



**UNIVERSIDAD  
SEÑOR DE SIPÁN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil**

**TESIS**

**APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN PARA LA  
MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA  
ESTRUCTURA: RESERVORIO ELEVADO DE LA  
OBRA: INSTALACIÓN, AMPLIACIÓN Y  
MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA  
POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LOS AA.HH.  
DE LAS CUENCAS 1,2 Y 3 DE LA ZONA ALTA DE  
LA CIUDAD DE PAITA-PROVINCIA DE PAITA-  
PIURA, EN EL AÑO 2014.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

**Autora:**

**Merino Chévez, Delia Elisa**

**Pimentel, Diciembre del 2015**

**APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA ESTRUCTURA “RESERVORIO ELEVADO” DE LA OBRA: INSTALACIÓN, AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LOS AA.HH. DE LAS CUENCAS 1,2 Y 3 DE LA ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE PAITA-PROVINCIA DE PAITA-PIURA, EN EL AÑO 2014.**

---

**Msc. Zuloaga Cachay, José Fortunato.**  
Asesor Metodológico

---

**Msc. Ing. Gonzales Bernilla, Victor Javier.**  
Asesor Especialista

---

**Msc Ing. Coronado Zuloeta, Omar**  
Presidente de Jurado

---

**Msc. Ing. Ballena del Río, Pedro Manuel**  
Secretario de Jurado

---

**Msc. Ing. Gonzales Bernilla, Victor Javier.**  
Vocal de Jurado

## **DEDICATORIA**

A todas aquellas fuerzas que hicieron posible todo.

A mi Mamá, por su apoyo permanente.

A mi Papá, por su experiencia.

A mis hermanos, por estar siempre presentes.

## **AGRADECIMIENTO**

A la fuerza que mueve todo: Dios

A Milagros y Juan C., por estar siempre presentes.

Al Ing. Javier Gonzales Bernilla, por su apoyo.

A Daniel, por su motivación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>		3
<b>AGRADECIMIENTO</b>		4
<b>INDICE</b>		5
<b>INDICE DE FIGURAS</b>		7
<b>INDICE DE TABLAS</b>		8
<b>RESUMEN</b>		9
<b>ABSTRACT</b>		10
<b>INTRODUCCIÓN</b>		11
<b>CAPITULO I:</b>	<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	
1.1.	Situación problemática	14
1.1.1.	A nivel	14
1.1.2.	A nivel nacional	15
1.1.3.	A nivel local	16
1.2.	Formulación del problema	17
1.3.	Delimitación de la investigación	17
1.4.	Justificación e importancia de la investigación	20
1.4.1.	Justificación Tecnológica	20
1.4.2.	Justificación ambiental	20
1.4.3.	Justificación socioeconómica	21
1.5.	Limitaciones de la Investigación	21
1.6.	Objetivos	25
1.6.1.	Objetivo general	25
1.6.2.	Objetivos específicos	25
<b>CAPÍTULO II:</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1.	Antecedentes:	28
2.1.1.	A nivel internacional	28
2.1.2.	A nivel nacional	30
2.1.3.	A nivel local	31
2.2.	Estado del arte	32
2.2.1.	Filosofía Lean	32
2.3.	Bases teórico científicas	37
2.3.1.	Lean Production	37
2.3.1.1.	Principio de Lean Production	37
2.3.2.	Evaluación del modelo clásico respecto al modelo Lean	38
2.3.3.	Lean Construction	40
2.3.3.1.	Características de Lean Construction	41
2.3.3.2.	Principios de Lean Construction	42
2.3.4.	Productividad en la construcción	49
2.3.4.1	Definiciones en la construcción	
2.3.4.2.	Factores que afectan la productividad en el proceso constructivo (Botero, 2006)	52
2.3.4.1.1	Factores de incidencia negativa sobre la productividad:	52
2.3.4.2.2.	Factores de incidencia positiva sobre la productividad:	54
2.3.4.3.	Métodos para evaluar y controlar la productividad	55
2.3.4.3.1.	Time-Lapse como herramienta de captura de información	55
2.3.4.3.1.1.	Breve historia de la herramienta Time-Lapse	56

2.3.4.3.1.2.	Implementación de la herramienta Time-Lapse	57
2.3.4.3.1.3.	Aplicación de la herramienta (Vargas, 2008)	58
2.3.4.3.2.	Técnica del muestreo del trabajo	59
2.3.4.3.3.	Encuesta de identificación de pérdidas.	62
2.3.4.3.4.	Balance de cuadrillas.	62
2.3.4.3.5.	Planificación de proyectos (Serpell & Alarcón, 2009)	63
2.3.4.3.5.1.	Planificación y el ciclo de vida del proyecto	63
2.4.	Terminología empleada	64
<b>CAPÍTULO III:</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1.	Tipo y diseño de la investigación	68
3.1.1.	Diseño de la investigación	68
3.2.	Población y muestra:	68
3.3.	Hipótesis	69
3.4.	Variables e indicadores	69
3.5.	Operacionalización	71
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	72
3.6.1	Métodos de investigación	72
3.6.2	Técnicas de recolección	73
3.6.3.	Instrumentos de recolección	73
3.7.	Procedimiento para la recolección de datos	74
3.7.1.	Descripción de la metodología empleada: TIME LAPSE	75
3.7.2.1	Ubicación de cámara digital	75
3.7.2.2	Utilización de herramientas TIME – LAPSE	83
3.7.2.3	Análisis del proceso constructivo a través de la instrumentación en obra	84
3.7.2.3.1.	Identificación de cuadrillas	84
3.7.2.3.2.	Distribución de zonas	85
3.7.2.4.	Flujos de trabajo	87
3.8.	Plan de análisis estadístico de datos	93
3.8.1	Enfoque cuantitativo	93
3.8.2	Enfoque cuantitativo	94
3.9.	Principios éticos	94
3.9.1	Ética de la recolección de datos	94
3.9.2	Ética de la publicación	94
3.9.3	Ética de la aplicación	94
3.9.4	Criterios éticos de profesión	95
3.9.5	Criterios de rigor científico	97
<b>CAPÍTULO IV:</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	
4	Análisis e interpretación de resultados	100
4.1.	Observaciones importantes respecto al muestreo del trabajo	101
<b>CAPÍTULO V:</b>	<b>PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN</b>	
5.1.	Plan de trabajo	106
<b>CAPÍTULO VI:</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones	110
6.2	Recomendaciones	112

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<b>Ubicación de la provincia de Paita: ciudad donde se ejecutarán los estudios.</b>	17
Figura 2	<b>Ubicación de la actual de reservorio elevado y de futuro reservorio a construir</b>	19
Figura 3	<b>Programación Macro-Obra</b>	21
Figura 4	<b>Trazo de cimentación y hallazgo de tubería existente</b>	22
Figura 5	<b>Descubrimiento de tubería existente</b>	23
Figura 6	<b>Tramo de tubería a reubicar</b>	23
Figura 7	<b>Nuevo trazo de cimentación (Tubería reubicada y tapada)</b>	24
Figura 8	<b>Cronograma reprogramado de obra</b>	25
Figura 9	<b>Sistema de trabajo Pull</b>	34
Figura 10	<b>Proceso clásico o monoetapa</b>	39
Figura 11	<b>Proceso Lean</b>	40
Figura 12	<b>Tiempos que forman parte del ciclo del proceso completo</b>	44
Figura 13	<b>Carta balance de una operación de albañilería</b>	63
Figura 14	<b>Ciclo de planificación</b>	64
Figura 15	<b>Diagrama de flujo de proceso de recolección de datos</b>	74
Figura 16	<b>Diagrama de flujo de proceso de Análisis de la información</b>	74
Figura 17	<b>Corte de acero – Posición 1</b>	75
Figura 18	<b>Habilitación de paneles para encofrados – Posición 2</b>	75
Figura 19	<b>Vaciado de solado en cimentación de reservorio – Posición 3</b>	76
Figura 20	<b>Cimentación de reservorio y viga F.</b>	84
Figura 21	<b>Distribución de recursos en obra.</b>	86
Figura 22	<b>Diagrama de flujo de ciclo de trabajo</b>	87
Figura 23	<b>Vaciado de solado en cimentación de reservorio – Posición 1</b>	88
Figura 24	<b>Vaciado de solado en cimentación de reservorio – Posición 2</b>	88
Figura 25	<b>Habilitación de acero para viga de cimentación de reservorio</b>	89
Figura 26	<b>Habilitación de acero para viga de cimentación de reservorio</b>	89
Figura 27	<b>Encofrado y habilitación de acero para viga de cimentación de reservorio</b>	90
Figura 28	<b>Habilitación paneles para viga de cimentación de reservorio</b>	91
Figura 29	<b>Vaciado de concreto en viga de cimentación de reservorio</b>	91

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<b>Diferencias entre Lean Construction y formas actuales de gerencia de proyecto:</b>	49
Tabla 2	<b>Ejemplos de tipos de trabajos</b>	52
Tabla 3	<b>Diseño de la investigación.</b>	68
Tabla 4	<b>Operacionalización: Variables independientes</b>	71
Tabla 5	<b>Operacionalización: Variables dependientes</b>	72
Tabla 6	<b>Leyenda de planila de ingreso de datos</b>	77
Tabla 7	<b>Planilla de ingreso de datos</b>	78
Tabla 8	<b>Nivel general de actividad-Resumen</b>	100
Tabla 9	<b>Nivel general de actividad-Porcentajes</b>	100
Tabla 10	<b>Trabajo no contributivo.</b>	102
Tabla 11	<b>Trabajo contributivo.</b>	103
Tabla 12	<b>Nivel general de actividad-optimizado</b>	105



## RESUMEN

La investigación desarrollada a continuación, tuvo como propósito mejorar la productividad de las actividades de concreto, encofrado y habilitación de acero de la estructura reservorio elevado, ya que estas actividades, por su representatividad, iban a permitir determinar que personal participante de los trabajos aportaba o no valor a los trabajos desarrollados, así como definir las medidas necesarias a tomar a fin de organizar cuadrillas más equilibradas.

Para tal efecto fue necesaria la medición continua del nivel de actividad de las actividades anteriormente mencionadas, ya que la filosofía Lean, en su versión de Lean Construction, presenta esta opción como herramienta útil para el estudio de la productividad.

### **Palabras Clave:**

Filosofía Lean, productividad, time lapse, productivo, contributorio, no contributorio.

## **ABSTRACT**

The research developed below aimed to improve the productivity of the concrete, formwork and steel enablement activities of the high reservoir structure, since these activities, due to their representativeness, would allow to determine which personnel participating in the work contributed or Not value the work developed, as well as define the necessary measures to take in order to organize more balanced teams. For this purpose it was necessary to continuously measure the level of activity of the aforementioned activities, since the Lean philosophy, in its version of Lean Construction, presents this option as a useful tool for the study of productivity.

### **Keywords**

Philosophy Lean, productivity, time lapse, productive, contributory, non-contributory

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente proyecto de tesis es mostrar cómo optimizar la productividad en la estructura: Reservoirio elevado, mediante la implementación de la filosofía Lean. La estructura en mención forma parte de una de las metas de la obra: INSTALACIÓN, AMPLIACIÓN, MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LOS AA.HH. ASENTADOS EN LAS CUENCAS 1, 2, y 3 DE LA ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE PAITA, PROVINCIA DE PAITA – PIURA, la que se viene ejecutando en el presente año 2015 y sobre la cual se basa el presente proyecto de tesis.

En los primeros capítulos se plantea la teoría referida a la filosofía Lean, los conceptos, características herramientas y técnicas a emplear en el presente estudio, así como la explicación del por qué de su uso. Así mismo se definen experiencias previas y posteriores a la aplicación de esta filosofía en el sector construcción.

Posteriormente, se plantea el uso de la herramienta del time lapse, que sugiere el levantamiento de la información de las actividades que se venían desarrollando en obra mediante la captura de imágenes de video.

Esta herramienta se aplicó durante un periodo de tiempo de 2 meses: Septiembre y octubre del 2014.

Con la información obtenida, se evaluó el flujo de procesos y se determinó el nivel general de actividad, con lo cual se logró identificar los 3 tipos de trabajo

existente: Trabajo productivo (TP), trabajo contributivo y no contributivo, (TC y TNC respectivamente, y las causas de los mismos.

Es importante mencionar que la identificación de pérdidas, mediante herramientas como time-lapse, muestreo, entre otras, permiten la medida indirecta de la productividad, pues se asume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas, se incrementa la productividad (Alarcón, 1993).

Finalmente, luego del análisis de resultados, tabulaciones y gráficos, se propone una serie de pautas para el mejoramiento de la productividad en obra.

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Situación problemática

#### 1.1.1. A nivel internacional

##### **Colombia**

##### **La productividad en la obra Metropolitan Busines Park, Luengas (2011)**

Es conocido que el sector construcción es uno de los componentes más significativos en la economía y por ende en el desarrollo de un país. No obstante, la experiencia mundial indica que a pesar de esto, existen problemas reiterativos de baja productividad, poca calidad en los entregables, alta incidencia de accidentes, incumplimientos de plazos y presupuestos establecidos entre otros.

En Colombia, el conocimiento de la teoría Lean o metodología de construcción sin perdidas es reciente y a la fecha obras como el Metropolitan Business Park en ciudades de Bucaramanga, y otras desarrolladas en las ciudades de Bogotá, Medellín y Manizales vienen implementando estos principios con el propósito de obtener las causas principales que afectan los rendimientos para así poder implementar un plan de acción que pueda minimizarlos o eliminarlos.

##### **Empresa constructora DELTA, HELMUT STERHR**

##### **Chile**

De acuerdo al gerente general de la empresa constructora Delta, Herlmut Sterhr, la tecnología es un factor preponderante para lograr una mejor

productividad aunque a su parecer su aplicación aún no se da de forma intensiva (Véliz Flores, 2014). Así mismo sugiere que producto de componentes artesanales, en faenas muy importantes, podría estar aminorando la productividad en el sector construcción.

Con esta cita, Sterhr hace referencia a que la tecnología, no solo vista como maquinaria sino también como aplicaciones de técnicas que podría ser útiles para identificar los factores que generan pérdidas en la ejecución de obras.

### **1.1.2. A nivel nacional**

#### **Productividad en el sector de la construcción**

Es a partir del año 2000 que se efectúa la primera evaluación de la productividad en obras de edificación de Lima Metropolitana, estudio que arrojó como resultado que el 28% del tiempo era dedicado a actividades que agregaban valor a la construcción, es decir, solo el 28% no generaba pérdidas. Adicionalmente, se identificó al tipo de administración como el factor que más influye en la productividad en obra. (Morales y Galeas, 2006)

En el año 2014, el Ministerio de economía y finanzas (MEF), a través de su titular Luis Miguel Castilla, dijo:

...que está previsto un incremento de 20 por ciento en la inversión pública este año, con lo cual el valor total representaría el 6.4 por ciento del PBI, el nivel más alto en los últimos 30 años. (RPP, 2014)

Sin embargo, a pesar de lo manifestado anteriormente, la implementación de herramientas orientadas a mejorar la productividad en este sector es muy baja, no obstante de existir gran número de trabajos sobre la determinación realista de las tasas de productividad para diferentes actividades en diferentes situaciones (OIT, 2003)

### **1.1.3. A nivel local**

De acuerdo a lo descrito anteriormente, la falta de eficiencia en la ejecución de los proyectos tiene diferentes orígenes, uno de los cuales enfoca el aspecto desarrollo y control de las actividades que involucran un proyecto

En el caso de la ciudad de Paita, esta no escapa a la problemática antes mencionada. No obstante a las deficiencias, a la fecha, en esta ciudad, se viene ejecutando la obra: INSTALACIÓN, AMPLIACIÓN, MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LOS AA.HH. ASENTADOS EN LAS CUENCAS 1, 2, y 3 DE LA ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE PAITA, PROVINCIA DE PAITA – PIURA, la cual, con un presupuesto de S/. 127 571,211.67 ha sido otorgada para su ejecución a la empresa CONSORCIO SANEAMIENTO PAITA. Esta empresa constituida para la ejecución del proyecto de referencia, cuenta con las certificaciones de calidad y control ambiental, las cuales sugieren que es una empresa formalmente constituida conformada por personal profesional y usa herramientas de gestión similares a las que se emplearán en el presente estudio. Por



consiguiente y basada en las características anteriormente expuestas, se evaluó la problemática de la productividad desde la perspectiva de actividades que conforman las partidas de la estructura del Reservoirio elevado en la obra de referencia.

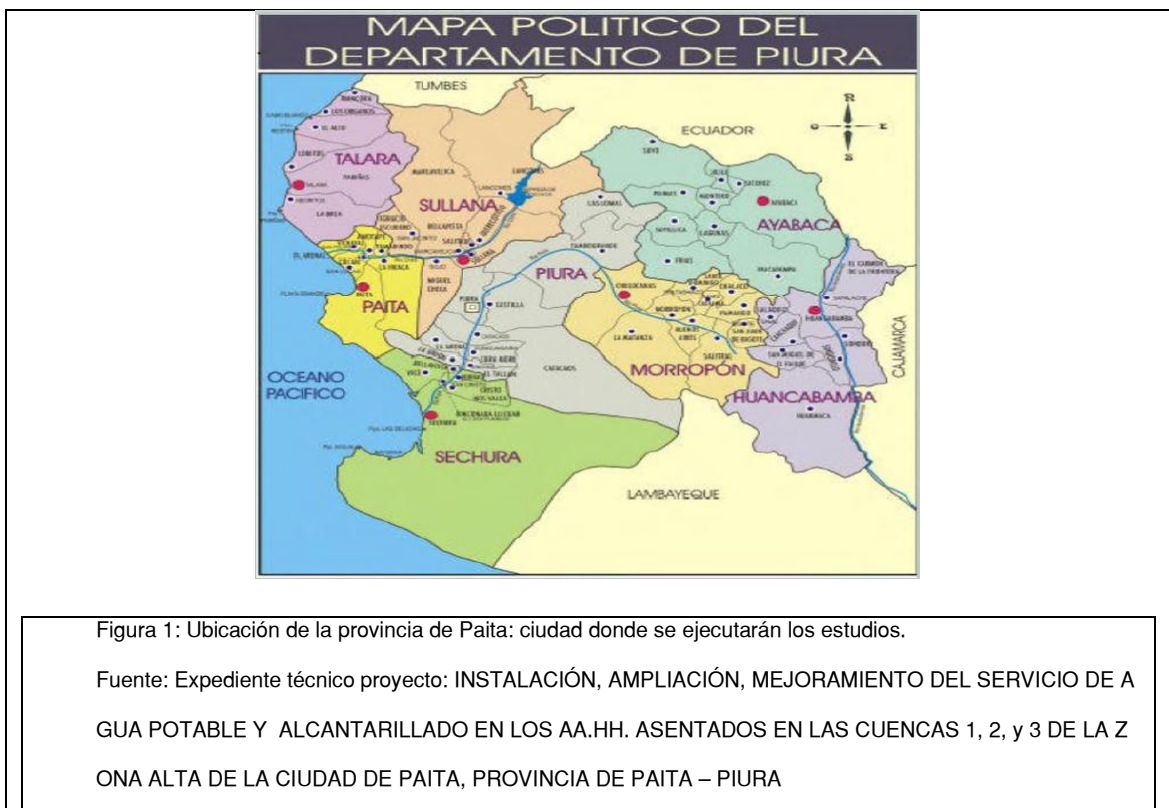
## **1.2. Formulación del problema**

Siendo los proyectos basados en la mano de obra, dependientes directamente de la productividad de la misma, es primordial tener una idea clara de cuáles son sus valores reales. De esta forma, se podrá estimar el tiempo requerido para realizar los trabajos que involucran las diversas actividades. Así mismo, se conoce que la filosofía Lean, denominada como Lean Construction cuando es aplicada a los proyectos de construcción, presenta antecedentes óptimos en su aplicación a las diferentes etapas de un proyecto. Producto de esto es que se logra plantear el problema a investigar mediante la pregunta: ¿Cómo se puede mejorar la productividad en los procesos de construcción que conforman las partidas de la estructura reservoirio elevado del proyecto: INSTALACIÓN, AMPLIACIÓN, MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LOS AA.HH. ASENTADOS EN LAS CUENCAS 1, 2, y 3 DE LA ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE PAITA, PROVINCIA DE PAITA – PIURA?

