vez se observa que la cuadrilla propuesta es mucho más productiva que la cuadrilla de trabajo actual, puesto que la cuadrilla propuesta tiene de productividad 0.124 UBS/HH y la cuadrilla actual 0.075 UBS/HH, esto como consecuencia de la nueva designación de actividades y la nueva secuencia de trabajo para la actividad **INSTALACIONES DE AGUA Y DESAGÜE: COLOCACIÓN DE TUBERÍAS EN UBS.**

Tabla 15. Comparación de rendimientos cuadrilla actual vs cuadrilla propuesta

CUADRILLA	TIEMPO (HORAS)	MANO DE OBRA (HOMBRES)	PRODUCCIÓN O AVANCE (PTO.)	PRODUCTIVIDAD (UBS/HH)	RENDIMIENTO (HH/UBS)	VEL. (UBS/H)
	$T$	$Mo$	$A$	$P = A/(T*Mo)$	$R = (T*Mo)/A$	$V = A/T$
<b>ACTUAL</b>	4:47:00	3	1.00	0.075	13.40	0.22
<b>PROPUESTA</b>	4:03:00	2	1.00	0.124	8.067	0.25

Fuente: elaboración propia

El expediente técnico de obra plantea rendimientos y tiempos de programación, es por ello que se decidió realizar una comparación de los resultados del rendimiento de la cuadrilla propuesta vs. el expediente técnico la toma de tiempo se realizó en cuatro (04) horas con dos (02) minutos que fue lo que duró la ejecución de la actividad.

Tabla 16. Tabla de Rendimiento de la cuadrilla propuesta en comparación al expediente técnico.

DATOS	TIEMPO (HORAS)	MANO DE OBRA (HOMBRES)	PRODUCCIÓN O AVANCE DIARIO (PTO.)	PRODUCTIVIDAD (UBS/HH)	RENDIMIENTO (HH/UBS)	VELOCIDAD (UBS/H)
<b>EX. TEC.</b>	4:02:00	2	<b>1.51</b>	0.188	5.333	0.38
<b>TESIS</b>	4:02:00	2	1.00	0.124	8.067	0.25

Al analizar los datos propuestos de la Tabla 16 se observa que la cuadrilla propuesta no es tan productiva como la cuadrilla planteada en el expediente técnico; ya que, si revisamos el documento denominado tiempos de programación, la cuadrilla tiene como producción diaria 3 UBS/DIA que en el tiempo de 4.02 horas es 1.51 comparado a 1.00 que es el resultado del estudio de tiempo de esta tesis.

La productividad del expediente técnico es 0.188 UBS/HH, que es mayor a lo planteado por la cuadrilla propuesta que tiene como productividad 0.124 UBS/HH. Esto nos indica que el residente no toma en cuenta los rendimientos del expediente técnico ya que se dio cuenta de estos cuando se obtuvieron los resultados de la Tabla 16.

Por otro lado, a nivel de revisión de documentos, el rendimiento del expediente no es muy confiable, esto se observa al darnos cuenta que los tiempos de programación no son compatibles con los tiempos de las partidas indicadas en el diagrama de Gantt del expediente técnico, ya que en los tiempos de programación nos indican que el tiempo total para la Ejecución de la partida de 32 días (ver Figura 13) y el diagrama de Gantt nos indica un tiempo de ejecución de 25 días (ver Figura 12).

Se calculó el tiempo que le tomará a la cuadrilla terminar la ejecución de la actividad **INSTALACIONES DE AGUA Y DESAGÜE: COLOCACIÓN DE TUBERÍAS EN UBS**, tomando en cuenta la velocidad de ejecución de cada cuadrilla tal como se ve en la Tabla 17.

Tabla 17. Plazo de ejecución de la actividad por la cuadrilla propuesta

CUADRILLA		VELOCIDAD (UBS/DIA)	META	DÍAS DE EJECUCIÓN
<b>ACTUAL</b>	1 OP. + 2 PEÓN	1.79	95	53.04
<b>PROPUESTA</b>	1 OP. + 1 PEÓN	1.98	95	47.90

Fuente: elaboración propia

Se tendría que trabajar con 2 cuadrillas de trabajo para terminar la actividad en 23.95 días; en referencia a la cuadrilla actual, hay un ahorro de 2.57 días de plazo de ejecución. y se ahorraría el sueldo de 2 peones que podrían apoyar en otras cuadrillas.

