

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PLANIFICACIÓN DE CORTO PLAZO Y LA PRODUCTIVIDAD DE FACTORES EN
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**

Autor: Rubén Darío Guevara Aranda

Tutor: PhD. Tito Castillo

Riobamba – Ecuador

Año 2019

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “PLANIFICACIÓN DE CORTO PLAZO Y LA PRODUCTIVIDAD DE FACTORES EN CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS” presentado por: el señor **Rubén Darío Guevara Aranda** y dirigida por: el **Ing. Tito Castillo**. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Tito Castillo

Director del proyecto



Firma

Ing. Carlos Saldaña

Miembro del Tribunal



Firma

Ing. Ángel Paredes

Miembro del Tribunal

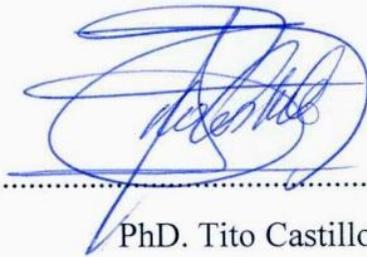


Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Tito Castillo**, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “PLANIFICACIÓN DE CORTO PLAZO Y LA PRODUCTIVIDAD DE FACTORES EN CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigado, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al señor **Rubén Darío Guevara Aranda** para que se presente ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

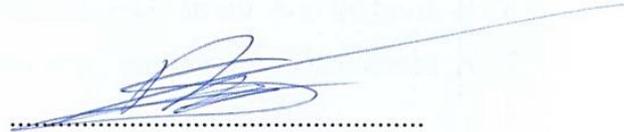
Atentamente,



PhD. Tito Castillo
TUTOR DE TESIS

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación corresponde exclusivamente al señor Rubén Darío Guevara Aranda e Ing. Tito Castillo; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Rubén Darío Guevara Aranda

C.I. 060357785-9

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y mis hermanos por guiarme, darme fuerzas y nunca dejarme solo en el transcurso de toda mi vida. De igual manera a mi tía Ninfa Aranda ya que fue un pilar fundamental en mi camino por la universidad.

Al ingeniero Giovanni Escorza que con sus enseñanzas y experiencias supo motivarme en la culminación de esta carrera. A todos los docentes que supieron transmitir sus conocimientos. A mis amigos por cada palabra de apoyo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis abuelitos, padres y hermanos, que supieron apoyarme anímicamente como económicamente sin ellos no podría haber culminado esta profesión. A mi hermana Sandra que me brinda la oportunidad de ser tío de la mejor sobrinita Victoria Sofía, y que le sirva de motivación este trabajo para que cumpla todo lo que se proponga en su vida.

A mis amigos que estuvieron en todo este tiempo.

CONTENIDO

RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos.....	3
3. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1 Last Planner System.....	4
3.2 Productividad.....	7
3.3 Tipos de productividad en la construcción.....	8
3.4 Productividad total de los factores.....	8
4. METODOLOGÍA.....	11
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	25
6.1 Conclusiones.....	25
6.2 Recomendaciones.....	26
7. BIBLIOGRAFÍA.....	27
8. ANEXOS.....	32
8.1 Anexos de la implementación LPS.....	32
8.2 Planificación intermedia.....	32
8.3 Planificación semanal.....	33
8.4 Causas del no cumplimiento.....	33
8.5 Tablero de actividades.....	33
8.6 Modelo de Planilla Semanal.....	34
8.7 Inversión por semana.....	34
8.8 Factores de producción.....	35
8.9 Productividad Total de los Factores.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de planificación Last Planner	6
Figura 2: Esquema de metodología.....	11
Figura 3: Tendencia de PPC.....	15
Figura 4: Causas de no cumplimiento	16
Figura 5: Productividad de mano de obra	17
Figura 6: Productividad de equipos y maquinaria	18
Figura 7: Productividad de materiales	19
Figura 8: Tendencia de PTF.....	20
Figura 9: Tendencia de PTF-PPC	22
Figura 10: Correlación entre PTF-PPC.....	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Productividad de Mano de Obra	17
Tabla 2: Productividad de Equipos y Maquinaria.....	18
Tabla 3: Productividad de Materiales.	19
Tabla 4: Productividad Total de los Factores.....	20
Tabla 5: Test de Correlación de Spearman	23