## **1.3. Delimitación de la investigación**

La investigación y recolección de datos se hizo en la obra: INSTALACION, AMPLIACION, MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y

ALCANTARILLADO EN LOS AA.HH. ASENTADOS EN LAS CUENCAS 1, 2, Y 3 DE LA ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE PAITA, PROVINCIA DE PAITA – PIURA, específicamente en el frente del reservorio elevado REP-2, el cual a la fecha se viene ejecutando y cuya ubicación es frente al reservorio existente (REE7), el cual se localiza en la zona alta de Paita-Tablazo. La ciudad de Paita se encuentra ubicada en el distrito y provincia de Paita, departamento de Piura. Se localiza en la costa del Océano Pacífico a 56 Km. al Oeste de la ciudad de Piura y a 70 Km. al Sudoeste de Sullana, a una altitud entre 0 a 75 msnm, al oeste de la ciudad de Piura.



Los límites del distrito de Paita son los siguientes:

Norte: Con los distritos de Colán y el Arenal

Sur : Con las Provincias de Sechura y Piura

Este: Con el distrito La Huaca

Oeste: Con el Océano Pacífico.

El reservorio elevado en construcción, es de concreto armado, y ha sido denominado como REP-9, con una capacidad de almacenaje de 3000m<sup>3</sup>.

Los tres sectores, con los que colinda el reservorio en mención, cuentan con vías asfaltadas, siendo la vía principal la Av. Victor Raúl Haya de la Torre. Su ubicación exacta se describe a continuación:

Norte : Av. Victor Raúl Haya de la Torre

Sur : Jr. Tiahuanaco

Este : Av. Victor Raúl Haya de la Torre

Oeste : Jr. José Carlos Mariátegui

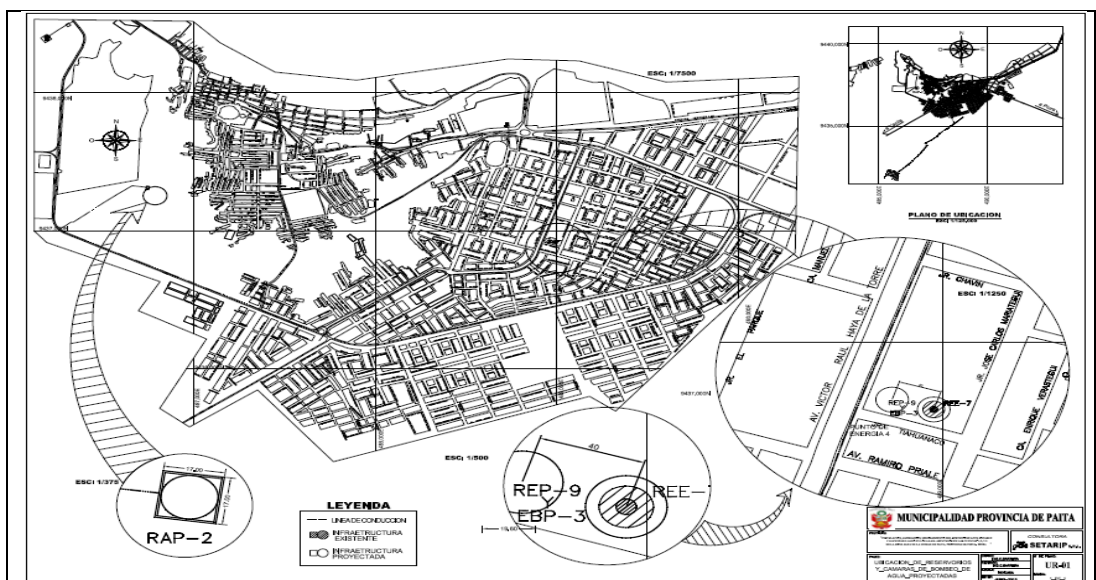


Figura 2: Ubicación de la actual de reservorio elevado y de futuro reservorio a construirse.

Fuente: Expediente técnico proyecto: INSTALACIÓN, AMPLIACIÓN, MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LOS AA.HH. ASENTADOS EN LAS CUENCAS 1, 2, y 3 DE LA ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE PAITA, PROVINCIA DE PAITA – PIURA

## **1.4. Justificación e importancia de la investigación**

### **1.4.1. Justificación Tecnológica**

El presente estudio de Investigación Aplicada se justificó con el hecho de que al existir un referente de que la filosofía Lean ha sido aplicada con éxito en otras obras, tanto a nivel nacional como internacional, se tuvo la expectativa de poder aplicarla a la estructura en estudio, con lo cual se logró evaluar y diagnosticar qué actividades generaban pérdidas y así pudo formular una propuestas de mejora. De esta manera, se generó un precedente que deberá tenerse en cuenta en la ejecución de próximos proyectos de esta naturaleza. Así mismo, producto del análisis anterior se pudieron efectuar las recomendaciones respecto a aquellos factores que pueden encarecer la obra y de cómo mitigarlos o eliminarlos.

Finalmente, mediante la aplicación de los principios de la filosofía Lean, a través de Lean Construction, se logró aumentar la confiabilidad del sistema de planificación durante la ejecución de la obra y en consecuencia mejorar su desempeño del sistema de planificación.

### **1.4.2. Justificación ambiental**

En la propuesta planteada, además de incrementarse la productividad de los procesos constructivos evaluados, se logró disminuir, con la eliminación de trabajos no contributivos (pérdidas), el impacto ambiental que estos podrían haber generado, debido a los desperdicios adicionales que estos pudieron ocasionar.

### **1.4.3. Justificación socioeconómica**

Con la implementación de la filosofía Lean, se logró mejorar los procesos, contribuyendo a que los tiempos en la realización de las actividades sean los programados y las molestias a la población beneficiaria sean mínimas. Así mismo, el cumplimiento de las metas, en los tiempos programados no generó gastos mayores a los previstos.

### **1.5. Limitaciones de la Investigación**

Dentro de las limitaciones encontradas, y una de las principales causas del atraso en el desarrollo de la presente tesis, se tiene:

- Retraso en el inicio de los trabajos propios de la estructura reservorio elevado: esto debido al hallazgo de tubería de agua potable existente, la cual fue encontrada al momento de iniciarse los trabajos de excavación de la cimentación de la estructura en estudio.

#### **Antecedentes**

Los trabajos de construcción de reservorio elevado estaban contemplados para iniciarse en el mes de julio, según lo indica el programa macro adjunto:

PROGRAMACION MACRO - OBRA PAITA																
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO DIRECTO	RUBRO	METRADO REFERENCIAL INICIAL	CUADRILLA DE TRABAJO	CRONOGRAMA DE EJECUCION MACRO										
						MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	ene-15
000	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES		CAMPAMENTO, ALMACEN, OFICINA		1 Cuadrilla de casa											
			REPLANTEO INICIAL Y FINAL	48 km. De Redes Generales + PTAR + BImS Obras secundarias	3 Cuadrilla de topógrafos											
001	OBRAS GENERALES AGUA POTABLE	40,474,722.26	REDES HD	32 km. De tubería	4 Cuadrillas											
			REDES PVC	4.8 km. De tubería	1 Cuadrilla											
			OBRAS CIVILES ESTRUCTURAS PRINCIPALES	1 T. elevado de 3000 m3 1 Reservorio apoyado de 200 m3	1 Cuadrilla 1 Cuadrilla											
			OBRAS CIVILES CAMARAS	38 cámaras (aire, derivac.)	1 Cuadrilla											
003	OBRAS GENERALES DE ALCANTARILLADO	27,221,723.40	REDES HD (IMPULS. DESAGUE)	7 km. De tubería	1 Cuadrilla											
			REDES PVC (EMISORES)	4.6 km. De tubería + 84 buzones	1 Cuadrilla											
			OBRAS CIVILES	3 cámaras de bombeo de desague	1 Cuadrilla											
			PTAR	357 mil m3 de excavación Obras civiles de PTAR	1 Cuadrilla 1 Cuadrilla											
002	OBRAS SECUNDARIAS DE AGUA POTABLE	6,471,936.88	REDES SANITARIAS	52 km. De tubería PVC + 5,811 con. domiciliarias	9 Fuentes											
004	OBRAS SECUNDARIAS ALCANTARILLADO	11,120,585.26	REDES SANITARIAS	57 km. De tubería PVC + 845 buzones + 6,011 con. domiciliarias												
005	INSTALACIONES ELECTRICAS Y ELECTROMECHANICAS	3,538,991.91	INST. ELECTROMECHANICAS	De 3 cámaras de bombeo de desague+ 2 reservorios + PTAR	1 Cuadrilla											
		88,827,959.71														

Figura 3: Programación Macro-Obra INSTALACIÓN, AMPLIACIÓN, MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LOS AA.HH. ASENTADOS EN LAS CUENCAS 1, 2, y 3 DE LA ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE PAITA, PROVINCIA DE PAITA – PIURA

Fuente: Municipalidad Provincial de Paita

Sin embargo, debido a que las partidas de esta estructura no se encontraban dentro de la ruta crítica, sumado al hecho de que al momento de iniciar los trabajos de excavación de la cimentación del reservorio, se encontró un tramo de tubería de agua potable, que atravesaba el área de trabajo, tal como se observa en las imágenes adjuntas, se procedió, por parte de contratista, a paralizar los trabajos. Así mismo, se elaboró un expediente de adicional de obra, el mismo que se presentó a la municipalidad con fecha 01 de agosto del presente 2014.



Mientras iniciaba el proceso de aprobación del expediente de adicionales de obra, en forma paralela se tramitaban los permisos ante la entidad prestadora de servicios de agua potable y alcantarillado EPS GRAU.

Recién en la fecha de aprobación del expediente de adicional de obra es que se iniciaron los trabajos de reubicación de tubería existente.



Figura 4: Trazo de cimentación y hallazgo de tubería existente

Fuente: Propia



Figura 5: Descubrimiento de tubería existente

Fuente: Propia



Figura 6: Tramo de tubería a reubicar

Fuente: Propia



Figura7: Nuevo trazo de cimentación (Tubería reubicada y tapada)

Fuente: Propia





Adicionalmente, durante la recolección de datos que servirá para definir el nivel de actividad en obra, se recolectarán datos de rendimientos reales, con lo cual se podrá hacer una comparación respecto a la productividad antes y después de aplicar los conceptos de la filosofía Lean.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

**Describir las herramientas que propone Lean Construction** para el mejoramiento de la productividad.

**Conocer** las actividades constructivas involucradas.

**Definir las actividades** con mayor incidencia en obra.

**Evaluar las actividades** que conforman las partidas en estudio.

**Identificar** las pérdidas que se presentan en las partidas evaluadas: cuáles son las que agregan valor al proyecto y aquellas que no lo hacen.

**Aplicar** la técnica del muestreo para definir los problemas que están afectando la productividad.

**Encontrar** las causas de los problemas generados en los procesos productivos y que afectan la productividad de los mismos

**Aplicar procedimientos de control** de las actividades en estudio.

**Trasmitir los resultados obtenidos** luego de aplicar las herramientas planteadas por Lean Construction.

**CAPÍTULO II:**  
**MARCO TEÓRICO**

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes:

Por muchos años la industria manufacturera ha sido tomada como modelo para la realización de innovaciones en la construcción. Sin embargo, esta industria continúa en la exploración permanente de técnicas, herramientas y principios que permitan su modernización. Esa búsqueda permanente ha generado una nueva visión de la producción en construcción, diferente al enfoque tradicional basado en los modelos de conversión con antecedentes en las teorías de Taylor y Ford. El nuevo modelo, denominado Lean Construction (Construcción sin pérdidas), propuesto por Lauri Koskela (1992), analiza principios y aplicaciones del JIT (Justo a tiempo) y TQM (control total de la calidad) en la industria de la construcción (Luengas Z., C, 2011)

#### 2.1.1. A nivel internacional

##### Experiencia en Chile

Chile, al igual que muchos países en Latinoamérica, se encuentra en la búsqueda de la implantación de nuevas metodologías a fin de poder optimizar los procesos constructivos. Es así, que el Centro de Excelencia en Gestión de Producción de la Universidad Católica (GEPUC), bajo la representación del Ing. Luis Fernando Alarcón, ha introducido el sistema de gestión basado en la filosofía de construcción sin pérdidas, del cual indica que: una vez que se ha realizado el diagnóstico previo e

implementado el sistema, este puede generar mejoras significativas en la ejecución de un proyecto constructivos.

Así mismo, luego de haber realizado mediciones en más de 40 proyectos de construcción, durante 5 años, ha demostrado que la identificación de perdidas es una herramienta efectiva para generar el mejoramiento en la construcción. Adicionalmente, según el GEPUC, hay un mejor entendimiento de los procesos, cuanto mayor es el acceso a la información, todo lo cual redundará en la toma de mejores decisiones y en ahorros de tiempo (Luengas, 2011)

### **Experiencia en Colombia**

Al igual que en la mayoría de países de Latinoamérica, en Colombia el conocimiento e implementación de la teoría de construcción sin perdidas es reciente.

Según el estudio de identificación de pérdidas en el proceso productivo en la construcción, realizado por la Universidad EAFIT, junto a un sobresaliente grupo de constructores de la ciudad de Medellín, se llegó a determinar que el 27% de las actividades, dentro de un proceso constructivo son No contributivas, mientras que el 37% si los son. El 36% restante corresponden al trabajo productivo.

Adicionalmente al estudio anterior, se han desarrollado investigaciones de los temas: Proyecto de consumo de Mano de Obra (2001), Identificación de pérdidas en los diferentes procesos de construcción (2002), Proyecto de gestión integrada en la construcción GICO (2006-2007), entre otros.

Con lo anterior se busca, entre otras cosas, cuantificar los desperdicios en la obras, medir la productividad y planear procesos constructivos óptimos.

### **2.1.2. A nivel nacional**

**Optimización de la eficiencia de los proceso constructivos en las partidas de encofrado de vigas y acero de vigas mediante la aplicación de herramientas de gestión de procesos: Cartas de balance y líneas de balance, bajo el enfoque Lean, para optimizar la mano de obra en el centro comercial “PASO 28 DE JULIO” en la ciudad de Lima. (Gabillo y Mejia, 2013)**

En base a la investigación realizada se observó, que con la metodología planteada, los índices de producción semanales variaron, confirmándose que a mejora del proceso lo optimiza, por lo cual se puede deducir que se utiliza mejor las horas hombre disponibles.

...estando claro que el sector público a través de los gobiernos regionales y locales desempeñan un papel estratégico en la economía actual, resulta importante analizar la gestión de proyectos de inversión en obras públicas. Para este caso en particular, se recurrió a resultados de evaluaciones y /o fiscalizaciones practicadas por los órganos de control a los procesos de ejecución de obras públicas en los gobiernos regionales. En este sentido haciendo un recuento de todas las auditorías practicadas a determinados gobiernos regionales, se advierte que las inversiones en obras

han tenido resultados decepcionantes pues su ejecución se ha visto obstaculizada por la ineficiencias de orden técnico, así como por la mala administración de recursos.(Lozano, 2012)

Teniendo en cuenta la necesidad de controlar y manejar de manera eficaz los tiempos en construcción y sumando como antecedente los múltiples proyectos, ejecutados en el país, que han requerido de plazos adicionales por causas que básicamente dependieron de fallas en programación por parte del ejecutor, es que se hace necesario implementar métodos que permitan organizar y aplicar tiempos adecuados con factores y procesos adecuados para hacerlos más efectivos.

Es así, como a partir de la temática anterior, y teniendo como antecedente una filosofía que se inicia en Japón en la década del 50, bajo la idea de eliminar todo aquello que está de sobra, es que se quieren superar todas las carencias mencionadas anteriormente.

### **2.1.3. A nivel local**

En cuanto a resultados de investigaciones consideradas más importantes por su actualidad y valor teórico sobre el tema desarrollado, en la localidad de Paita no existen muchos precedentes. Existen algunos estudios de productividad enfocados desde el aspecto de la ingeniería industrial, los cuales han sido desarrollados por la Universidad de Piura. De igual forma, por esta misma casa de estudios fue presentada en el año 2013 la Tesis **Mejora de la productividad en el mantenimiento**

**rutinario de una carretera aplicando Filosofía Lean Construction**, la cual aplica las recomendaciones de Lean Construction caracterizadas en los siguientes pasos:

**1er. Paso: Asegurar que los flujos no paren.**

**2do. Paso: Hacer flujos eficientes.**

**3er Paso: Hacer los procesos eficientes.**

Dichas aplicaciones, a razón de las conclusiones expuestas en la tesis en mención, concluyen que la aplicación de la filosofía Lean permite mejorar los tiempos productivos y contributorios; siempre relacionándolos con temas de calidad y seguridad en obra.