#### 4.4 Relacionado al objetivo específico N° 04:

“Utilizar la herramienta del LAST PLANNER y TREN DE ACTIVIDADES para la planificación de la CONSTRUCCIÓN DE UBS.”

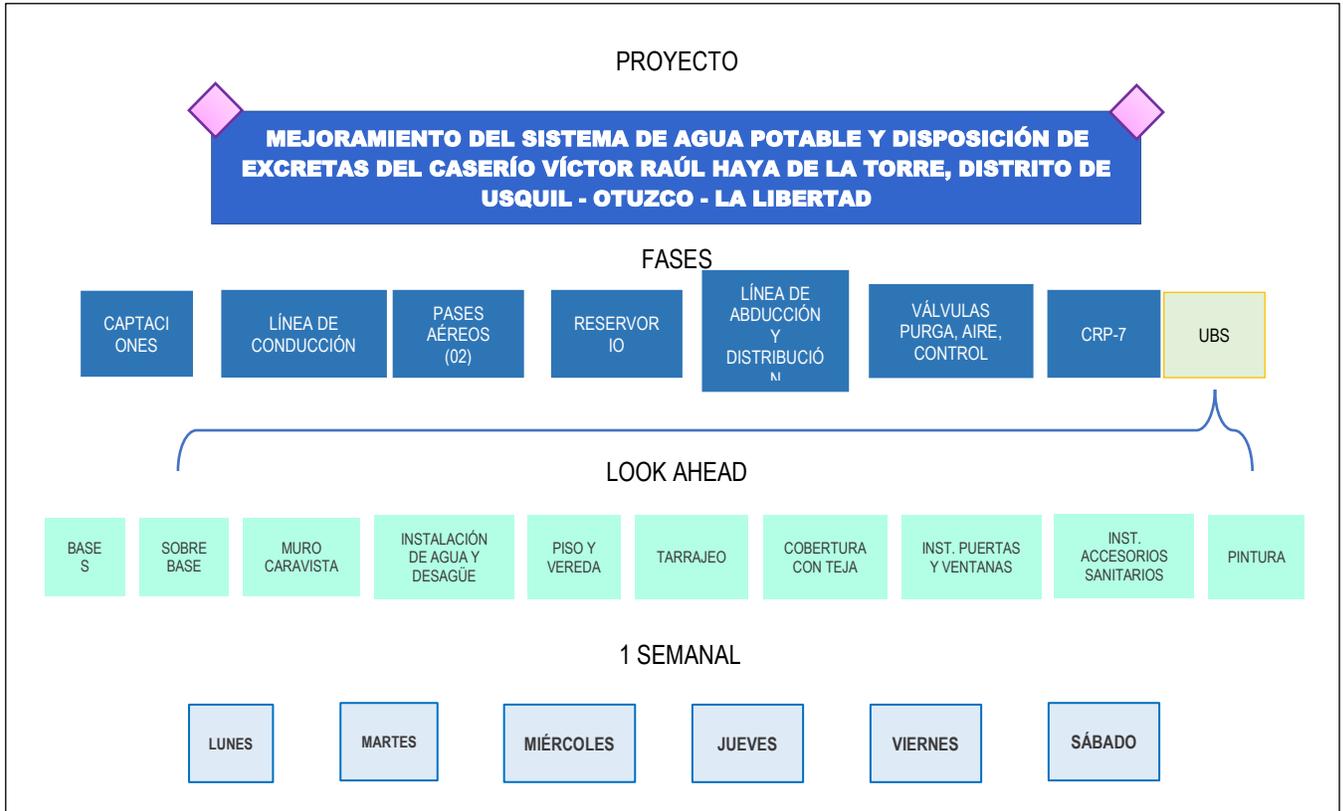
##### a) Secuencia de Planeamiento y planificación MACRO.

Se realizaron sesiones de trabajo PULL donde se identificaron las fases de planificación para el proyecto de saneamiento tal como se ve en la *Figura 31*.

La secuencia de planificación que utilizamos se detalla a continuación:

- Se identificaron los hitos de control. El proyecto tiene un hito de inicio y de fin, no tiene hitos intermedios.
- Se identificaron las fases de ejecución y planificación que deberían tener las obras de saneamiento rural (que son similares en su mayoría).
- Se seleccionó la fase que se desea planificar de CONSTRUCCIÓN DE UBS.
- Se realizó una programación intermedia 6 semanas, pero debido a que el tiempo de ejecución de la partida nos arrojó 8 semanas de actividad, decidimos hacer la programación por el tiempo completo utilizando la participación del ultimo planificador y la secuencia de trabajos apoyados del tren de actividades.
- Por último, se establecen metas semanales que serán controladas durante los días de la semana mediante PPC (porcentaje del plan cumplido).

Figura 31  
Secuencia del planeamiento que se propone para el proyecto en Ejecución

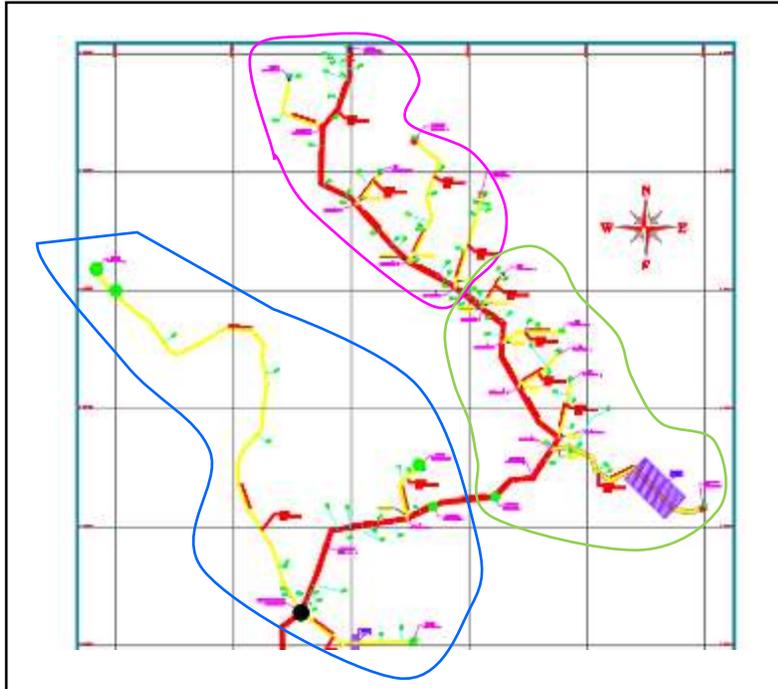


Fuente. La imagen muestra las distintas fases de planificación obtenidas de sesiones PULL, Se puede observar que la programación macro del proyecto solo tiene un hito de inicio y de fin.

Como se mencionó anteriormente se identifica la fase que se desea mejorar y una vez identificada se sectorizan los trabajos en base a la carga de trabajo que tendrán que realizar es decir una división del trabajo lo más homogéneo posible, en nuestro caso sectorizamos los trabajos en función a la distribución geográfica de las UBS y los caminos de accesos a la UBS, se subdividió en 3 sectores planteados en la Figura 32.

Figura 32

Sectorización de los trabajos en función a la ubicación de las UBS.



Fuente: elaboración propia

#### b) Planificación de trabajo look ahead

La programación de los trabajos se realizaron aplicando trenes de actividades y en la sesión de planeamiento se establecieron responsables, cuadrillas, y metas como se observa en la Tabla 18; inicialmente se consideró 3 secciones de trabajo pero reduciría demasiado la cantidad de días para ejecutar las UBS lo que llevaría a aumentar al doble o triple la cantidad de personal en obra, lo que es más complicado debido a la escasez de operarios en la zona, por lo que se optó por una distribución del trabajo de un solo sector y más holgada en cuanto a la cantidad de

personal en obra, esto tiene coherencia con los tiempos de ejecución de la partida indicados en el Expediente Técnico, es decir se trató de hacer la programación buscando un equilibrio de carga de trabajo y consumo de recursos; el resultado de la programación se puede visualizar en la Figura 33.