## **2.2. Estado del arte**

### **2.2.1. Filosofía Lean**

La principal teoría en la que se basa la presente investigación data del año 1950, año en el cual, producto de la escasez de recursos (material, mano de obra y financiero), la empresa Toyota implantó un sistema de gestión con un proceso de prueba y error denominado Sistema de Producción Toyota (SPT) y su creador fue Taiichi Ohno.

Es a partir de este sistema, el cual, según el propio Taiichi Ohno: “fue su mayor contribución para construir un sistema de producción que pudiera responder sin despilfarros a los cambios del mercado y que, adicionalmente, por su propia naturaleza redujera los costos”, que surgen diferentes investigaciones que intentan explicar el sistema de gestión Toyota y su posible aplicación a otros sectores.



Es así, que a raíz de la crisis de la industria automotriz en EE.UU, un grupo de empresarios financia al Massachusetts Institute of Technology (MIT) para que realice un estudio para averiguar “¿cómo los japoneses pueden fabricar autos baratos?”

Es por esta razón que entre los años 1970 y 1990, el Dr. James Womack, con la colaboración de D. Jones y D. Roos, dirige una investigación para definir en qué está basado el sistema de gestión usado por la Toyota. Producto de esta investigación es que logra publicar el libro “The Machine That Changed the World” (La máquina que cambió el mundo), en donde entre otras cosas, se revela que en la industria de fabricación de autos existían las siguientes características:

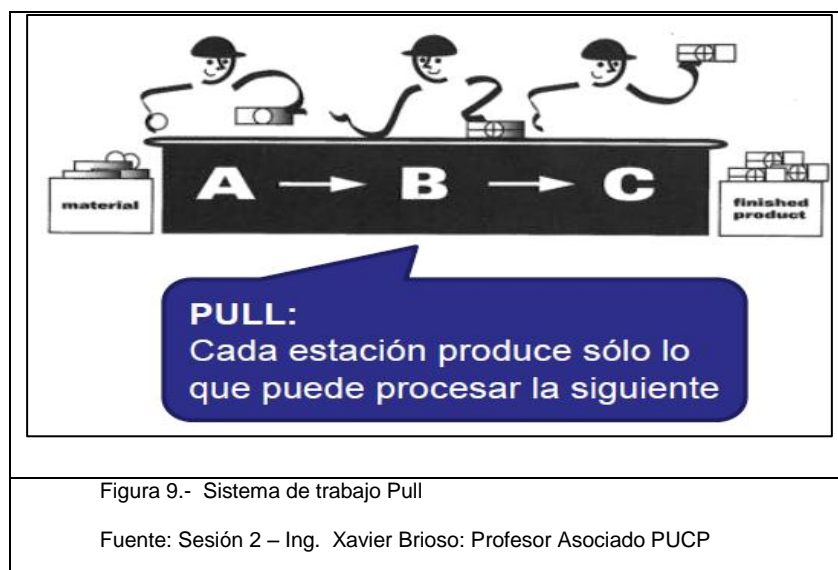
- Alto ratio de defectos.
- Gran número de trabajadores indirectos (no productivos)
- Trabajo no balanceado entre estaciones de trabajo.
- Altos niveles de inventarios de materiales, trabajo en proceso y productos terminados.

Observándose que el sistema de gestión de Toyota se caracterizaba porque usaban menos de todo: esfuerzo, inversión de capitales, instalaciones, inventarios y tiempo humano, en la fabricación, el desarrollo de producto, piezas fuentes y relaciones con el cliente (Vásquez Ayala, 2006).

Y como era de esperarse, el estudio además reveló la respuesta a la pregunta: ¿Cómo hizo Toyota para lograr usar menos de todo? Así se tiene que en líneas generales Toyota:

- Cambió del Task Management (Gestión de tareas: Dirigir y Administrar tareas) a Value Management (Gestión de Valor: Optimizar la relación entre la satisfacción de cliente y los recursos empleados para obtener dicha satisfacción)
- Definió como Muda (desperdicio) todo hasta que se demuestre lo contrario.
- Al ver los inventarios como Muda (desperdicio), inició la idea de hacer Pull desde el pedido del cliente.

Es este sentido, se denominó Pull como un ritmo de trabajo donde se jala la producción desde las estaciones subsecuentes, no generándose inventarios. La estación previa no puede iniciar sin que antes la estación siguiente esté lista.



- Se planteó como objetivos:
  - a. Producir el auto para satisfacer los requerimientos de un cliente particular (ordenado por el cliente)
  - b. Entregarlos en el menor plazo posible (instantáneamente)
  - c. Mantener cero inventarios

Es bajo este punto de partida que surge un nuevo sistema de gestión denominado Lean Production, que en líneas generales sugiere cambiar a una forma de producción que permita mayor flexibilidad, reducción los ciclos de duración y mayoración de la eficiencia a través de la producción de:

- Lotes pequeños
- Trabajadores multifuncionales
- Balaceo de cargas y demandas
- Control de calidad en el proceso
- Sistema de Producción Pull
- Métodos de elementos de prueba de fallos
- Jusin in Time (JIT) hasta el nivel de proveedores.

Posteriormente, algunos como Ballard, Howell y Koskela comenzaron a preguntarse: si sería posible aplicar el sistema de gestión Lean Production a la industria de la construcción.

Es así, que en el año 1997, el finlandés Lauri Koskela, planteó en su tesis doctoral “Application of the New Production Philosophy to Construction”

(García Díaz, 2012), es decir, la aplicación de la filosofía Lean a la industria de la construcción: Lean Construction.

Siempre basados en los principios de la filosofía Lean, han continuado surgiendo diferentes propuestas de mejora continua, siendo otra de las principales la planteada por Glenn Ballard, quien desarrolló una herramienta importante que complementó la ya planteada por Koskela, a la cual denominó: “Last Planner” o “Último Planificador”, la que es considerada como fundamental en la planificación de proyectos. Dicha herramienta, como parte del sistema de planificación, se ve distinguida por dos niveles: La planificación intermedia (Lookahead planning) y el plan de trabajo semanal (PTS).

Todo lo anterior siempre con la visión de reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al producto final y a optimizar las actividades que sí agregan valor.

En la actualidad, en la mayoría de países Europeos y en Norteamérica se emplea la metodología Lean Construction.

En Sudamérica su uso no está muy difundido, siendo Brasil y Chile los que demuestran mayor avance en su uso y aplicación.

En nuestro país, recién el primer estudio de productividad se realizó en el año 2000 (Morales Galeano, Galeas Peñalosa 2006), surgiendo a partir de este punto la implementación de diversos sistemas de gestión con el propósito de mejorar la productividad. De esto último se puede mencionar que es básicamente en el sector de edificación, en la ciudad de Lima, en

donde se tienen mayores registros de aplicación de sistemas de gestión empleando la filosofía Lean.

Si bien a la fecha se han desarrollado diferentes aplicaciones, no existe un único patrón de implantación.

## **2.3. Bases teórico científicas**

### **2.3.1. Lean Production**

Lean Production, es la conjunción de varios sistemas de gestión, implementados en diferentes campos, pero todos bajo las mismas bases teóricas: el pensamiento JIT (Shingo, 1984) y la visión de calidad (Vasquez Ayala 2006)

Esta filosofía, que surgió en la industria manufacturera, se puede concebir como la forma óptima de diseñar un sistema de tal forma que pueda satisfacer las necesidades del cliente. Dentro de sus planteamientos, introduce varias medidas tales como la reducción de pérdidas, las cuales son definidas como cualquier actividad que no contribuye a la generación del producto que se desea obtener. Así mismo, Lean Production maneja una doble visión en cuanto a la producción: Conversiones y flujos. El éxito de ambas asegurará la eficacia de la producción.

#### **2.3.1.1. Principios de Lean Producton**

Desde el punto de vista de Womack and Jones (1996), quienes se basaron en un estudio realizado entre 50 empresas dedicadas a

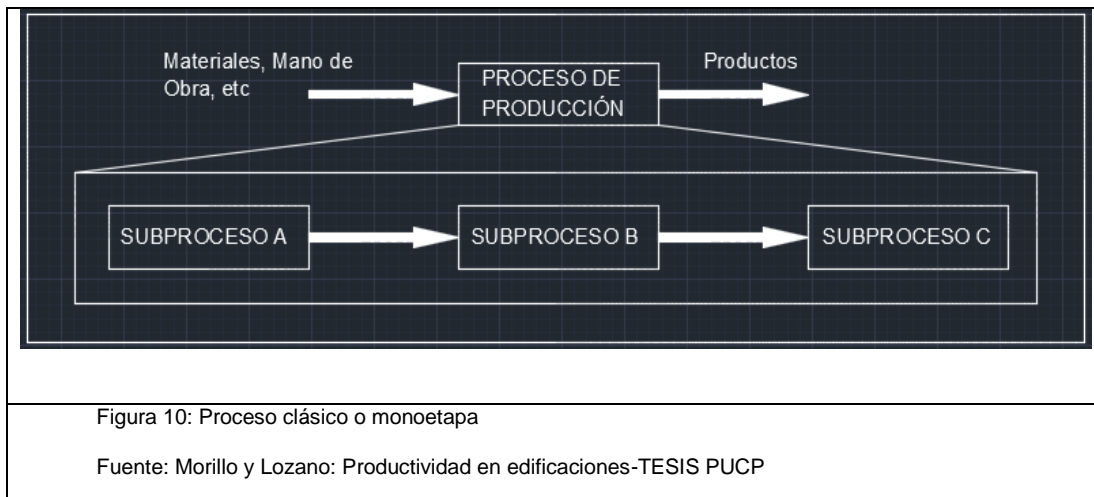
diversas áreas, los principios que sustentan la filosofía, conceptualizada, son:

- Definición específica del valor para un producto: lo que significa identificar el valor de un producto de acuerdo a los que el cliente requiere.
- Identificación del flujo de valor para un producto específico: para tal efecto se requiere analizar el proceso productivo a fin de identificar los puntos que no agregan valor y eliminarlos.
- Desarrollo de un flujo de producción continua: lo cual requerirá realizar una producción fluida, sin demoras, interrupciones o fallas de calidad.
- Estrategia de Producción de Pull: que no es otra cosa que identificar cuáles son las necesidades reales del cliente con el propósito de producir lo que necesita en el momento en que lo necesita.
- Búsqueda continua de la perfección: finalmente, aquí se considera que los principios anteriormente descritos, deben ser aplicados de una manera dinámica y progresiva, a fin de que no solo se consoliden como cultura en la empresa, sino que también se realicen cada vez mejor y así obtener mejores resultados.

### **2.3.2. Evaluación del modelo clásico respecto al modelo Lean**

**Modelo clásico o monoetapa:** Este modelo de transformación se efectúa en un solo flujo de operaciones y responde al concepto elemental de

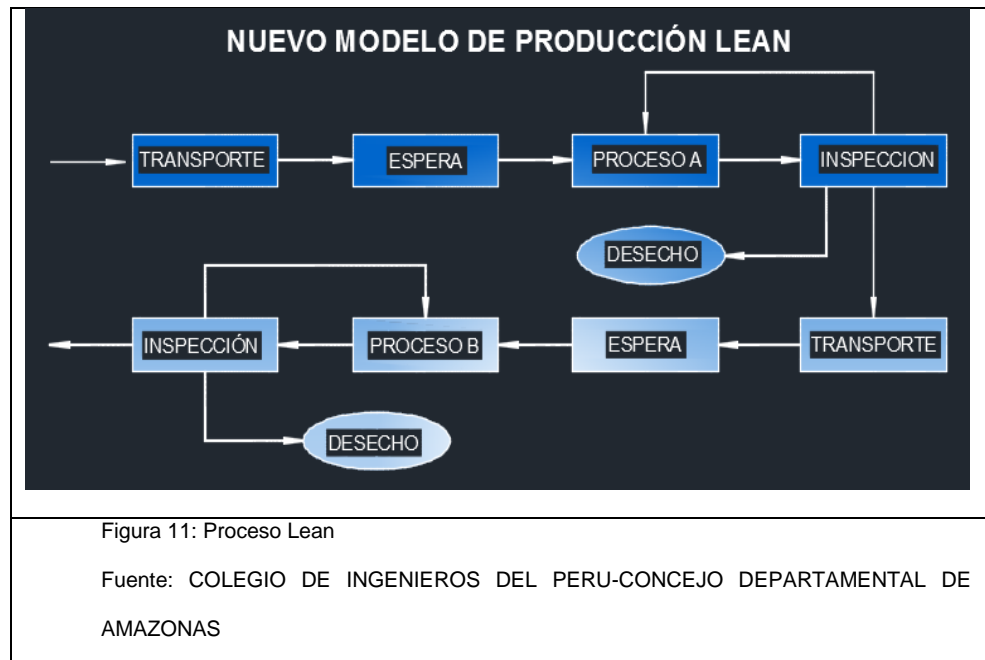
sistema. En este modelo, la entrada corresponde a la materia prima, mano de obra y otros elementos que contribuirán en la generación de un producto o salida.



Este modelo se basa en las transformaciones que ocurren dentro de un proceso sin tomar en cuenta todos los factores que pueden influenciar sobre este.

### **Modelo Lean**

De otro lado, la filosofía Lean ayuda a evaluar una serie de actividades adicionales que ocurren dentro del proceso a la vez, que mediante el uso de diversas herramientas se puede cuantificar, es decir, el nuevo modelo de producción para la construcción, concibe la producción y sus operaciones como procesos. En este modelo los procesos representan el aspecto de conversión de la producción, la inspección, la espera y el movimiento representa el aspecto de flujo de producción (Koskela 2001)



### 2.3.3. Lean Construction

Se originó en el Lean Production Management, el cual produjo una revolución en el diseño y producción industrial en el siglo XX.

Lean Construction (Construcción sin Pérdidas en español) es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción y en sus desarrollos recoge las buenas prácticas del enfoque tradicional (Project Management) y las ubica en su marco teórico.

Lean Construction ve los proyectos como sistemas temporales de producción:

- a. Reconociendo las características de unicidad de proyectos: los diseños de sistema de producción son únicos entre sí.
- b. Aplicando para todos las mismas bases de diseño.

La idea principal de Lean Construction es la eliminación de inventarios y pérdidas, la subdivisión de la producción en pequeñas partes, la



simplificación de la estructura de la producción, la utilización de máquinas semiautomáticas, la cooperación entre proveedores, etc. (Morillo y Lozano 2006).

Conjuntamente a esto, consciente de que es necesario saber cómo identificar los procesos que generan restricciones o “cuellos de botella”, ya que son estos factores los que bloquean la obtención de ganancias a una empresa, propone una forma de hallarlos y controlarlos (E Goldratt, La meta).

#### **2.3.3.1. Características de Lean Construction**

- 1.-Trabajo en equipo.
- 2.-Comunicación permanente.
- 3.-Eficiente uso de recursos.
- 4.-Mejoramiento continuo (kaizen).
- 5.-Constructabilidad
- 6.-Mejoramiento de la productividad apoyándose en la Ingeniería de Métodos como las cartas de balance.
- 7.-Reducción de los trabajos no contributorios (tiempos muertos), aumento del trabajo productivo y un manejo racional de los trabajos contributorios.
- 8.-Utilización del diagrama causa-efecto de Ishikawa( espina de pescado).
- 9.-Reducción de los costos de equipos, materiales y servicios.
- 10.-Reducción de los costos de construcción.

11.-Reducción de la duración de la obra.

12.-Las actividades base son críticas y toda holgura es pérdida de costo y tiempo.

### **2.3.3.2. Principios Lean Construction**

**Versión 2009, extendidos en línea con el BIM<sup>1</sup>. (Sacks R., Dave B., Koskela L. and Owen, IGLC , 2009)**

Siendo compleja la industrialización de la construcción, resulta importante algunos principios que nos ayuden a entender y a aplicar Lean Construction. La nueva filosofía de producción propone los siguientes principios:

- Reducir la proporción de actividades que no agregan valor.
- Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de las necesidades de los clientes
- Reducir la variabilidad
- Reducir el tiempo del ciclo
- Simplificar mediante la reducción del número de pasos y partes.
- Aumentar la flexibilidad de las salidas
- Incrementar la transparencia de los procesos
- Focalizar el control en los procesos completos (globales)
- Introducir la mejora continua en el proceso
- Mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y las mejoras de las conversiones
- BenchMarking

Conceptualizando los principios anteriores:

i) **Reducir la proporción de actividades que no agregan valor:** Si se quiere hacer de una forma directa, se pueden trazar diagramas de flujo que permitan visualizar las actividades que intervienen en los procesos fundamentales a fin de eliminar aquellas que se determinen visiblemente como actividades que no agregan valor.

ii) **Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de las necesidades de los clientes:**

Para cada actividad, hay dos tipos de clientes: uno interno y otro externo. Este principio orienta a tener en cuenta las necesidades de ambos, para lo cual deberán ser definidos en cada etapa a fin de poder generar un flujo sistemático eficiente.

De esta forma, si se termina una actividad, ésta deberá estar acorde a las necesidades de la subsiguiente, ya sea en cantidad de producto que ingresará a la nueva actividad, tiempo en que demora en llegar, materiales, etc.

iii) **Reducir la variabilidad:**

Si bien en la etapa de diseño, la variabilidad representa un aspecto positivo, puesto que significa que el tiempo que se empleó en desarrollar ésta ha servido para aportar valor, en el caso de la construcción es un resultado indeseable. Desde el punto de vista del cliente, un producto uniforme siempre es mejor. Mirado desde el aspecto interno, para el constructor la variabilidad, situada

especialmente durante el periodo de tiempo que dura una actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor. Estos dos puntos de vista importantes nos llevarán a tener en cuenta estrategias planteadas por Lean Construction para el manejo de la variabilidad, tales como:

- Buffeers,
- Reducción del tamaño del lote.
- Entender mejor los procesos.
- Reducir las dependencias entre procesos y actividades.
- Reorganizar procesos.
- Uso de procedimientos constructivos que reduzcan la incertidumbre.

#### iv) Reducir el tiempo del ciclo:

Un flujo de producción puede ser caracterizada por el tiempo del ciclo, que será definido como el tiempo que requiere un material para atravesar parte del flujo.