Tabla 18. Responsables y conformación de cuadrillas de trabajo.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLE		CANT. DE CUADRILLAS	CUADRILLA
<b>BASES</b>	<b>DANTE VÁSQUEZ</b>	<b>2</b>	<b>1 OP. + 1 AY.</b>	
<b>SOBREBASES</b>	<b>ALCIDEZ</b>	<b>2</b>	<b>1 OP. + 1 AY.</b>	
	<b>PAREDES</b>			
<b>MUROS</b>	<b>ALFONSO VARGAS</b>	<b>4</b>	<b>1 OP. + 1 AY.</b>	
<b>INSTALACIONES</b>	<b>MANUEL INCA</b>	<b>1</b>	<b>1 OP. + 1 AY.</b>	
<b>PISO + VEREDA</b>	<b>HERNÁN VÁSQUEZ</b>	<b>1</b>	<b>1 OP. + 1 AY.</b>	
<b>TARRAJEO INTERNO Y EXTERNO</b>	<b>JAIME ULLOA</b>	<b>1</b>	<b>1 OP. + 1 AY.</b>	
<b>COBERTURA CON TEJA</b>	<b>EDWIN BALTODANO</b>	<b>1</b>	<b>CONTRATISTA</b>	
<b>INST. PUERTA Y VENTANA</b>	<b>EDWIN BALTODANO</b>	<b>1</b>	<b>CONTRATISTA</b>	
<b>INST. ACC. SANITARIOS</b>	<b>MANUEL INCA</b>	<b>1</b>	<b>1 OP. + 1 OF.</b>	
<b>PINTURA</b>	<b>ELY ZAVALA</b>	<b>1</b>	<b>1 OP. + 1 AY.</b>	

Fuente: elaboración propia



- Se considera los días sábados como buffer de tiempo, es un día para cumplir con lo programado en la Semana, se acordó que ese día será pagado si se cumple con la programación semanal
- En las PULL SESSIONS, estuvo presente el representante del CONSORCIO y el jefe de logística quienes aseguraron el abastecimiento de materiales para cumplir con la programación, también los subcontratistas de techos y puertas y ventanas.
- Estos rendimientos son referenciales y servirán para futuros proyectos y lecciones aprendidas.

La programación propuesta nos da 52 días de ejecución mientras que la planteada en el expediente técnico es de 102 días calendario.

### c) Plan de trabajo semanal

Una vez realizada la programación a 8 semanas se establecen metas semanales, las cuales deberán cumplirse después de haber identificado las restricciones y tratado de controlarlas con buffers para poder cumplir con la programación semanal, las metas semanales se visualizan en las Tablas 19 – 26.

Tabla 19. Programación de trabajos semanal (SEMANA 01)

<b>PARTIDAS PARA ESTA SEMANA</b>	<b>PROGRAMADO</b>
<b>BASES</b>	40
<b>SOBRE BASES</b>	32
<b>MUROS</b>	8 COMPLETOS Y 8 A LA MITAD

Elaboración: los autores.

Tabla 20. Programación de trabajos semanal (SEMANA 02)

<b>BASES</b>	40
<b>SOBRE BASES</b>	40
<b>MUROS</b>	16 COMPLETOS Y 8 A LA MITAD
<b>INSTALACIONES</b>	20
<b>PISO + VEREDA</b>	16
<b>TARRAJEO INTERNO Y EXTERNO</b>	12
<b>COBERTURA CON TEJA</b>	8

Elaboración: los autores

Tabla 21. Programación de trabajos semanal (SEMANA 03)

<b>PARTIDAS PARA ESTA SEMANA</b>	<b>PROGRAMADO</b>
<b>BASES</b>	15
<b>SOBREBASES</b>	23
<b>MUROS</b>	16 COMPLETOS Y 8 A LA MITAD
<b>INSTALACIONES</b>	20
<b>PISO + VEREDA</b>	20
<b>TARRAJEO INTERNO Y EXTERNO</b>	20
<b>COBERTURA CON TEJA</b>	20

Elaboración: los autores

Tabla 22. Programación de trabajos semanal (SEMANA 04)