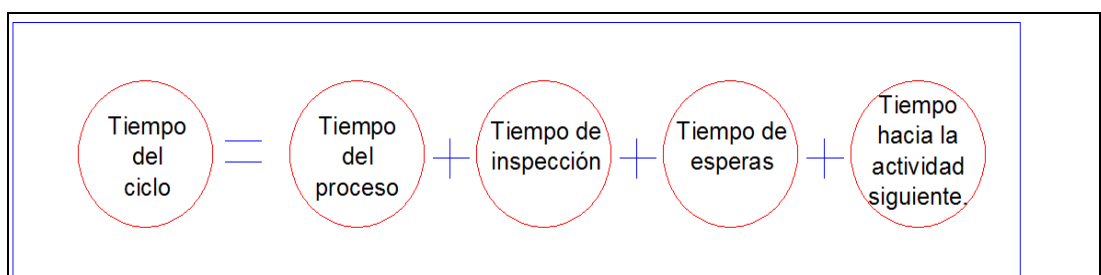


Figura12: Tiempos que forman parte del ciclo del proceso completo

Fuente: Ibarra Gomez, Luis (2011), Tesis "Lean Construction"– Universidad Autónoma de México

El principio básico al que se refiere la nueva filosofía de producción (Filosofía Lean) requiere que los tiempos del ciclo se reduzcan al máximo, con lo cual se deberán disminuir los tiempos que se utilizan al realizar las inspecciones, movimientos y esperas. Dichas medidas podrán hacer posible el cumplimiento de los tiempos pactados, reducir la necesidad de hacer pronósticos sobre la demanda futura, entre otras ventajas.

Como se puede observar en la fig. 6, existen escalones o etapas de control dentro de un proceso, los cuales podrían disminuirse si personal que trabaja en el mismo flujo toma decisiones o adquiere funciones de control. Éste sería un ejemplo de cómo es que se puede manejar la disminución de los tiempos del ciclo.

**v) Simplificar información mediante la reducción del número de pasos y partes: Aumentar la flexibilidad de las salidas.**

Simplemente se podría entender como:

- Reducir la cantidad de componentes del producto: para lo cual se podrían hacer cambios en el diseño o emplear partes prefabricadas. Así mismo se podría estandarizar algunos componentes.
- Reducir la cantidad de pasos del flujo de información de materiales.

#### **vi) Aumentar la flexibilidad de las salidas**

Flexibilidad de la salida del producto no se contrapone a la simplificación. Uno de los elementos claves es el diseño de productos modulares en conexión con el uso de otros principios como la reducción del tiempo del ciclo de trabajo y la transparencia.

Entre algunos de los enfoques prácticos para incrementar la flexibilidad tenemos (Stalk & Hout, citado en Botero, 2006):

- Minimizar los tamaños de lote para atender muy cercanamente la demanda.
- Reducir la dificultad de los arranques y cambios de productos.
- Personalizar el producto al final del proceso.
- Entrenar a trabajadores multihabilidosos.

#### **vii) Incrementar la transparencia de los procesos:**

Con el objeto de evitar la propensión al error se debe tratar de hacer que la producción sea lo más transparente. Esto se logrará siempre que se logren realizar los procesos de forma directa y observable: planos en planta apropiados. Así mismo, deberá tenerse información de los procesos, materiales, sistemas de información e instrumentos en el área de trabajo.

El empleo de órdenes visuales permitirá a cualquier persona reconocer normas y desviación de ellas.

#### **viii) Focalizar el control en los procesos completos (globales)**

Como primeros pasos se debe tener en cuenta que es necesario medir el proceso completo y las asignación de una autoridad del proceso completo.

Posteriormente, es necesario realizar compromisos de planificación. Esto se puede lograr con el uso de la herramienta last planer, con la cual se organiza de manera general (para todos) la visión que se tiene de cómo deben hacerse las cosas. Las reuniones periódicas de planificación estarán a cargo del último planificador, quién (es) serán los encargados de generar los compromisos de planificación.

De igual forma, es fundamental la elección de los proveedores y subcontratistas que permitirán hacer posible planificación planteada.

**ix) Introducir la mejora continua en el proceso:**

Se desarrolla a nivel interno de la organización y debe ser conducido por un grupo especial responsable, el cual deberá dirigir los esfuerzos por lograr la reducción de pérdidas y el aumento del valor en la gestión de procesos. Este principio, que se basa en la filosofía japonesa Kaisen, de mejora continua, es aplicado no solo a los procesos sino a toda la cadena de valor.

**x) Mantener el equilibrio entre mejoras en los flujos y las mejoras de las conversiones**

En la construcción donde el flujo de los procesos ha sido casi siempre olvidado, el potencial para el mejoramiento del flujo es mayor que el mejoramiento de la conversión.

El punto crucial es que el mejoramiento del flujo y la conversión estén íntimamente relacionados.

Los mejores flujos requieren menor capacidad de conversión y por lo tanto menor inversión de equipamiento.

Mayores flujos controlados hacen más fácil la implementación de nuevas tecnologías de conversión. Nuevas tecnologías de conversión podrían ocasionar variabilidades más pequeñas, y así flujos más beneficiosos. Es prioritario buscar el mejoramiento de los flujos de los procesos antes que invertir en nuevas tecnologías de conversión.

Se debe perfeccionar procesos existentes hasta su máximo potencial antes que diseñar otros nuevos. Se busca siempre el mejoramiento continuo

#### **xi) BenchMarking: Referenciar permanentemente los procesos**

Consiste en realizar continuamente un proceso de comparación de la manera en que se desenvuelve la Empresa en general y el proyecto específico. Fue desarrollado por la Xerox a inicios de la década de 1980 (Michael Spendolini: "Benchmarking")

Para lograr esto será necesario:

- Conocer el proceso y subprocesos así como las fortalezas y debilidades de los mismos.
- Conocer, entender e incorporar mejores prácticas en el desarrollo de los subprocesos.



A continuación se muestra un cuadro comparativo entre la forma de definir los conceptos, dentro de los principios antes listados y las empleadas por las formas clásicas de gestión de proyectos:

**Tabla 1:**

Diferencias entre Lean Construction y formas actuales de gerencia de proyectos.

HERRAMIENTAS	LEAN CONSTRUCTION	FORMAS ACTUALES DE GERENCIA DE PROYECTOS
<b>CONTROL</b>	Hace que las cosas pasen	Es visto como los resultados de un monitoreo.
<b>RENDIMIENTO</b>	Maximiza el valor, minimizando pérdidas. Se enfoca al proyecto en general.	Optimizan cada actividad de forma independiente produciendo reducciones en el rendimiento total.
<b>ENTREGA</b>	Utiliza conceptos de diseño simultáneo: Coordinación entre ingeniería y construcción.	No previene iteraciones que producen pérdidas, aun con el empleo de la constructabilidad.
<b>VALOR</b>	Para el cliente es definido, creado y entregado lo largo de la vida del proyecto.	El dueño define completamente los requerimientos al inicio y a la entrega final, a pesar de de los cambios en las nuevas tecnologías, economía y mercado que puedan surgir.
<b>COORDINACIONES</b>	A través de “jalar” para generar un flujo continuo	Aquí se trata de empujar para cumplir con los cronogramas. Las coordinaciones recaen sobre una sola persona y no sobre un equipo.
<b>DESCENTRALIZAR</b>	Se propone la participación del equipo para generar transparencia y confianza. Todo el equipo conoce toda la información del proyecto.	Cada grupo maneja su propia documentación.

Fuente: [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org)

### 2.3.4. Productividad en la construcción

#### 2.3.4.1. Definiciones en la construcción

- **Productividad**

La productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Es una medida de eficiencia y efectividad, puesto que mediante la productividad se puede determinar la forma en que se administran los

recursos consumidos (hh, tiempo, horas máquina, bls, unds, S/., U\$, etc.) para obtener un resultado, el cual se desarrolla en un plazo determinado y con estándares de calidad dados (Brioso L. 2015)

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{RESULTADOS}{ESFUERZOS} = \frac{CANTIDAD PRODUCIDA}{RECURSOS EMPLEADOS}$$

Según Cantú, Mereano, Gallina y García, 2009, autores del paper Productividad real en obras civiles – Análisis de un caso; la productividad siempre va asociada a los procesos de transformación: a este proceso ingresan recursos necesarios para producir un material, un bien o dar un servicio y posteriormente, a través del proceso, se obtiene un producto o un servicio determinado.

Un sistema o un proceso es más eficiente cuanto menos recursos consume para obtener un resultado dado. Así, un indicador de productividad podría ser la cantidad de m<sup>2</sup> construidos por S/. gastados ó el número de viviendas por la cantidad de dinero invertida para la construcción de estas viviendas. Los ejemplos anteriores son a su vez indicadores globales, ya que proveen información que respalda las decisiones de carácter estratégico. (Brioso L., 2015)

En consecuencia, si se quisiera mejorar la eficiencia de un sistema o proyecto, sería necesario implementar técnicas que vayan direccionadas a la optimización de los procesos, de tal forma que pueda hacerse un análisis detallado de cada uno a fin de incrementar la producción de los mismos y reducir los recursos utilizados.

- **Rendimiento**

En el lenguaje coloquial, en general se usan indistintamente las palabras rendimiento y productividad, sin embargo es importante aclarar que el rendimiento es definido como la inversa de la productividad, es decir:

$$RENDIMIENTO = \frac{ESFUERZOS}{RESULTADOS} = \frac{RECURSOS EMPLEADOS}{CANTIDAD PRODUCIDA}$$

Así, ejemplos de indicadores de rendimiento (o ratios) pueden ser:

hh/m<sup>2</sup>, bls/m<sup>3</sup>, etc. Los ejemplos antes mencionados son a la vez indicadores operacionales específicos, ya que sirven para tomar decisiones de mejoramiento operacional y se refieren a algún proceso productivo específico que se desea medir. (Brioso L. 2015)

- **Pérdidas**

Se considera pérdidas, todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto (Alarcon 2002)

- **Trabajo Productivo (TP)**

Trabajo que aporta en forma directa a la producción.

- **Trabajo Contributorio (TC)**

Trabajo de apoyo. Debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, pero no aporta valor.

- **Trabajo no Contributorio (TNC)**

Cualquier actividad que no genere valor y que entre en la categoría de pérdida. Son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor.

**Tabla 2:**  
Ejemplos de tipos de trabajos

TP	TC	TNC
Vaciar concreto	Transporte de material	Viajes
Habilitar acero	Limpieza	Descanso
Pintado de muros	Colocación de acero	Esperas

Fuente: propia

#### **2.3.4.2. Factores que afectan la productividad en el proceso constructivo (Botero, 2006)**

Muchos son los agentes que afectan la productividad en la construcción. En una obra, lo más relevante será determinar cuáles son los agentes más negativos para poder tomar medidas respecto a ellos y así poder disminuir su impacto. De igual forma, será importante identificar los factores que impactan de forma positiva a fin de incrementar su efecto.

##### **2.3.4.2.1. Factores de incidencia negativa sobre la productividad:**

- Errores en los diseños y falta de especificaciones
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto
- Ejecución de obra con diseños incompletos
- Falta de supervisión de los trabajadores
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo)
- Alta rotación de trabajadores

- Ausentismo de los trabajadores
  - Pobres condiciones de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes
  - Composición inadecuada de las cuadrillas de trabajo
  - Disputas entre cuadrillas
  - Distribución inadecuada de los materiales en obra
  - Falta de materiales requeridos
  - Falta de suministros de equipos y herramientas
  - Pobre mantenimiento de los equipos
  - Difíciles condiciones de acceso de la obra por su ubicación
  - Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo
  - Excesivo control de calidad
  - Exceso de tiempo en la toma de decisiones
  - Interrupciones no planificadas ni controladas (refrigerios de trabajadores, ida a servicios sanitarios)
  - Características de duración y tamaño de la obra que no motivan al personal
  - Algunas horas de día y días de la semana que causan variaciones en el desempeño de la mano de obra (comienzo y final de la semana, final del día, mediodía)
  - Clima y condiciones adversas en la obra
- (Contreras S., 2012)

#### **2.3.4.2.2. Factores de incidencia positiva sobre la productividad:**

- Aprovechamiento del fenómeno del aprendizaje del trabajador
- Programa permanente de capacitación de la mano de obra
- Programa de seguridad industrial en la obra
- Buenas disposiciones de los materiales en el sitio de trabajo
- Utilización de técnicas de planificación por los administradores de la obra
- Utilización de partes prefabricados y estandarización de elementos
- Utilización de ayudas computacionales (Uso de software para construcción)
- Búsqueda permanente de Motivación a los trabajos
- Revisión de diseños para una ejecución más simple.
- Buena supervisión de los trabajadores
- Sana competencia entre las cuadrillas • Estudios de tiempos y métodos de las actividades
- Aplicación de herramientas de la Ingeniería Industrial a la construcción
- Uso de incentivos en contratos de obra
- Utilización eficiente de los subcontratistas

### 2.3.4.3. Métodos para evaluar y controlar la productividad

Entre las herramientas sugeridas para la optimización de la productividad tenemos:

#### 2.3.4.3.1. Time-Lapse como herramienta de captura de información

La técnica “Time-Lapse” es una herramienta útil para el mejoramiento de la productividad en proyectos de construcción, pues reproduce en un tiempo menor lo sucedido en una obra en un periodo captado en tiempo real. Esta técnica permite captar detalles de las operaciones de obra como: desempeño de equipos, impacto del clima, causas de accidentes, conformación de cuadrillas de trabajo, evaluación de productividad, pérdidas de materiales, trabajo no contributivo, entre otros. Sin embargo, la técnica tiene limitaciones como el extenso tiempo de reproducción y la gran cantidad de espacio requerida en unidad de memoria para el almacenamiento (Botero, 2006).

De acuerdo a Céspedes (2010), mediante la utilización de la herramienta time-lapse, se puede hacer el seguimiento en un intervalo de tiempo muy corto, donde se pueden identificar los recursos dentro del proceso, analizar montaje, tiempo y movimiento del personal. **Cabe aclarar que el seguimiento se puede realizar con cámaras fotográficas o cámaras de video, convirtiendo días de trabajo en minutos de grabación.**

Según Oglesby (1989), las fotografías que se pueden obtener mediante este sistema pueden ser utilizadas para el análisis de operaciones de

construcción, ya que ofrecen la más efectiva y entendible forma para identificar las actividades ya sea de una persona, de un grupo de personas o una máquina, como también refleja la interacción entre ellas. Adicionalmente, se resalta que comparado con técnicas generadas de manera escrita o por medio de números, la fotografía tiene la ventaja de ser entendible y creíble para aquellos que no tienen un estudio en los análisis de datos escritos o numéricos, como también a los que cuestionan los reportes verbales o escritos. De igual importancia, la utilización de videos Time-Lapse aparece como una alternativa a las metodologías de captura de información tradicionalmente usadas, las cuales sirven para la caracterización de los flujos de trabajo. “Una deficiente planeación y captura puede llevar a videos confusos o difíciles de analizar y que en ultimas no aportan información”(Vargas et al., 2008).

#### **2.3.4.3.1.1. Breve historia de la herramienta Time-Lapse**

La herramienta time-lapse ha sido utilizada en la construcción desde comienzos de 1960. En esta fecha, Fondahl presentó el uso del time lapse en el análisis de operaciones de construcción.

Por otra lado, también se encuentra el autor Paulson (1978), el cual subrayó que la herramienta time-lapse era el primer paso hacia la recolección de datos del proceso constructivo. Así mismo anotó que los datos recolectados mediante time-lapse son analizados para el



mejoramiento de la productividad o utilizados en los computadores para hacer modelos de simulación. Contreras (2012).

Por los antecedentes enumerados, se puede notar que esta herramienta no es una implementación nueva y considerando los avances de la tecnología, se puede intuir que su aplicación en la actualidad podría ser más efectiva.

#### **2.3.4.3.1.2. Implementación de la herramienta Time-Lapse**

La implementación de Time-Lapse permite obtener información mediante la captura de videos TimeLapse, con lo cual se puede realizar el análisis de la productividad y posterior desarrollo de los flujos de trabajo de los procesos constructivos a fin de mejorarlos.

La herramienta desarrollada y los resultados que se presentan se fundamentan a partir de los siguientes conceptos (Vargas et al., 2008):

**Flujos de trabajo:** Con los videos Time Lapse se busca registrar los flujos que ocurren en el sitio de trabajo, con el fin de poder identificar la secuencia de actividades asociadas y la composición de los recursos. Además, permite identificar datos que complementan la caracterización del proceso constructivo, como la duración, el personal involucrado, la distribución de recursos (humanos y físicos) y la distancia de los desplazamientos. La información de videos, también se puede ver representada en distribución probabilística para la elaboración de modelos de simulación de procesos, los cuales resultan útiles para

determinar el impacto en los procesos al incluir la probabilidad en el comportamiento de las variables asociadas.

**Actividades del flujo de trabajo:** Una vez optimizada la información de los flujos de trabajo, como paso siguiente es optimizar las actividades buscando eliminar o reducir las variables que no agregan valor. Para este fin, los videos son una herramienta muy útil, ya que permiten observar a detalle el progreso de las actividades.

**Composición del tiempo de cuadrillas:** La identificación de los tiempos de trabajo de las cuadrillas es una medida indirecta de la productividad en obra. Esta medida puede contribuir a eliminar tiempos no contributivos y reducir tiempos contributivos, en busca de aumentar tiempos productivos. La principal dificultad para analizar los tiempos de trabajo es el extenso número de muestras que se necesitan para obtener confiabilidad. Por lo cual, los videos Time Lapse facilitan el muestreo, ya que permite observar la actividad en repetidas veces y con mayor detalle.

#### **2.3.4.3.1.3. Aplicación de la herramienta (Vargas, 2008)**

El Time Lapse como herramienta, permite generar un registro de información importante en el desarrollo de un proceso constructivo. Además, se obtiene una representación del flujo de trabajo y las relaciones entre las actividades. También el registro de los videos trae ventajas como es la posibilidad de tener un menor error sistemático al que se obtiene con el muestreo en campo, por cuanto el video se puede

observar varias veces. Además, se puede obtener a mayor detalle el balance de cuadrillas y el personal sobre-asignado a las actividades. Para terminar, esta herramienta puede contribuir a la capacitación y aprendizaje de los procesos constructivos, al igual que presenta la oportunidad de mejoras en las condiciones de trabajo y en el aumento de rendimientos.

#### **2.3.4.3.2. Técnica del muestreo del trabajo**

Permite establecer una base numérica para la toma de decisiones. La identificación de pérdidas, a través de esta sencilla técnica ha sido utilizada como medida indirecta de la productividad, ya que se asume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas, se incrementa la productividad. (Alarcón 1993)

Dentro de los objetivos de esta metodología está el detectar y reducir:

- Trabajos no contributorios (esperas, viajes con manos vacías, tiempos ociosos, etc.)
- Interferencias con otras actividades.
- Uso inadecuado de recursos.