<b>PARTIDAS PARA ESTA SEMANA</b>	<b>PROGRAMADO</b>
<b>MUROS</b>	16 COMPLETOS Y 8 A LA MITAD
<b>INSTALACIONES</b>	20
<b>PISO + VEREDA</b>	20
<b>TARRAJEO INTERNO Y EXTERNO</b>	20
<b>COBERTURA CON TEJA</b>	20
<b>INST. PUERTA Y VENTANA</b>	18
<b>INT. ACC. SANITARIOS</b>	10

Elaboración: los autores

Tabla 23. Programación de trabajos semanal (SEMANA 05)

<b>PARTIDAS PARA ESTA SEMANA</b>	<b>PROGRAMADO</b>
<b>MUROS</b>	16 COMPLETOS Y 7 A LA MITAD
<b>INSTALACIONES</b>	20
<b>PISO + VEREDA</b>	20
<b>TARRAJEO INTERNO Y EXTERNO</b>	20
<b>COBERTURA CON TEJA</b>	20
<b>INST. PUERTA Y VENTANA</b>	24
<b>INT. ACC. SANITARIOS</b>	25

Elaboración: los autores.

Tabla 24. Programación de trabajos semanal (SEMANA 06)

<b>MUROS</b>	7 COMPLETOS
<b>INSTALACIONES</b>	15
<b>PISO + VEREDA</b>	19
<b>TARRAJEO INTERNO Y EXTERNO</b>	20
<b>COBERTURA CON TEJA</b>	20
<b>INST. PUERTA Y VENTANA</b>	24
<b>INT. ACC. SANITARIOS</b>	25
<b>PINTURA</b>	20

Elaboración: los autores.

Tabla 25. Programación de trabajos semanal (SEMANA 07)

<b>PARTIDAS PARA ESTA SEMANA</b>	<b>PROGRAMADO</b>
<b>TARRAJEO INTERNO Y EXTERNO</b>	3
<b>COBERTURA CON TEJA</b>	7
<b>INST. PUERTA Y VENTANA</b>	17
<b>INT. ACC. SANITARIOS</b>	25
<b>PINTURA</b>	50

Elaboración: los autores.

Tabla 26. Programación de trabajos semanal (SEMANA 08)

<b>PARTIDAS PARA ESTA SEMANA</b>	<b>PROGRAMADO</b>
<b>INT. ACC. SANITARIOS</b>	10
<b>PINTURA</b>	25

Elaboración: los autores.

#### **d) Porcentaje del plan cumplido (PPC)**

Se puede controlar la ejecución semana a semana, después de realizada la sesión y recopilar la información al fin de semana, se realizó a manera de ejemplo una revisión de las metas propuestas donde se obtuvo los datos mostrados en Tabla 27.

Tabla 27. Metas logrados en el periodo 2

<b>PARTIDAS PARA ESTA SEMANA</b>	<b>PROGRAMADO</b>	<b>EJECUTADO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>BASES</b>	40	40	100%
<b>SOBREBASES</b>	40	40	100%
<b>MUROS</b>	16 COMPLETOS Y 8 A LA MITAD	18 COMPLETOS Y 8 A LA MITAD	100%
<b>INSTALACIONES</b>	20	20	100%
<b>PISO + VEREDA</b>	16	16	100%
<b>TARRAJEO INTERNO Y EXTERNO</b>	12	12	100%
<b>COBERTURA CON TEJA</b>	8	-	0%
<b>INST. PUERTA Y VENTANA</b>		-	
<b>INT. ACC. SANITARIOS</b>		-	
<b>PINTURA</b>		-	
<b>BASES</b>			

Elaboración: Los autores

De lo mostrado en la Tabla 27 se puede visualizar que trabajos no se han cumplido y se puede realizar una acción correctiva y predecir el atraso porque todas las actividades son secuenciales, es decir que al tener algún atraso se generan atrasos en las siguientes y en todo la partida; como por ejemplo la semana 02 no se realizó LA COBERTURA DE LA UBS CON TEJA debido a que el subcontratista tuvo un retraso en la habilitación del material en obra, por lo que se tendría que reprogramar las actividades instalación de puertas y ventanas y las siguientes.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

De los planos de estructuras estándar para sistemas de saneamiento que nos facilita el ministerio de vivienda a través de la **RM -192-2018 NORMA TÉCNICA DE DISEÑO: OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA SISTEMAS DE SANEAMIENTO RURAL**, podemos aplicar las mejoras a los procesos productivos en la ejecución de dichos proyectos y hacerlo extensivos a otros proyectos similares.