Esta técnica requiere de numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio de trabajo y categoriza en tres grupos principales el trabajo realizado por los obreros (TP, TC, TNC, ya definido anteriormente). Así mismo, requiere un mínimo de 384 observaciones para ser considerada como estadísticamente válida, con un margen de confiabilidad de 95% y un error de 5%.

Dos de las herramientas que esta técnica ofrece para recolectar la información en campo son:

**a. Nivel general de actividad**

Es un medio utilizado para medir del nivel de actividad de un proyecto u obra; es “una foto” que indica cómo es que se está usando el tiempo de la mano de obra y/o equipos. Teniendo esta información se podrán reconocer los problemas que afectan la productividad, eliminarlos o controlarlos para así reducir los costos vinculados a estos.

- Esta técnica, que requiere de observaciones hechas en forma aleatoria, puede ser aplicada a toda la obra o por frentes si se desea y su empleo permite establecer una base numérica para tomar decisiones de cómo aumentar la cantidad de trabajo productivo.

La ventaja de esta técnica consiste en que:

- No requiere observación continua por parte de un analista durante un período de tiempo largo; es posible interrumpirlo en cualquier momento sin afectar los resultados.
- El tiempo de trabajo de oficina disminuye
- El total de horas-trabajo a desarrollar por el analista es generalmente mucho menor, con lo cual pueden implementarse las mejoras con mayor rapidez.

- El operario no está expuesto a largos períodos de observaciones cronométricas
- Las operaciones de grupos de operarios pueden ser estudiadas fácilmente por un solo analista.
- La mayor parte del tiempo no es necesario usar analistas experimentados.

Las desventajas de esta técnica son:

- No resulta práctico ni económico si se quiere emplear en el estudio de un solo operario, obrero, máquina, situadas en zonas de gran extensión o para operaciones repetitivas de corta duración.

A través de esta técnica, se podrá evaluar el nivel general de actividad de la obra a fin de poder establecer estándares, mejorar métodos, determinar porcentajes de actividades, retrasos, etc y así poder mejorar la productividad de la obra en estudio.

#### **b. Carta balance**

Es una herramienta muy usada en ingeniería industrial y en Empresas de edificación.

- Permite describir formalmente un proceso de construcción.
- Comentar el método usado.
- Obtener información de rendimientos.
- Diseñar el tamaño óptimo de cuadrillas.

Su objetivo principal es medir la eficiencia del método constructivo ya que permite estudiar detalladamente el sistema productivo de una cuadrilla.

#### **2.3.4.3.3. Encuesta de identificación de pérdidas.**

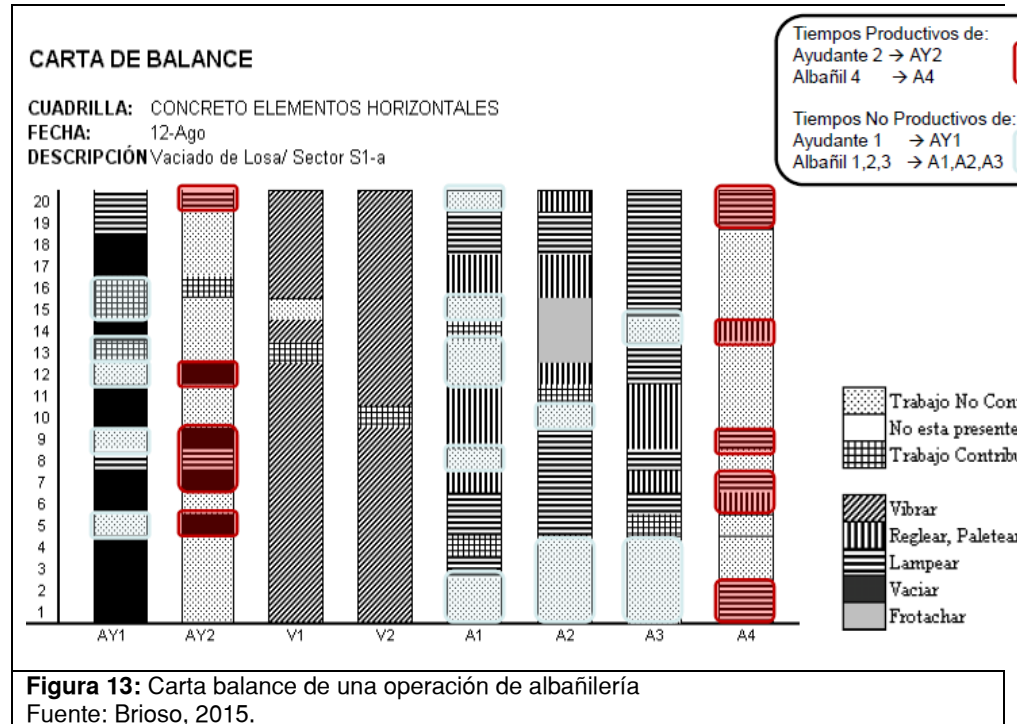
Esta herramienta es empleada para la identificación de pérdidas en los proyectos de construcción. La encuesta está diseñada de tal forma que puede ser aplicado por el personal de la obra. El análisis de dicha encuesta permitirá encontrar el origen y la frecuencia de las pérdidas en los proceso productivos de la construcción.

#### **2.3.4.3.4. Balance de cuadrillas.**

Este método emplea como herramienta las cartas balance. Es importante acotar que los datos recogidos en obra pueden obtenerse en forma manual o mediante la técnica del Time-Lapse, con lo cual se identificaría el funcionamiento de los recursos e insumos para poder implementar mejoras.

Según Alarcón (1997) las cartas de balance ofrecen una manera efectiva de mostrar las relaciones entre las actividades de los integrantes de una cuadrilla y los equipos que utilizan, observados durante el desarrollo de la actividad.

Para una actividad se debe observar y medir el tiempo utilizado de cada recurso por tarea. Idealmente, los tiempos deben ser medidos en varios ciclos de trabajo para validar su precisión y variación durante los ciclos (Oglesby et al., 1989).



### 2.3.4.3.5. Planificación de proyectos (Serpell & Alarcón, 2009)

La planificación se remonta a cientos de años, pero sólo en el siglo pasado se desarrollaron las herramientas suficientes para la solución de problemas de planificación.

#### 2.3.4.3.5.1. Planificación y el ciclo de vida del proyecto

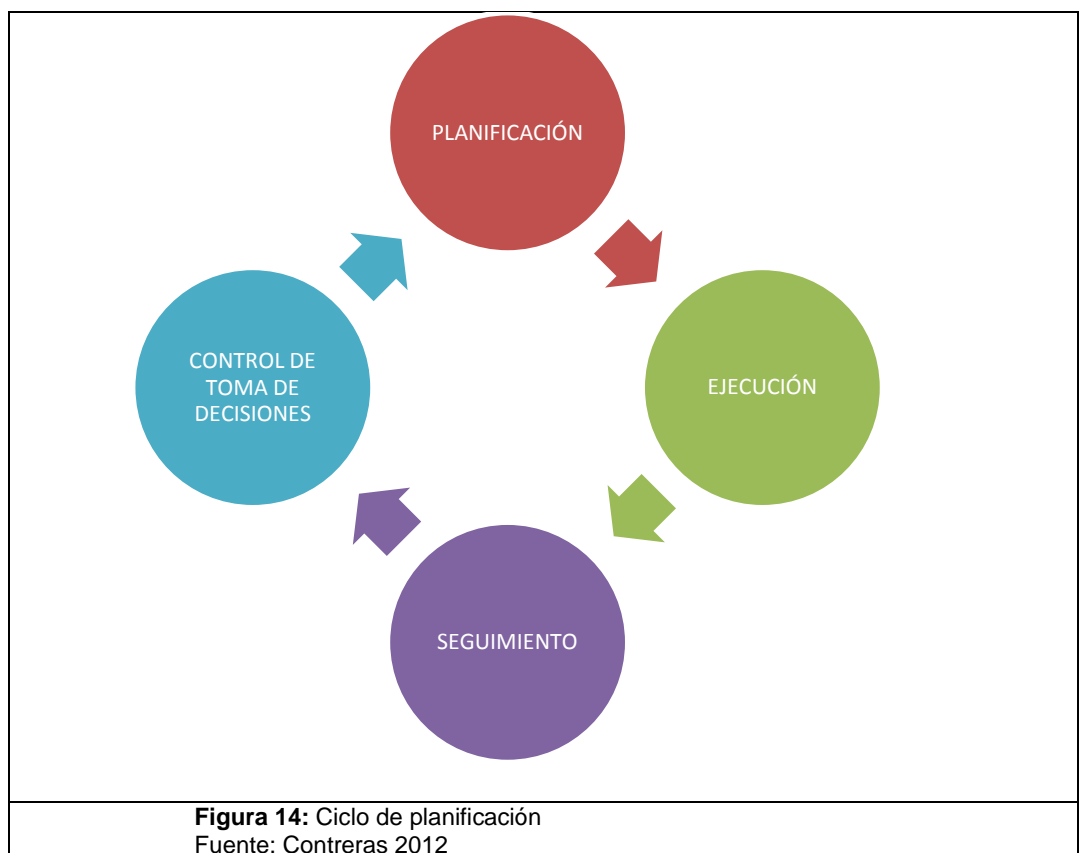
La planificación de un proyecto se lleva a cabo desde su inicio hasta el fin.

Todo proyecto maneja un ciclo de vida, las principales etapas del ciclo de vida de un proyecto son las siguientes:

- Conceptualización del proyecto.
- Definición del proyecto.

- Desarrollo del proyecto.
- Ejecución del proyecto.
- Terminación del proyecto.

La planificación busca la mejor combinación posible entre los objetivos del proyectos y los recursos de que se dispone o a los que se puede recurrir, con sus correspondientes limitaciones, costes y rigideces.



### 2.3. Terminología empleada

**Agua potable.-** Agua para el consumo humano.

**Alcantarillado.-** Sistema de estructuras y tuberías usadas para la evacuación de aguas residuales.

**Ciclo.-** Conjunto de pasos repetitivos o componentes de trabajo que hace un equipo una y otra vez para ejecutar un trabajo.



**Corrección.-** Corregir productos defectuosos. Se compone de todos los materiales, tiempo y energía involucrados en reparar los defectos.

**Defectos.-** Costes que suponen los productos o acciones equivocadas o que no cumplen con las solicitudes.

**Filosofía Lean.-** Enfoque dirigido a maximizar el valor y minimizar las pérdidas.

**Movimientos innecesarios.-** Movimientos improductivos, que no aportan valor al proceso; demasiado lentos o demasiado rápidos. También son posiciones o acciones innecesarias o incómodas para los trabajadores.

**Pérdidas.-** Son los defectos, adaptaciones, el número de errores de diseño u omisiones, la cantidad de órdenes de cambio, gastos en seguridad, el exceso de materiales y el porcentaje de tiempo que no agrega valor al ciclo total.

**Procesos.-** Actividades mutuamente relacionadas o que, al interactuar, transforman elementos de entrada y los convierten en resultados.

**Saneamiento.-** Conjunto de obras, técnicas y dispositivos encaminados a establecer, mejorar o mantener las condiciones sanitarias de un edificio, una población, etc.

**Sobreproducción.-** Despilfarro que se manifiesta cada vez que la producción no responde a la demanda, es decir, supone producir

productos o servicios para los que no hay una necesidad por parte del cliente.

**Tiempo de esperas.-** Esperas de tiempo al recibir materiales, instrucciones de trabajos, órdenes de fabricación, inspecciones, etc. Que hacen que las personas o máquinas estén paradas.

**Tiempo de Ciclo.-** Tiempo en el que se desarrolla un ciclo.

**Transportes innecesarios.-** Movimientos innecesarios para apilar, acumular, desplazar materiales, etc.

**Valor.-** Grado de satisfacción del cliente final, o sea que todos sus requerimientos sean cumplidos sin inconvenientes. El valor debe ser medido por un proceso de medición post venta o post construcción.

**CAPÍTULO III:**  
**MARCO METODOLÓGICO**

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

#### 3.1.1. Diseño de la investigación

Se desarrolló una **investigación aplicada**, puesto que se buscó conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática.

**Tabla 3:**

Diseño de la investigación.

PROBLEMA	SOLUCIÓN	REALIDAD
Deficiencia en la productividad en la ejecución de proyectos de construcción.	Proponer la aplicación de la filosofía Lean para mejorar la productividad en la estructura Reservoirio Elevado que forma parte del proyecto : Instalación, ampliación y mejoramiento del servicio de agua potable y alcantarillado en los AA.HH. de las cuencas 1,2 y 3 de la zona alta de la ciudad de Paita- Provincia de Paita-Piura.	1. Estudiar los factores que afectan la productiviaddad de la mano de obra en la construcción. 2..Optimizar las condiciones en las que se realizan las tareas, mejorando los procesos y tratar de minimizar o eliminar las actividades que generan retrasos o no aportan a la productividad.

Fuente: Curso Proyecto de tesis-Universidad Señor de Sipán

### 3.2. Población y muestra:

La población tomada en cuenta para este estudio fueron las actividades desarrolladas en la estructura: reservorio elevado de la obra: Instalación, ampliación y mejoramiento del servicio de agua potable y alcantarillado en los AAHH de las cuencas 1,2, y 3 de la zona alta de la ciudad de Paita. Esto a fin de tener un universo de actividades del cual se eligieron aquellas que se consideren representativas para nuestro estudio.

Como muestra se tomaron las actividades con mayor incidencia, dentro del proyecto, para así poder evaluar las tareas que se desarrollan dentro de estas.

En nuestro caso particular, dado que las actividades se desarrollaron dentro de un espacio específico no muy extenso (área de construcción del reservorio elevado), se usó el método de observación desde una posición fija determinada.

Las muestras se tomaron en instantes predeterminados en forma aleatoria. El registro de lo observado se anotó de manera instantánea. La frecuencia de observación estuvo de acuerdo con los objetivos del estudio. Se tomaron 384 observaciones, ya que estadísticamente, con esta cantidad se logra obtener una confiabilidad del 95% y un error máximo de +/-5%.

**Población beneficiaria:**

Beneficiarios del proyecto: Instalación, ampliación y mejoramiento del servicio de agua potable y alcantarillado en los AA.HH. de las cuencas 1,2 y 3 de la zona alta de la ciudad de Paita-Provincia de Paita-Piura.

Empresa Ejecutora del proyecto: CONSORCIO SANEAMIENTO PAITA.

**3.3. Hipótesis**

Mejoramiento de la productividad en los procesos de construcción que conforman las partidas de la estructura reservorio elevado del proyecto: **INSTALACIÓN, AMPLIACIÓN, MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LOS AA.HH. ASENTADOS EN LAS CUENCAS 1, 2, y 3 DE LA ZONA ALTA DE LA CIUDAD DE PAITA, PROVINCIA DE PAITA – PIURA** mediante la aplicación de la filosofía Lean.

### 3.4. Variables e indicadores

#### Variables:

**Independientes** : Filosofía Lean

**Dependientes** : Productividad

#### Indicadores

De acuerdo con Souza *et al.* (1994), las siguientes son recomendaciones a tener para la correcta elección de indicadores:

- **Selectividad:** Es importante elegir solo aquellos indicadores que proporcionen información valiosa sobre lo que se desea evaluar. En cuanto a Operacionalización, los indicadores escogidos deberán considerarse según los procesos o producto críticos para la calidad y productividad global.
- **Simplicidad:** Deben ser de fácil comprensión y capaces de ser calculados en forma simple.
- **Accesibilidad:** Los datos deben ser obtenidos de la forma más simple posible.
- **Bajo Costo:** La obtención de los datos no debe ser mayor al beneficio que se espera alcanzar con estos.
- **Trazabilidad:** El proceso de elaboración de los indicadores debe estar detallado y documentado adecuadamente.
- **Experimentación:** Se recomienda hacer pruebas previas de los indicadores a fin de verificar su eficacia de acuerdo a los objetivos que se desean alcanzar.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se han definido los siguientes indicadores:

### 3.5. Operacionalización

**Tabla 4:**

Variables independientes

VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION	PERDIDAS	Esperas por falta de equipos	seg	Observación y análisis de documentos	Guía de observación y análisis de documentos.	Cámara fotográfica, cronometro, formatos de control.
		Esperas por actividades mal ejecutadas	seg	Observación y análisis de documentos	Guía de observación y análisis de documentos.	Cámara fotográfica, cronometro, formatos de control.
		Esperas por falta de instrucción	seg	Observación y análisis de documentos	Guía de observación y análisis de documentos.	Cámara fotográfica, cronometro, formatos de control.
		Tiempo ocioso	seg	Observación y análisis de documentos	Guía de observación y análisis de documentos.	Cámara fotográfica, cronometro, formatos de control.
		Desplazamientos innecesarios	seg	Observación y análisis de documentos	Guía de observación y análisis de documentos.	Cámara fotográfica, cronometro, formatos de control.
		Reprocesos	N° unidades hechas mas de una vez	Observación y análisis de documentos	Guía de observación y análisis de documentos.	Cámara fotográfica, cronometro, formatos de control.

Fuente: Curso Proyecto de tesis-Universidad Señor de Sipán

**Tabla 4:**

Variables dependientes

VARABLES DEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
PRODUCTIVIDAD	PRESUPUESTO DE OBRA	Desviación de costo	S/.	Análisis de documentos: presupuesto de obra y valorizaciones	Guías de análisis de documentos	Cámara fotográfica cronómetro formatos de control.
	CRONOGRAMA DE OBRA	Desviación de plazo	días	Análisis de programación de obra	Guías de análisis de documentos	Cámara fotográfica cronómetro formatos de control.
	MANO DE OBRA	HH Real/HH Presupuestada	hh/hh	Análisis de costos unitarios	Pruebas de 5 minutos	Cámara fotográfica cronómetro formatos de control.

Fuente: Curso Proyecto de tesis-Universidad Señor de Sipán

### 3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Métodos de investigación

**Deductivo.-** Se definieron las variables independiente y dependiente y sus respectivos indicadores y se tuvo que inferir la hipótesis para una adecuada aplicación de la filosofía Lean para minimizar o eliminar todas aquellos trabajos que hacen que el proceso constructivo realizado no llegue a ser el óptimo deseado.

**Análisis.-** Se descompuso el objeto de estudio en sus partes para conocer qué factores positivos y negativos intervenían en él.



**Síntesis.-** Porque una vez analizados las actividades realizadas en la obra de referencia, se planteó una estrategia para mejorar la productividad.

### **3.6.2. Técnicas de recolección**

**Observación:** Se midió y evaluó el porcentaje de tiempo que el personal obrero dedica a la realización de las actividades en estudio.

**Análisis de Documentos:** se tuvo en cuenta libros, tesis, revistas, paper, cursos-taller, etc., relacionados al tema que se investigó. Así mismo se evaluaron los controles en campo realizados en el proyecto.

### **3.6.3. Instrumentos de recolección**

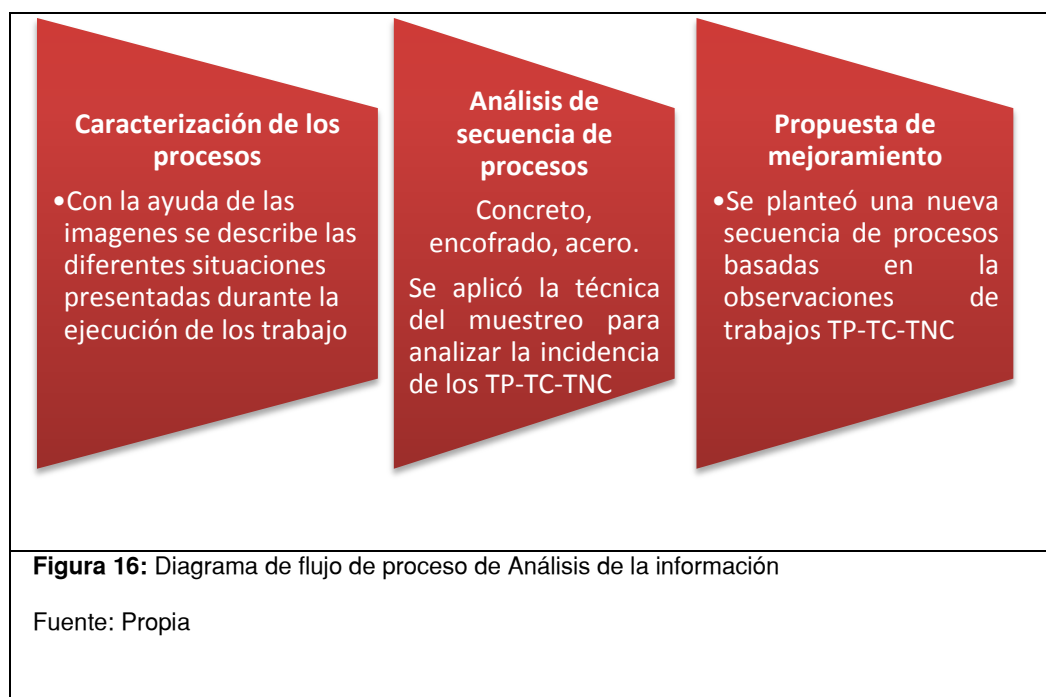
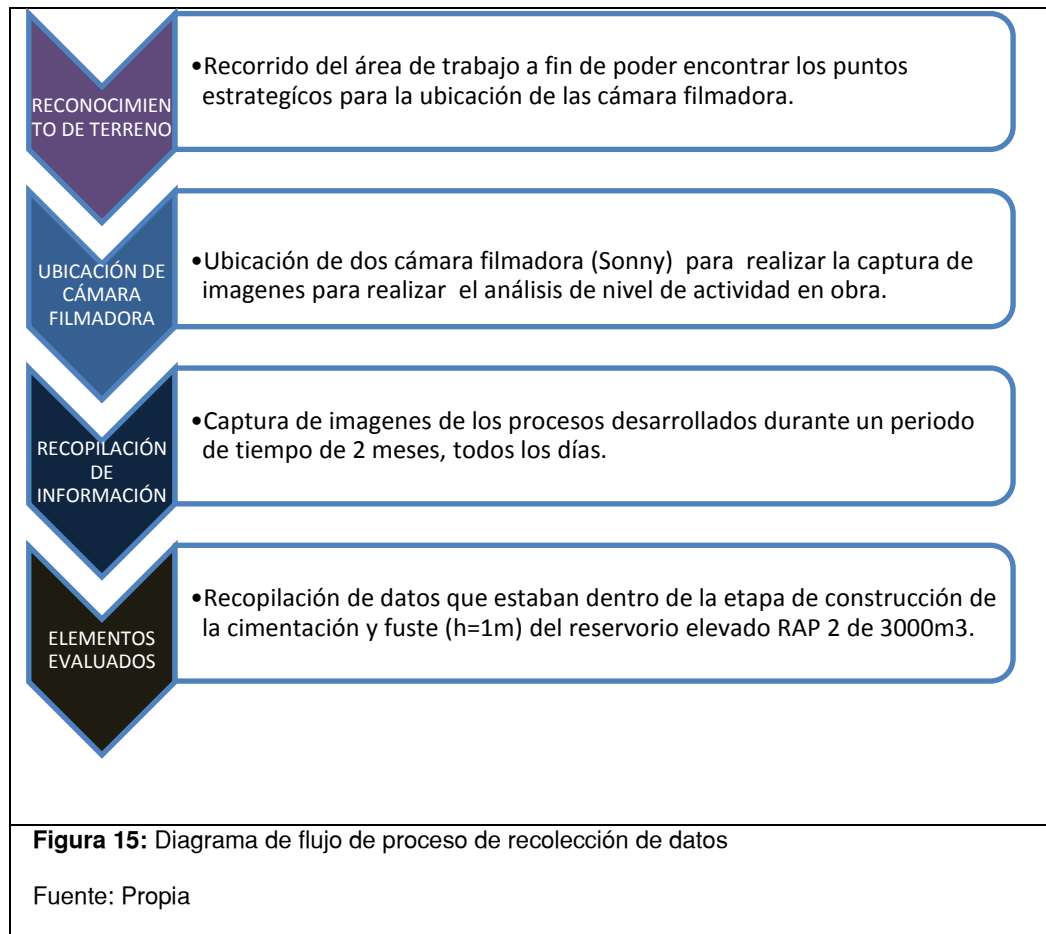
Para la recolección de información de campo se utilizó:

- Guías de observación
- Guías de análisis de documentos

La metodología seguida para la elaboración de las guías de análisis se tomó de la Revista de Educación, **4 (2002)**, la cual define los conceptos de análisis de documentos a la vez que plantea las consideraciones a tener en cuenta para la elaboración de documentos que sirvan como instrumentos de recolección de información.

### **3.7. Procedimiento para la recolección de datos**

Se tiene el siguiente esquema, que representa en forma general la secuencia seguida para recolección de la información:



### 3.7.1. Descripción de la metodología empleada: time lapse

#### 3.7.2.1 Ubicación de cámara digital

##### a) Descripción de la ubicación:

La cámara filmadora se ubicó en 2 puntos desde los cuales se podían observar los tres principales frentes de trabajo a fin de poder obtener una visión de todas las actividades que se realizaban durante el día.

- Corte de acero



**Fotografía 17:** Corte de acero – Posición 1  
Fuente: Propia

- Encofrado



**Fotografía 18:** Habilitación de paneles para encofrados – Posición 2  
Fuente: Propia

- Vaciado de concreto



**Fotografía 19:** Vaciado de solado en cimentación de reservorio – Posición 3  
 Fuente: Propia

#### b) Problemas encontrados

**Limitaciones por restricciones en los equipos:** Si bien este método trabaja de manera óptima si se cuenta con la tecnología necesaria, en nuestro caso se tuvo ciertas limitaciones ya que no se contaba con accesorios como puertos para el control de disparo en forma externa a fin de poder controlar de manera indirecta las cámaras. Así mismo, durante el periodo de tiempo que duró el registro de datos, fue necesario estar presente en el proyecto, para verificar que la captura de datos, mediante las cámaras digitales se estuviera desarrollando en forma correcta. Esta situación se podría haber revertido si se hubiera contado con equipos instalados en forma permanente, desde puntos altos, a fin de poder registrar la información e ir procesándola, en gabinete, a medida que se desarrollaban los procesos constructivos.

### c) Información obtenida

Se obtuvo información que se empleó para caracterizar y analizar los procesos de construcción durante la ejecución de los trabajos del reservorio. Esta información sirvió para generar nuevas circunstancias a fin de establecer nuevas propuestas para ser aplicadas en los procesos que se continuaron desarrollando. Se esperaba mejorar la productividad mediante el mejoramiento del uso de los tiempos.

**Tabla 6:**  
Leyenda de planila de ingreso de datos

LEYENDA		
Clasificación	Actividad	Código
TP	Colocación de acero	AC
	Vaciado de concreto	CR
TC	Dando o recibiendo instrucciones	I
	Transporte de material	T
	Limpieza	L
	Mediciones	M
	Corte de acero	CO
	Colocación de andamios	AN
	Encofrado	DE
	Habilitación de madera p/encof.	HM
	Conversando	CONV
TNC	Hablando por teléfono	TEL
	Esperando	E
	Echándose agua	HA
	Mirando	MR
	Necesidades fisiológicas	NF
	Viajes	V

Fuente: Propia

**Tabla 8:**  
Planilla de ingreso de datos

PLANILLA DE INGRESO DE DATOS			PLANILLA DE INGRESO DE DATOS		
N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO	N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO
1	DE	TC	38	V	TNC
2	T	TC	39	E	TNC
3	AC	TP	40	L	TC
4	CO	TC	41	T	TC
5	AC	TP	42	V	TNC
6	I	TC	43	V	TNC
7	CR	TP	44	V	TNC
8	L	TC	45	CO	TC
9	CO	TC	46	I	TC
10	V	TNC	47	AC	TP
11	T	TC	48	AN	TC
12	L	TC	49	NF	TNC
13	I	TC	50	V	TNC
14	V	TNC	51	CR	TP
15	CR	TP	52	AC	TP
16	M	TC	53	T	TC
17	V	TNC	54	V	TNC
18	DE	TC	55	CO	TC
19	AC	TP	56	AN	TC
20	V	TNC	57	AC	TP
21	AN	TC	58	CR	TP
22	MR	TNC	59	V	TNC
23	HM	TC	60	DE	TC
24	V	TNC	61	CO	TC
25	CR	TP	62	AC	TP
26	T	TC	63	M	TC
27	E	TNC	64	V	TNC
28	AC	TP	65	T	TC
29	M	TC	66	AC	TP
30	V	TNC	67	DE	TC
31	NF	TNC	68	CR	TP
32	I	TC	69	V	TNC
33	CO	TC	70	AN	TC
34	AC	TP	71	AC	TP
35	CONV	TNC	72	I	TC
36	DE	TC	73	M	TC
37	CR	TP	74	V	TNC
			75	CR	TP

PLANILLA DE INGRESO DE DATOS			PLANILLA DE INGRESO DE DATOS		
N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO	N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO
76	CO	TC	113	DE	TC
77	E	TNC	114	M	TC
78	DE	TC	115	V	TNC
79	V	TNC	116	HM	TC
80	AN	TC	117	AC	TP
81	T	TC	118	CONV	TNC
82	V	TNC	119	DE	TC
83	CR	TP	120	HM	TC
84	L	TC	121	V	TNC
85	AC	TP	122	CR	TP
86	T	TC	123	AC	TP
87	V	TNC	124	I	TC
88	M	TC	125	V	TNC
89	V	TNC	126	DE	TC
90	CR	TP	127	CR	TP
91	AC	TP	128	V	TNC
92	V	TNC	129	L	TC
93	V	TNC	130	T	TC
94	V	TNC	131	V	TNC
95	I	TC	132	AC	TP
96	CO	TC	133	M	TC
97	AC	TP	134	V	TNC
98	MR	TNC	135	HM	TC
99	HM	TC	136	AC	TP
100	CR	TP	137	CO	TC
101	DE	TC	138	V	TNC
102	CR	TP	139	T	TC
103	V	TNC	140	CR	TP
104	CR	TP	141	V	TNC
105	AC	TP	142	AN	TC
106	DE	TC	143	L	TC
107	V	TNC	144	AC	TP
108	V	TNC	145	DE	TC
109	I	TC	146	V	TNC
110	L	TC	147	V	TNC
111	T	TC	148	M	TC
112	V	TNC	149	I	TC



PLANILLA DE INGRESO DE DATOS			PLANILLA DE INGRESO DE DATOS		
N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO	N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO
150	E	TNC	187	EA	TNC
151	T	TC	188	CR	TP
152	AC	TP	189	T	TC
153	CO	TC	190	CONV	TNC
154	CR	TP	191	DE	TC
155	MR	TNC	192	AC	TP
156	CR	TP	193	I	TC
157	AC	TP	194	V	TNC
158	DE	TC	195	CR	TP
159	V	TNC	196	M	TC
160	AN	TC	197	AN	TC
161	T	TC	198	NF	TNC
162	AC	TP	199	HM	TC
163	AC	TP	200	CO	TC
164	CO	TC	201	E	TNC
165	CONV	TNC	202	T	TC
166	M	TC	203	AN	TC
167	AC	TP	204	DE	TC
168	CR	TP	205	AC	TP
169	V	TNC	206	T	TC
170	AN	TC	207	AC	TP
171	I	TC	208	V	TNC
172	CR	TP	209	NF	TNC
173	CONV	TNC	210	CO	TC
174	L	TC	211	DE	TC
175	MR	TNC	212	I	TC
176	AC	TP	213	CO	TC
177	DE	TC	214	MR	TNC
178	V	TNC	215	T	TC
179	T	TC	216	CONV	TNC
180	HM	TC	217	L	TC
181	CO	TC	218	CR	TP
182	MR	TNC	219	AC	TP
183	AN	TC	220	E	TNC
184	E	TNC	221	DE	TC
185	CO	TC	222	MR	TNC
186	NF	TNC	223	HM	TC



PLANILLA DE INGRESO DE DATOS			PLANILLA DE INGRESO DE DATOS		
N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO	N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO
224	AN	TC	261	EA	TNC
225	NF	TNC	262	T	TC
226	DE	TC	263	CR	TP
227	M	TC	264	AC	TP
228	CR	TP	265	I	TC
229	CONV	TNC	266	CONV	TNC
230	I	TC	267	AN	TC
231	T	TC	268	AC	TP
232	CO	TC	269	DE	TC
233	AN	TC	270	E	TNC
234	EA	TNC	271	CO	TC
235	HM	TC	272	L	TC
236	CO	TC	273	NF	TNC
237	E	TNC	274	CO	TC
238	AN	TC	275	AC	TP
239	CR	TP	276	T	TC
240	AC	TP	277	CR	TP
241	L	TC	278	AC	TP
242	DE	TC	279	EA	TNC
243	CONV	TNC	280	CR	TP
244	I	TC	281	AN	TC
245	T	TC	282	CONV	TNC
246	AC	TP	283	AN	TC
247	T	TC	284	AC	TP
248	V	TNC	285	M	TC
249	T	TC	286	NF	TNC
250	CO	TC	287	M	TC
251	HM	TC	288	DE	TC
252	NF	TNC	289	AC	TP
253	DE	TC	290	T	TC
254	CO	TC	291	HM	TC
255	E	TNC	292	E	TNC
256	AC	TP	293	CO	TC
257	M	TC	294	CR	TP
258	AC	TP	295	AC	TP
259	CR	TP	296	L	TC
260	M	TC	297	T	TC

PLANILLA DE INGRESO DE DATOS			PLANILLA DE INGRESO DE DATOS		
N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO	N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO
298	AN	TC	335	AC	TP
299	EA	TNC	336	CR	TP
300	T	TC	337	EA	TNC
301	T	TC	338	HM	TC
302	E	TNC	339	T	TC
303	DE	TC	340	TEL	TNC
304	AC	TP	341	CO	TC
305	AN	TC	342	M	TC
306	T	TC	343	AC	TP
307	M	TC	344	L	TC
308	CONV	TNC	345	T	TC
309	M	TC	346	HM	TC
310	EA	TNC	347	MR	TNC
311	M	TC	348	DE	TC
312	AC	TP	349	AC	TP
313	L	TC	350	CO	TC
314	M	TC	351	E	TNC
315	TEL	TNC	352	AC	TP
316	M	TC	353	M	TC
317	EA	TNC	354	V	TNC
318	CO	TC	355	CO	TC
319	AC	TP	356	DE	TC
320	DE	TC	357	T	TC
321	MR	TNC	358	EA	TNC
322	AN	TC	359	M	TC
323	E	TNC	360	AC	TP
324	CO	TC	361	HM	TC
325	AC	TP	362	T	TC
326	T	TC	363	NF	TNC
327	L	TC	364	E	TNC
328	CONV	TNC	365	MR	TNC
329	AN	TC	366	DE	TC
330	M	TC	367	AC	TP
331	CO	TC	368	M	TC
332	MR	TNC	369	V	TNC
333	T	TC	370	T	TC
334	DE	TC	371	AC	TP

PLANILLA DE INGRESO DE DATOS		
N° DE OBSERV.	CUADRILLA	TIPO
372	CO	TC
373	E	TNC
374	HM	TC
375	AC	TP
376	EA	TNC
377	T	TC
378	CR	TP
379	AC	TP
380	DE	TC
381	T	TC
382	E	TNC
383	AC	TP
384	CR	TP

Fuente: Propia

### 3.7.2.2. Utilización de herramientas time – lapse

#### Eficiencia del instrumento en obra

Si bien el análisis de la información no se pudo realizar en tiempo real, tal como hubiera ocurrido de tenerse instaladas cámaras que incluyan el desarrollo de un hardware y software para el control remoto del montaje; se pudo capturar, durante el periodo de tiempo que duraron los trabajos de construcción de la cimentación y fuste (Viga “F” h=1m) imágenes y videos de los procesos desarrollados. Así mismo, mediante una computadora portátil, durante el periodo de descanso (almuerzo) se pudo ir procesando la información en obra.

### 3.7.2.3. Análisis del proceso constructivo a través de la instrumentación en obra

Para la realización de esta investigación, se analizó construcción de la cimentación y fuste (Viga "F" h=1m)



**Fotografía 20:** Cimentación de reservorio y viga F.  
Fuente: Propia

#### 3.7.2.3.1. Identificación de cuadrillas

Por medio de la utilización de la herramienta Time Lapse se pudo identificar la composición de cuadrillas, teniendo en cuenta la siguiente conformación:

- Cuadrilla de encofrado:** El personal se encarga de la habilitación de la madera para encofrado así como de la colocación y retiro de la misma (encofrado y desencofrado)
- Cuadrilla de fierros:** El personal se encuentra distribuido de la siguiente forma:

3 operarios se encargan de la habilitación de acero.