Los resultados de la presente investigación son de carácter descriptivo según el diseño planteado, ya que, describe como se ejecutan las obras de saneamiento rural en la empresa RIPESA PERU E.I.R.L., en específico la partida de CONSTRUCCIÓN DE UBS.

De acuerdo con Pons (2014) quien en una de sus conclusiones menciona que la evolución de la industria de construcción requiere más competitividad por parte de las empresas y agentes sociales que intervienen en todo el proceso constructivo y esto se conseguirá usando las herramientas de la metodología lean. Por lo que en esta tesis se demuestra que el buen empleo de las herramientas de la Filosofía Lean Construction se puede llegar a mejorar la productividad en la ejecución de las partidas de las obras de saneamiento Rural.

De acuerdo con Angeli (2017) quien establece en una de sus conclusiones que al tener una programación semanal confiable se disminuye la diferencia entre lo que se programa y lo que se ejecuta realmente en obra; esto ocurrió tal cual, cuando empezamos a realizar las sesiones PULL en las que después de realizar la programación Lookahead determinamos la programación semanal para las actividades de construcción de una UBS estableciendo PPC (porcentajes de plan cumplido) lo que nos lleva a establecer cierto grado de confiabilidad en el cumplimiento de lo programado, esto por tener en cuenta al último planificador del personal obrero y el compromiso de los trabajadores de campo.

Por otro, lado en nuestro caso no tuvimos problemas con la implementación de la metodología de trabajo puesto que había compromiso de los trabajadores ya que eran incluidos dentro de la programación tal como argumenta ella en su investigación.

De acuerdo con Miranda (2012) en su trabajo de investigación en una de sus conclusiones manifiesta que uno de los componentes más significativos para alcanzar una ejecución exitosa del LPS<sup>3</sup>, es la responsabilidad y cooperación de las partes del equipo de obra y asimismo que esta responsabilidad sea tomada por las jefaturas y gerencia de la compañía.

Nuestros resultados sobre velocidad de ejecución de la mano de obra después de realizar la Carta Balance nos dieron 0.25 UBS<sup>4</sup>/HORA, que es superior a la que tenía la cuadrilla inicialmente y bajo la situación de trabajo encontrada (antes de realizar el estudio) en la que se obtuvo una velocidad de 0.22 UBS/HORA, la velocidad aumentó pese a que eliminamos la participación de 01 Peón dentro de la cuadrilla (Inicialmente eran 01 Op. + 2 Pe.) con lo que concluimos en que obtuvimos una mejora en la productividad de la mano de obra tal como Valle (2017) en su tesis.

De acuerdo a lo manifestado por Valle (2017) en una de sus conclusiones; si bien es cierto en nuestra investigación obtuvimos un rendimiento de ejecución de la mano de obra productiva 8.067 HH/UBS, el expediente técnico indica una velocidad de 5.33 H.H/UBS la cual no fue posible alcanzar por las dificultades de la zona en cuanto a las distancias lejanas; en promedio entre UBS y UBS se demoraba 30 min en solamente traslado de materiales; estos resultados difieren de lo planteado en los expedientes técnicos y nos indican que los rendimientos no son analizados por los proyectistas para las diferentes zonas de trabajo, ya que muchas veces no son rendimientos reales que se cumplan en campo.

Se ha comprobado que la aplicación de Lean Construction mejora la productividad, rendimiento, y velocidad de las cuadrillas con la aplicación de la carta balance. (TP, TC, TNC) en comparación a datos obtenidos de una situación actual tal como establece Collachagua (2017) que en su tesis las mediciones del nivel general de actividad en su partida analizada los resultados han mejorado en comparación a una medición anterior, tal como ocurrió en nuestro caso, el resultado en una segunda medición con el

---

<sup>3</sup> LPS (Last Planner Systems)

<sup>4</sup> Una UBS tiene la instalación de 4 puntos de agua y 4 puntos de desagüe, en nuestro análisis se tomó los 8 puntos como una UBS terminada en la partida de INSTALACIONES.

compromiso del personal obrero se llegó a obtener resultados por encima de los resultados de como venían trabajando antes de la propuesta de mejora.