3 ayudantes transportan material al lugar de la colocación del mismo.

4 of. + 4 op (los antes mencionados) se encargan de colocar y armar las estructuras (Mallas de cimentación, fuste, etc)

□ **Cuadrilla de concreto:** En esta parte se observó que el vaciado de concreto se realizó de dos formas:

2 cuadrilla para vaciado de solados:

- 2 operarios
- 5 peones

Por cada una.

1 cuadrilla para vaciado de concreto premezclado

- 1 capataz
- 3 operarios
- 6 peones




Vale hacer la acotación que el personal que trabajó en el vaciado de solado no es el mismo que realizó los trabajos de vaciado de concreto premezclado. Los trabajos de vaciado de solado fueron subcontratados.

### 3.7.2.3.2. Distribución de zonas

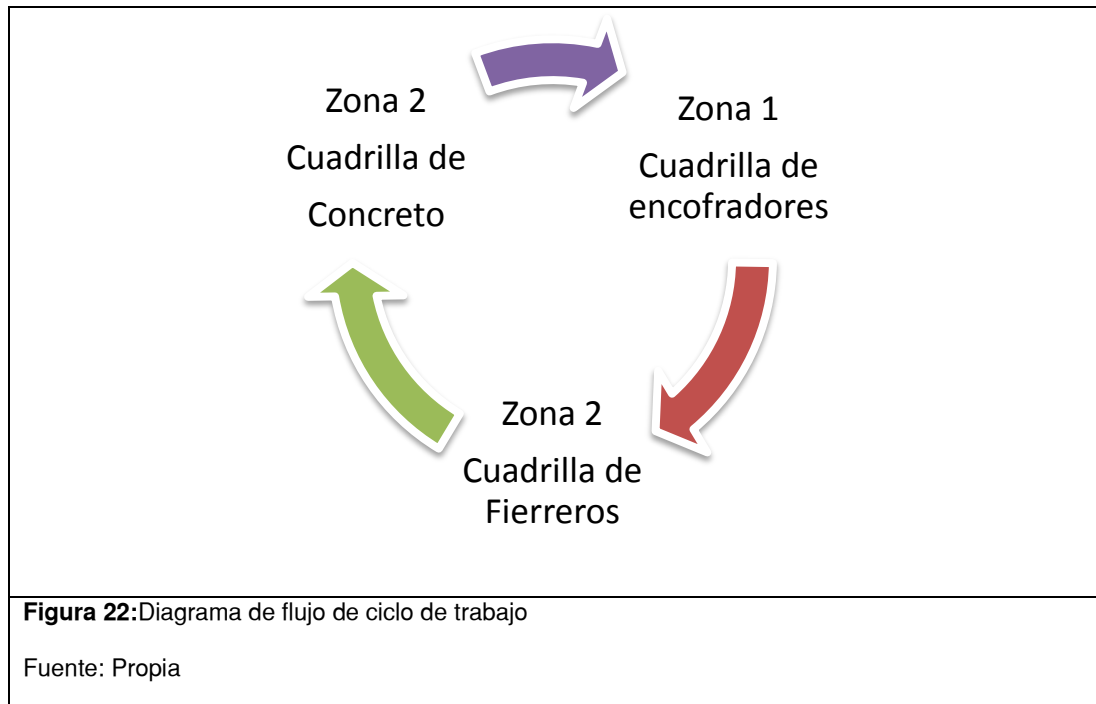


**Figura 21:** Distribución de recursos en obra.

Fuente: Propia

-  ZONA 1
-  ZONA 2
-  ZONA 3

El siguiente diagrama nos muestra el ciclo de trabajo donde se distribuyen los recursos por cuadrillas en las 3 zonas.



De acuerdo con las imágenes mostradas más adelante, este ciclo de trabajo se mantiene a lo largo de los procesos observados. Es decir, la estructura en estudio está caracterizada por la repetición de este ciclo; salvo la etapa de vaciado de solado en el que no fue necesario el empleo de encofrado ni la colocación de acero.

#### 3.7.2.4. Flujos de trabajo

##### Datos adquiridos

Se muestra a continuación algunas tomas fotográficas que intentan reflejar el instante en que se evaluaba el desenvolvimiento del personal en obra.



### Vaciado de Concreto para solado



**Figura 23:** Vaciado de solado en cimentación de reservorio – Posición 1  
Fuente: Propia

En esta instantánea se puede observar claramente:

Trabajos productivos

- 2 Trabajador manipulando las mezcladoras (2)

Trabajos contributorios

- 1 Trabajador llenando material en baldes

Trabajos No contributorios

- 2 trabajadores de pie observando
- 2 trabajadores esperando el llenado de material para abastecer la maquina mezcladora.
- 2 trabajadores trasladándose





**Figura 24.-** Vaciado de solado en cimentación de reservorio – Posición 2  
Fuente: Propia

### **Habilitación y colocación de acero para viga de cimentación y fuste.**



**Figura 25:** Habilitación de acero para viga de cimentación de reservorio  
Fuente: Propia



**Figura 26:** Habilitación de acero para viga de cimentación de reservorio  
Fuente: Propia



**Figura 27:** Encofrado y habilitación de acero para viga de cimentación de reservorio  
Fuente: Propia



### Habilitación de madera para viga de cimentación y fuste.



**Figura 28:** Habilitación paneles para viga de cimentación de reservorio  
Fuente: Propia

### Vaciado de Concreto en viga de cimentación



**Figura 29:** Vaciado de concreto en viga de cimentación de reservorio  
Fuente: Propia

En la instantánea número 29 se aprecian 11 trabajadores realizando las labores de apoyo de vaciado con mixer.

Se puede observar claramente, cómo el personal de habilitación de acero se encuentra observando las acciones de la cuadrilla de concreto, pudiendo anotarse a esta actividad como un trabajo no contributivo.

Trabajos productivos

- 0

Trabajos contributivos

- 4 Trabajadores vibrando concreto.
- 2 Trabajadores arreglando el fierro movido en fuste del reservorio.
- 1 Trabajador desplazando material

Trabajos No contributivos

- 1 trabajadores de pie observando
- 2 trabajadores trasladándose



**Figura 30:** Vaciado de concreto en viga de cimentación de reservorio – Detalle de actividades de 4 trabajadores  
Fuente: Propia

Así mismo, de igual forma ocurre con el personal que se encuentra apoyando en el turno de la noche: 2 operarios trabajan y 2 observan las acciones.

Las descripciones anteriores son un ejemplo de cómo fueron evaluadas las observaciones instantáneas tomadas en campo. El periodo de toma de las muestras fue básicamente durante el tiempo que se realizaron trabajos en la viga de cimentación y en los dos primeros niveles del fuste (1m de altura cada uno).

Estas actividades fueron:

- Vaciado de solado.
- Habilitación de acero para viga y fuste.
- Colocación de acero en viga y fuste
- Habilitación de madera para encofrado de viga y fuste.
- Encofrado de viga de cimentación y fuste.
- Vaciado de concreto en viga de cimentación y primer cuerpo de fuste (h=1m)

Para obtener una muestra representativa se evaluaron las actividades por un periodo de tiempo de 1 semana con una frecuencia de 3 veces al día. El recojo de datos se efectuó diariamente.

### **3.8. Plan de análisis estadístico de datos**

#### **3.8.1. Enfoque cuantitativo**

Estudió y evaluó la información publicada por el Lean Construction Institute, así como diferentes documentos publicados respecto a este tema.

### **3.8.2. Enfoque cuantitativo**

Se utilizó el programa Microsoft office Excel, para ordenar y procesar los datos a fin de poder elaborar tablas y diagramas que demuestran los porcentajes de actividad en obra en el momento de la evaluación.

Para que estadísticamente los datos resulten con una confiabilidad del 95%, se requirió la toma d 384 registros.

### **3.9. Principios éticos**

#### **3.9.1 Ética de la recolección de datos**

La aplicación de los formatos para toma de datos en campo está basada en las pautas indicadas en la NTP 833.931-2005.

El recojo de datos de campo requirió de herramientas simples como wincha y cronometro, los cuales no requieren de mayor calibración.

Las entrevistas a realizadas están orientadas al tema en estudio, sin ambigüedades. Se contó con base teórica actualizada.

#### **3.9.2 Ética de la publicación**

Teniendo la seguridad de que se obtendrán resultados óptimos producto de la investigación planteada, y tomando en cuenta las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

#### **3.9.3 Ética de la aplicación**

La presente investigación busca generar beneficios sociales, económicos y ambientales, dependiendo de quién se da derecho para utilizar los resultados de la investigación.

### **3.9.4. Criterios éticos de profesión**

A continuación se describen algunos capítulos y artículos del Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP). Este código fue aprobado en la III Sesión Ordinaria del Congreso Nacional de Consejos Departamentales del periodo 1998-1999.

#### **CAPÍTULO III**

##### **Sub Capítulo I**

##### **DE LA RELACIÓN CON LA SOCIEDAD**

**Artículo 99.-** Los ingenieros cuidarán que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando su abuso o dispendio, respetarán y harán respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente.

**Artículo 100.-** Los ingenieros ejecutarán todos los actos inherentes a la profesión de acuerdo a las reglas técnicas y científicas procediendo con diligencia; autorizarán planos, documentos o trabajos solo cuando tengan la convicción de que son idóneos y seguros, de acuerdo a las normas de Ingeniería.

**Artículo 103.-** Los ingenieros están obligados a cuidar el territorio de trabajo de la ingeniería peruana y fomentar el desarrollo tecnológico del Perú.

##### **Sub Capítulo II**

##### **DE LA RELACIÓN CON EL PÚBLICO**

**Artículo 106.-** Los ingenieros, al explicar su trabajo, méritos o emitir opiniones sobre temas de ingeniería, actuarán con seriedad y convicción, cuidando de no crear conflictos de intereses, esforzándose por ampliar el conocimiento del público a cerca de la ingeniería y de los servicios que presta a la sociedad.

**Artículo 107.-** Los ingenieros no participarán en la difusión de conceptos falsos, injustos o exagerados acerca de la ingeniería en la actividad pública o privada, de proyectos, productos, métodos o procedimientos relativos a la ingeniería.

### **Sub Capítulo III**

#### **De la competencia y perfeccionamiento de profesional**

**Artículo 109.-** Los ingenieros realizarán trabajos de ingeniería solamente cuando cuenten con estudios o experiencia en el campo específico de la ingeniería de que se trata.

**Artículo 110.-** Los ingenieros podrán aceptar trabajos que requieran estudios o experiencias ajenos a los suyos, siempre que sus servicios se limiten a aquellos aspectos para los cuales están calificados, debiendo los demás ser realizados por asociados, consultores o empleados calificados.

**Artículo 111.-** Los ingenieros autorizarán planos, documentos o trabajos sólo cuando hayan sido elaborados por ellos, o ejecutados bajo su control.



## **Sub Capítulo IV**

### **De la promoción y publicidad**

**Artículo 115.-** Los ingenieros podrán hacer promoción de sus servicios profesionales sólo cuando ella no contenga lenguaje jactancioso o engañoso o en cualquier forma denigrante de la profesión.

En la promoción que realicen los ingenieros se abstendrán de garantizar resultados que por razones técnicas, económicas o sociales sean de imposible o dudoso cumplimiento.

#### **3.9.5. Criterios de rigor científico**

##### **1.- Generalidades**

Mediante la aplicación de las entrevistas se obtendrán respuestas en función al cuestionario, que nos permitirán dar validez externa después de haber sido cotejadas con otras fuentes teóricas.

##### **2.- Fiabilidad**

Todos los estudios a realizar en dicho proyecto, son confiables en la medida en la que nuestra población es real. La obra en estudio a la fecha se viene ejecutando con lo cual es factible la visita a las zonas en las que se realizan los trabajos.

##### **3.- Replicabilidad**

La estructura de las recomendaciones a plantearse intentara tener una estructura tal que pueda ser aplicable a otras obras del mismo tipo (saneamiento)

Así mismo, algunos de los siguientes factores supeditaran en cierta medida los resultados a obtener:

**Factores climáticos:** Lluvia, frío, calor, vientos excesivos, etc.

**Factores económicos:** Elevados costos para su elaboración.

**Factores tecnológicos:** Si se cuenta con los equipos adecuados y herramientas adecuadas (software)

**CAPÍTULO IV:**  
**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### 4. Análisis e interpretación de los resultados

**Tabla 9:**

Nivel general de actividad-Resumen

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD					
Actividad	Descripción	Código	TOTAL	Porcentaje	CLASIFICACION
1	dando o recibiendo instrucciones	I	15	3.9	TC
2	transporte de material	T	38	9.9	TC
3	limpieza	L	15	3.9	TC
4	Encofrado/desencofrado	DE	30	7.8	TC
5	Habilitación de madera p/encofrado	HM	15	3.9	TC
6	viajes	V	45	11.7	TNC
7	mediciones	M	25	6.5	TC
8	colocacion de acero	AC	55	14.3	TP
9	corte de acero	CO	30	7.8	TC
10	vaciado de concreto	CR	33	8.6	TP
11	Descanso	D	62	16.1	TNC
12	colocacion de andamios	AN	21	5.5	TC
			<b>384</b>	<b>100</b>	

Formato: Bukeleje Revilla, Kenny-Tesis PUCP

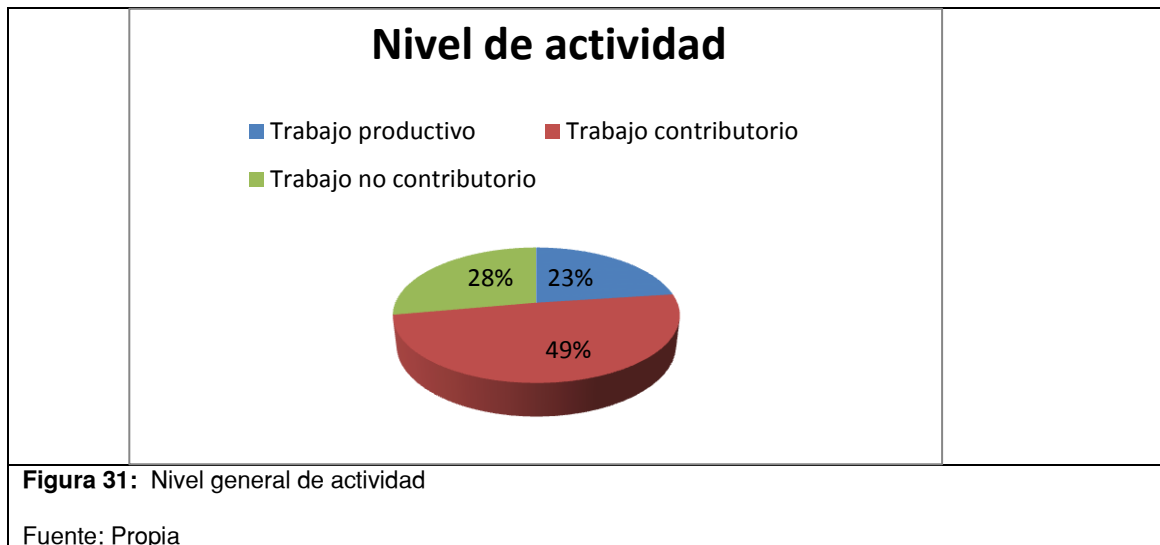
**Tabla 10:**

Nivel general de actividad-Porcentajes

NIVEL DE ACTIVIDAD		
TRABAJO	TOTAL	Virgilio Ghio
Trabajo productivo	22.9	28
Trabajo contributorio	49.2	36
Trabajo no contributorio	27.9	36
	100.0	100

**Fuente:** Tabla comparativa de porcentaje de trabajo en obra y los encontrados por Virgilio Ghio

(“productividad en obras de construcción” de Virgilio Ghio.



De acuerdo a la tabla N°6 mostrada, podemos deducir que en comparación con los niveles de productividad mostrados en proyectos de edificación en la capital, nuestro proyecto tiene un alto índice de aporte de trabajo contributorio, que si bien es positivo que sea mayor que el trabajo no contributorio, es preocupante que se encuentre por encima doble del trabajo productivo que se ha podido evaluar.

#### **4.1. Observaciones importantes respecto al muestreo del trabajo**

Con relación al ítem N°11 de la tabla 5: Nivel general de actividad, la denominación de descanso corresponde a 5 actividades que a continuación listaremos:

- ✓ Conversar
- ✓ Hablar por teléfono
- ✓ Esperar
- ✓ Tomar agua
- ✓ Mirar

## TRABAJO NO CONTRIBUTORIO

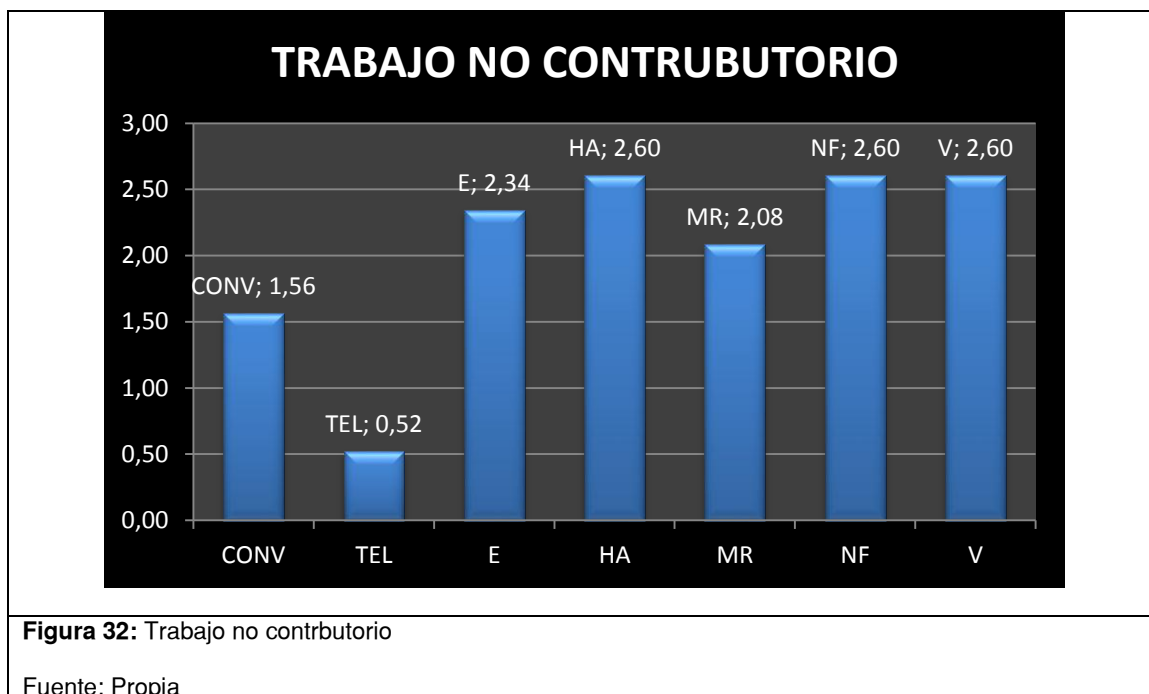
A continuación se puede observar el porcentaje de incidencias según el desglose del ítem “Descanso” dentro de los trabajos no contributivos.

**Tabla 11:**

Trabajo no contributorio.

Actividad	Código	Porcentaje
conversando	CONV	3.13
hablando por teléfono	TEL	0.52
esperando	E	4.43
echándose agua	HA	2.60
mirando	MR	2.60
Necesidades fisiológicas	NF	2.60
viajes	V	11.72

Fuente: Propia



El ítem N°6 (También de la tabla 5): “Viajes”, corresponde al “Trabajo No Contributorio”; se observó desplazamientos de los trabajadores por el interior

de la obra sin transportar ninguna herramienta o material en sus manos ejemplos: viajes al baño, para encontrarse con capataz, para hablar con otro operario, etc.).

En el caso del sub ítem “esperas” considerado dentro del ítem N°11 “Descanso” se detectó que la mayor parte del tiempo empleado en esta actividad fue durante el periodo de vaciado del concreto en el solado, puesto que este se realizó con concreto preparado en obra. Aquí también se observó que gran parte de la mano de obra no calificada se quedaba a la espera de la llegada de material (piedra y arena), que llegaron a tardar hasta 2 horas. En el caso del vaciado con concreto premezclado, también hubo demoras por parte del proveedor que abastecía este material, por lo cual se pudo observar operarios mirando el trabajo que otros hacían.

Respecto del subítem “Necesidades Fisiológicas” correspondiente también al “Trabajo No Contributorio”, cabe aclarar solo se ha considerado la permanencia de los trabajadores en el interior del baño.

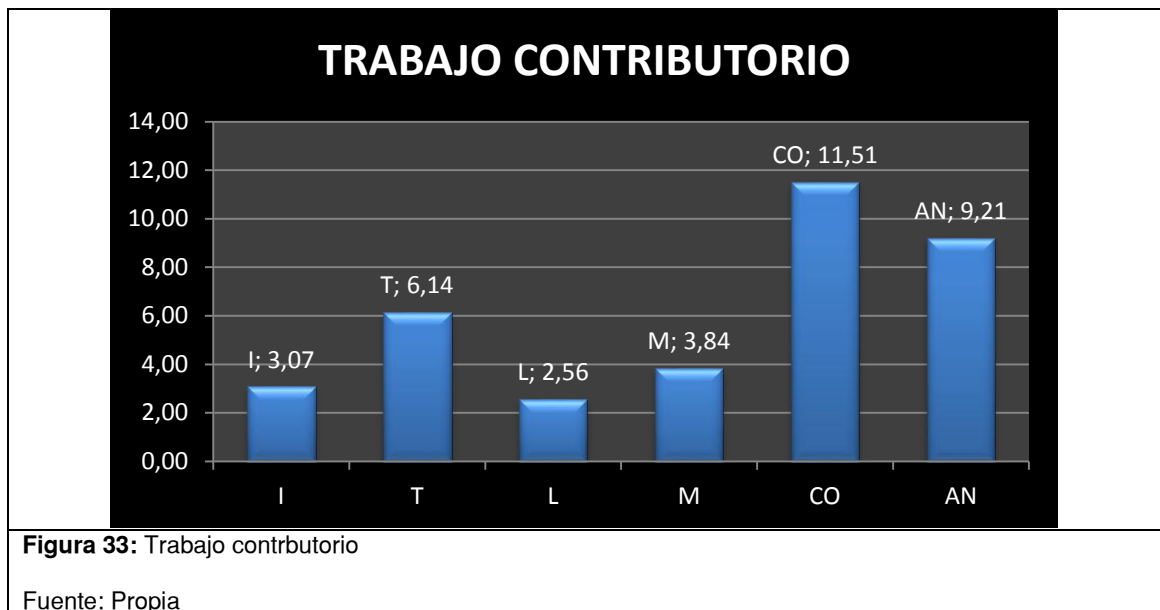
### TRABAJO CONTRIBUTORIO

**Tabla 12:**

Trabajo contributorio.

Actividad	Código	Porcentaje
dando o recibiendo instrucciones	I	3.13
transporte de material	T	0.52
limpieza	L	7.03
mediciones	M	2.60
corte de acero	CO	2.60
colocación de andamios	AN	11.72

Fuente: Propia



En la obra en estudio se ha definido como “Transporte materiales” al traslado de fierro desde el lugar de descarga (interior del área cercada donde se desarrolla la obra reservorio elevado) hasta el lugar de acopio (Área de trabajo de los ferreros), y al traslado de armaduras desde éste último, la ubicación requerida en el fondo de la cimentación y el fuste. Se considera adecuada la ubicación de la zona de acopio, ya que está muy cerca del punto donde se realizan trabajos de habilitación de acero, así como para la instalación del mismo en la estructura.



**CAPÍTULO V:**  
**PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

## PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### 5.1. Plan de trabajo

Considerando la gran cantidad de tareas diferentes que se realizan en los proyectos, se seleccionó aquellas más complejas, costosas o más consumidoras de recursos.

Por consiguiente se propuso comenzar evaluando las actividades de:

- Habilitación de acero
- Encofrado/desencofrado con madera.
- Vaciado de concreto in situ y premezclado.

En función de las actividades relevadas como resultado del muestreo del trabajo, tanto contributorias como no contributorias, se propusieron medidas para minimizar los efectos de las pérdidas en obra, disminuir los trabajos no productivos y las detenciones o esperas, que se han considerado pueden ser controladas.

A continuación un listado de las mismas

- Considerar una mejor coordinación con los proveedores de materiales, a fin de evitar tiempos improductivos de personal y equipos.
- Planificar en forma realista las tareas, a fin de solicitar solo el personal que efectivamente desempeñará trabajos dentro de la obra.
- Elaborar por parte del ingeniero encargado del frente, en coordinación con el capataz del área, un “Inventario de Trabajos Ejecutables”, el cual contendrá todas aquellas actividades que no tienen restricciones y que su desarrollo aportará avance a la obra.

- Evaluar la posibilidad de abastecer de líquido por medio de bebederos o dispensadores a los trabajadores, a fin de evitar que estos se movilicen fuera de la obra para adquirir bebidas y para evitar también la aparición de basura o desechos.
- De no darse la propuesta anterior, Implementar contenedores de basura o escombros en cada sector o nivel de trabajo para concentrar las actividades de limpieza.
- Definir sectores específicos para acopio de materiales cercano a los lugares de trabajo.
- Mejorar el control sobre aquellas tareas definidas como críticas.
- Premiar la productividad.
- Plantear “tareas” a ejecutar y terminar por día o semana.

Cabe anotar que algunas de las propuestas anteriores citadas son basadas en un estudio realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de UNCuyo – Mendoza, Argentina.

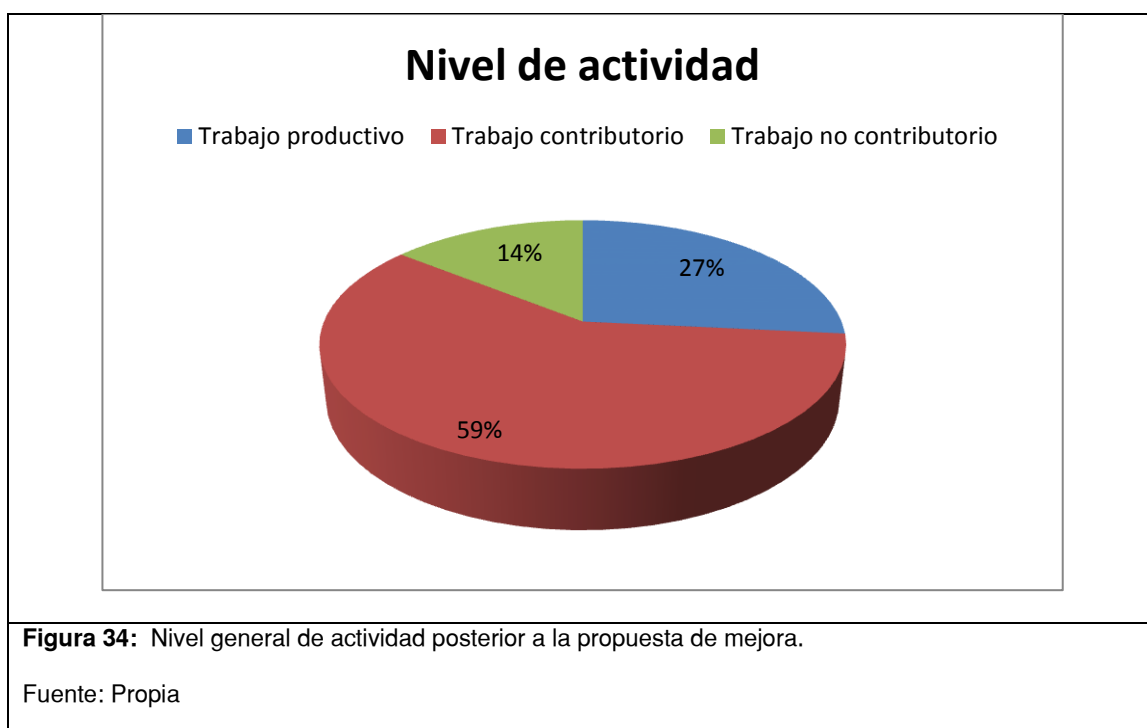
- Así mismo, con el propósito de demostrar que luego de la aplicación de la propuesta anterior se podían obtener resultados positivos, se propuso al ingeniero encargado del frente la reorganización y estandarización de los procesos estudiados a fin de evaluar nuevamente el nivel de actividad en obra, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 13:**

Nivel general de actividad-optimizado

NIVEL DE ACTIVIDAD		
TRABAJO	TOTAL	Virgilio Ghio
Trabajo productivo	26.56	28
Trabajo contributorio	59.11	36
Trabajo no contributorio	14.32	36
	100.00	100

Fuente: Propia



. Como se puede apreciar, en nuestro gráfico de nivel de actividad, el trabajo productivo se incrementó en 4%. Este valor, aunque no logra ser el obtenido por Virgilio Ghio, en su estudio de productividad, es un porcentaje importante considerando el hecho de que las mejoras propuestas fueron implementadas progresivamente en un periodo de 3 semanas. Si bien se logró disminuir el porcentaje de trabajo no contributorio, se deben continuar implementando en un 100% las propuestas en obra a fin de que se puedan obtener mejores resultados de optimización.

**CAPÍTULO VI:**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 6.1. Conclusiones

1. Se puede mejorar la productividad de las actividades aplicando diferentes recomendaciones y herramientas definidas por la filosofía Lean.
2. Es necesario medir en forma continua en nivel de actividad de las estructuras que conforman proyectos de saneamiento, ya que la filosofía Lean, en su versión de Lean Construction, presenta esta opción como herramienta útil para el estudio de la productividad.
3. Es necesario conocer los procesos involucrados para poder analizar las actividades que participan dentro de estos.
4. Se debe definir bien las actividades a estudiar, teniendo siempre en cuenta su incidencia. Se deberá identificar muy bien al personal que está participando de las actividades a fin de poder determinar quienes participan de los trabajos que aportan o no valor y tomar las medidas necesarias a fin de organizar una cuadrilla más equilibrada.
5. Según lo investigado, es necesario contar con un número representativo de mediciones a fin de hacer confiable los resultados obtenidos. Para esto se debe tener en cuenta lo propuesto por Serpell (1993) donde valida que el número mínimo de mediciones puntuales para obtener resultados estadísticamente válidos son 384 (95% de confiabilidad)

6. La ventaja que presentó la metodología empleada es que se pudo evaluar de forma diaria y objetivamente los procesos que se desarrollaron durante el estudio desarrollado. Así mismo la herramienta Time-Lapse, es una buena opción si el personal que se encuentra dedicado al control de las actividades es limitado, ya que permite cubrir una zona extensa de trabajo, además que permite corroborar, en el caso de existir duda, el desarrollo de los procesos y el control de los participantes.
7. El hecho de no haberse documentado respecto a los antecedentes de las estructuras existentes en campo hizo que se generara un adicional de obra, el cual fue detallado en el primer capítulo. La aparición de estos vicios ocultos podría evitarse si se trabaja, en todo momento, los niveles de planificación y coordinación, tal como se describe en el marco teórico.
8. Si bien la herramienta más difundida por Lean Construction es el sistema de planificación last planer, esta no es la única forma de conocer el estado del desarrollo de los procesos en obra. Tal como se apreció, con el uso de dos cámaras digitales y la constante retroalimentación, se pudieron observar las deficiencias que existían en obra y las sobreestimaciones del presupuesto.

## 6.2. Recomendaciones

- Para poder analizar las causas del no cumplimiento de una determinada actividad, es necesario la retroalimentación y el mejoramiento continuo, pues en el análisis de ellas se encuentra la capacidad de no volver a cometer errores.
- La estimación correcta de la productividad es probablemente la más importante decisión para el ingeniero. Si las cantidades físicas no han sido estimadas correctamente, estas pueden ser corregidas en un redimensionamiento. Si el número de personas reclutadas es insuficiente, es fácil hacer una rectificación; pero alterando las tasas significativamente en una etapa posterior, implica el convencer al personal de realizar más trabajo por el mismo dinero, lo cual puede ser muy difícil y no contribuye al éxito en un proyecto que depende de la mano de obra, lo cual perjudicará de manera sustancial al contratista. Análogamente, y enfocándonos desde el punto de vista del cliente, éste no puede ser perjudicado por causa de una mala estimación de recursos. En nuestro caso, significa la sobrevaluación de algunas actividades, por cual se recomienda a los proyectistas utilizar este tipo de métodos para evaluar el rendimiento real en las diferentes estructuras a fin de asignar valores reales de obra y no perjudicar al cliente, que en nuestro caso fue la Municipalidad Provincial de Paita.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alarcón, L. F. (1993). Modeling Waste and Performance in Construction. Presented on the 1st workshop on Lean Construction, Espoo, Finland, August 1993.
- Botero, L. (2004). *Guía de Mejoramiento Continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento)*. Revista Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
- Cantu A, Moreno J, Gallina M. y Garcia G, (2009) *Productividad Real en obras civiles-Análisis de un caso. Facultad de Ingeniería, UNCuyo. Centro Universitario (5500) Mendoza- Argetina*.
- Casanova, Fernando (2002) *Formación profesional, productividad y trabajo decente* Boletín nº153 Cinterfor Montevideo.
- Contreras S., Javier (2012) *Aplicación de la herramienta TIME-LAPSE para la identificación y reducción de pérdidas en edificaciones con estructura en concreto*. Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.-Colombia.
- El Comercio (2013) *Obras de saneamiento inconclusas en siete regiones costaron más de S/.104 mlls*. Recuperado de <http://elcomercio.pe/peru/lima/obras-saneamiento-inconclusas-siete-regiones-costaron-mas-104-mlls-noticia-1632792>
- Gabillo, S. Mejía F. (2014) *Optimización de la eficiencia de los procesos constructivos en las partidas de encofrado de vigas y acero de*

*vigas mediante la aplicación de herramientas de gestión de procesos: Cartas de balance y líneas de balance, bajo el enfoque Lean, para optimizar la mano de obra en el centro comercial "PASO 28 DE JULIO" en la ciudad de Lima. Lima: Tesis Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.*

Ghio. V., *Productividad en obras de construcción. Lima-Perú.*

Hammer, M and Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution.* London, Inglaterra.

Koskela, L. (1992) "Application of the New Production Philosophy to Construction". Technical Report No. 72, Stanford, CIFE Universidad de Stanford

López, F. *El análisis de contenido como método de investigación.*  
Recuperado

de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:SA9V0KuSfpYJ:uhu.es/publicaciones/ojs/index.php/xxi/article/viewFile/610/932+&cd=1&hl=es419&ct=clnk&gl=pe>

Luengas Zúñiga, C. (2011) *Implementación y seguimiento de la metodología LEAN CONSTRUCTION a las actividades constructivas de la obra Metropolitan Business Park en la empresa Marval S.A.* Tesis Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga, Colombia.

Morales, N.S. y Galeas J.C (2006). *Diagnostico y evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el*

- nivel de productividad en obras de construcción.* Tesis de título Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Lima, Perú.
- OIT/ASIST (2003) *Documento: Tasas de productividad para la construcción basada en mano de obra. Oficina Subregional para los países andinos.* Lima-Perú
- Project Management Instituto (2014). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge.* En Project Management Institute (Ed). Estados Unidos de América.
- Radio Programas del Perú (2014) *Capeco: Sector construcción crecerá más de 10% este año.* Recuperado de [http://www.rpp.com.pe/2014-04-11-capeco-sector-construccion-crecera-mas-de-10-este-ano-noticia\\_683876.html](http://www.rpp.com.pe/2014-04-11-capeco-sector-construccion-crecera-mas-de-10-este-ano-noticia_683876.html)
- Morillo Santa Cruz, T y Lozano Vargas M., (2007) *Estudio de la productividad en una obra de edificación.* Tesis Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Serpell, A. Y Verbal R. (1990). *Análisis de operaciones mediante cartas de balance.* Revista Ingeniería de Construcción, N°9. Santiago, Chile.
- Souza, R. (1994). *Sistemas de gestión de calidad para las empresas constructoras.* Recuperado de [http://www.academia.edu/2606017/Indicadores de Productividad y Calidad en Edificaciones.](http://www.academia.edu/2606017/Indicadores_de_Productividad_y_Calidad_en_Edificaciones)

Veliz Flores, J. (2014) *El Planeamiento mediante la Lookahead Schedule*.

Recuperada de <http://blog.pucp.edu.pe/item/11597/el-planeamiento-mediante-la-lookahead-schedule>

Womack & Jones. (1996). *Lean Thinking*. New York, United States

Zapata, P. *Control de Costos de una Operación Minera Mediante el Método de "Resultado Operativo"*. Tesis digital de título UNMSM.

Lima, Perú