En resumen, todos los trabajos de investigación revisados y que han servido como antecedentes para nuestra investigación concluyen en que la aplicación de la filosofía “lean” es beneficiosa para mejorar la planificación, producción y control de las obras de construcción; es decir aumentar el trabajo productivo en base a la mejor distribución de tiempo y de actividades. Pese a que las investigaciones son en otras obras y no necesariamente en obras de Saneamiento Rural las conclusiones a las que llegan son contrastables y sirven para dar validez a nuestros resultados.

## **4.2 Conclusiones**

### **4.2.1. Relacionado al objetivo específico N° 01:**

#### **“Diagnóstico de la situación actual empresa.”**

Durante la ejecución del proyecto se identificó que no hay planificación de actividades, ni metas propuestas; se trabaja con los requerimientos tanto de personal (mano de obra: operarios, peones), como de materiales que realizan el residente en coordinación con el maestro de obra dirigidas al jefe de proyectos de oficina.

El jefe de proyectos y el gerente general miden de diferente forma el avance de obra y el consumo de recursos, lo que hace imposible que se pueda manejar información confiable y que sirva para futuras obras (lecciones aprendidas).

El jefe de proyectos solicita avances al residente y este realiza las valorizaciones que son una vez al mes, hallando el porcentaje de avance ejecutado y es allí cuando analizan si el proyecto esta atraso o adelantado.

Hay incompatibilidades entre los tiempos de programación de las actividades y los tiempos propuestos en el diagrama de GANNT como, por ejemplo: el tiempo de programación de la partida de 03.23 SALIDA DE PTO DE AGUA (Figura 13) tiene una duración de 32 días calendario, sin embargo, en el diagrama de Gantt (Figura 12) tiene como plazo de ejecución 25 días calendario.

#### **4.2.2. Relacionado al objetivo específico N° 02:**

**“Identificar herramientas para cuantificar la planificación y el control de la construcción de UBS”**

Las herramientas principales para la aplicación de Lean Construction que se utilizaron fueron las cartas balance, look ahead del sistema Last planner y tren de actividades.

#### **4.2.3. Relacionado al objetivo específico N° 03:**

**“Utilizar la herramienta carta balance en la construcción para identificar TP, TC, TNC, en las actividades de la construcción de UBS de las obras de saneamiento rural”.**

Se realizaron el recojo de datos estadísticos (toma de tiempos) dos (02) veces, la primera fue bajo las condiciones de trabajo que utilizaban al momento del inicio de la investigación y la segunda fue una condición de trabajo propuesta tratando de optimizar el proceso constructivo y reasignando tareas a los miembros.

La cuadrilla de trabajo que operaba (1 Op. + 2 Peon.) tuvo como resultados de distribución de tiempo: TP = 21%; TC = 30%, TNC = 49%.

La cuadrilla de trabajo propuesta (1 Op. + 1 Peon.) tuvo como resultados de distribución de tiempo: TP = 48%; TC = 31%, TNC = 21%.

Con la resignación de trabajo y la reducción de tiempos no contributorios el tiempo que el personal se dedica netamente a las actividades productivas (TP) tuvo un incremento de 27% respecto a la cuadrilla actual y se eliminó la participación de un (01) ayudante que conlleva a un ahorro también en mano de obra.

El tiempo que inicialmente demoraban para la realización de la actividad **INSTALACIONES DE TUBERÍAS EN AGUA Y DESAGÜE EN UBS** era de 4 h. 47 min y se redujo a 4 h. 02 min.

Se realizó una comparación de rendimientos de la cuadrilla propuesta (con mayor rendimiento) con la cuadrilla indicada en el Expediente Técnico, obteniendo como resultado que la cuadrilla propuesta (aunque mejorada) presenta una productividad menor que la que plantea el expediente técnico; sin embargo, se podría decir que estos rendimientos no estarían enfocados a la realidad de las obras que se desarrollan en zonas rurales.

Se demuestra que la aplicación de herramientas de la Filosofía Lean Construction como: Carta Balance, se puede diagnosticar los problemas que se pueden estar suscitando en los procesos constructivos durante la ejecución de la obra, reduciendo las actividades que no dan valor productivo, para luego tomar medidas correctivas que mejoren su eficiencia, esto se refleja en los gráficos pastel que se observan en la Figura 24 y Figura 25.

#### **4.2.4. Relacionado al objetivo específico N° 04:**

**“Utilizar la herramienta del Last planner System y tren de actividades para mejorar la planificación de la construcción UBS de las obras de saneamiento rural.”**

Se realizaron sesiones de trabajo (PULL SESSIONS) para establecer las fases de ejecución que tiene el proyecto e identificar hitos control que tiene el proyecto.

En una de las sesiones se decidió enfocarse en la mejora de la planificación y control de la partida 03. UNIDAD BÁSICA DE SANEAMIENTO (UBS).

Se establecieron cuadrillas de trabajo y se establecieron responsables, lo que no quiso suponer que no estarían comprometidos todos los involucrados.

Se realizó la planificación de trabajos secuenciales que conllevaban a la ejecución de actividades que tengan como meta la construcción de una UBS completa, y teniendo en cuenta al último planificador en la programación (Last Planner), se elaboró la programación de trabajos (look ahead).

Se logró reducir el tiempo de ejecución de la partida, pues en el plan maestro tradicional se tenía un tiempo estimado de 102 días para la ejecución de partida de UBS, y con el plan de gestión de trenes de actividades se puede obtener una duración estimada de 52 días, es decir se tiene una optimización de 50 días.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeli Gutiérrez, C. A. (2017). Implementación del Sistema Last Planner en edificación en altura en una empresa constructoa: estudio de casos de dos edificios en las comunas de Las Condes y San Miguel. Santiago: Universidad Andrés Bello.
- Ballard, G. y. (2000). Lean Design: Process, Tools and Techniques. White Paper # 10, 1-15.
- Collachagua Fernandez, I. A. (2017). Aplicación de la filosofía en la construcción de departamentos multifamiliares "La Toscana", como herramienta de mejora de la productividad. Huancayo: Universidad Continental.
- Corahua Romero, W. E. (2017). “Aplicación de la filosofía lean construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco, 2014. Cusco: Universidad Andina Del Cusco.
- Glenn Ballard, H. (2000). The Last Planner System of Production Control. Inglaterra: Universidad de Birmingham.
- Guzmán Tejada, A. (2014). Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Institute, L. C. (3 de Agosto de 2019). Lean Construction Institute. Obtenido de Local Communities: <https://www.leanconstruction.org/local-communities/>

Koskela. (2020). *Lean Construction: Core Concepts and New Frontiers*. Finlandia: Routledge.

Miranda Casanova, D. (2012). *Implementación del Sistema Last Planner en una habilitación urbana*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Morales Camprubí, F. (2015). *Análisis y gestión de riesgos y oportunidades en grandes proyectos industriales*. España: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales UPM.

Morales Varela, A. (2015). Modelo de un sistema de producción esbelto con redes de Petri para apoyar la toma de decisiones. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, pp. 182-195.

O. Ogunbiyi, J. G. (2013). *Implementación de la construcción esbelta*.

Paredes Contreras, J. M. (2019). *Aplicación de la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en obras de edificación de la Ciudad de Trujillo*. Trujillo: Universidad César Vallejo.

Paredes-Rodríguez, A. M. (2017). *Aplicación de la herramienta Value Stream Mapping a una empresa embaladora de productos de vidrio*. Scielo, 262-277.

Piqueras, V. Y. (24 de Marzo de 2015). *Qué es LEAN Construction?* Obtenido de : <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/2013/03/24/que-es-lean-construction/>.

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

- Porras Díaz, H. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. AVANCES Investigación en Ingeniería Vol. 11 , 32-53.
- Reinbold, A. (2017). Benefits of Lean Construction for Affordable Housing. Alemania: Universidad de Ciencias Aplicadas.
- Rodríguez Fernández, M. (2007). La problemática del riesgo en los proyectos de infraestructura y en los contratos internacionales de construcción. Colombia: Revista E-mercatoria.
- Susunaga Monroy, J. M. (2014). Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Torres Paucar, L. A. (2018). El Lean Construction y la gestión por proceso en acondicionamiento de agencias de la CMAC Huancayo S.A. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.