RESUMEN

La filosofía *Lean Construction*, en la construcción se ha ido implementando más y más en las obras de ingeniería civil, observando su mejoramiento en la productividad y la calidad al utilizar LPS. La utilización LPS tiende a mejorar los plazos de entrega del proyecto por los compromisos que se realiza con los actores principales a fin de motivar el cumplimiento de las tareas a ejecutarse.

Varios motivos son por lo cual no se podrá completar una tarea en la construcción del proyecto, analizando las causas y así posteriormente ir mejorando la productividad, este es el fin de la utilización LPS mejora continua en base al seguimiento de los compromisos realizados jerárquicamente por las partes actuantes como son la administración, organización, dirección, coordinación y control.

La productividad es la eficiencia con que son administrados los recursos para poder realizar dicha actividad. En la construcción existen varios factores que ayudan a la mejora de la productividad en caso será la mano de obra, materiales y equipos.

Este documento tiene como fin aplicar el planificador de corto plazo y a su vez identificar los factores que conllevan a una empresa constructora generar mayor rentabilidad económica en la construcción de viviendas. Para poder realizar este estudio se facilitará la toma de datos en la construcción de viviendas en la empresa de la localidad.

Palabras clave: lean SUP, productividad, eficiencia.

ABSTRACT

The Lean Construction philosophy, in construction, has been implemented more and more in civil engineering works, observing its improvement in productivity and quality by using LPS. The use of LPS tends to improve the projects delivery times due to the commitments made with the main actors to motivate the fulfillment of the tasks are executing.

There are several reasons why it will not be possible completing a task in the construction of the project. Analyzing the causes and improving productivity. The purpose of the use of LPS continuous improvement based on the monitoring of the commitments made hierarchically by the acting parties such as administration, organization, management, coordination, and control.

Productivity is the efficiency with which the resources are administered to be able to carry out this activity. In construction, several factors help improve productivity in case it will be labor, materials, and equipment.

This document aims to apply the short-term planner and in turn, identify the factors that lead to a construction company generate higher economic returns in housing construction. To be able to carry out this study, it will facilitate the taking of data in the building of houses in the company of the locality.

Keywords: LPS lean, productivity, efficiency.



SIGNATURE

Reviewed by: Maldonado, Ana
Language Center Teacher



1. INTRODUCCIÓN

En la construcción de viviendas, se han ido desarrollando métodos, normas, herramientas y filosofías para poder mejorar la ejecución del proyecto. Una de las filosofías que ha obtenido gran auge debido a los resultados positivos en otros países, es Lean Construction, una de las herramientas con las que cuenta la filosofía Lean Construction es el Last Planner System (LPS), sistema que se ha ejecutado con gran éxito en Estados Unidos y en menor medida en otros países americanos como Chile, Brasil y Perú; en Europa son destacables los esfuerzos realizados en Reino Unido, Dinamarca, Alemania y Portugal (Rodriguez, Alarcon, & Pellicer, 2011).

Esta herramienta se ha usado en empresas de todos los tamaños y de diversa tipología como es: en viviendas (Fiallo & Revelo, 2002) , edificios (Encalada & Poveda, 2012), puentes (Carrilo & Plaza, 2017), obras viales (Parra, 2019), es posible afirmar, con datos, el éxito de la aplicación de esta herramienta en todos ellos (Alpízar, 2017; Lledó Pardo & Cerveró Romero, 2018).

Investigaciones señalan que la adopción de esta filosofía genera mejoras como son la reducción de la variabilidad, protección del trabajo ejecutable, optimización de los flujos de trabajo, mejora la identificación de pérdidas, mejoramiento continuo en las tasas de producción y productividad (Ignacio & Crua, 2017).

La productividad está asociada a un proceso 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 terminado (Ayala Vilela & Temoche Rosillo, 2017; González, 2015). Para tener una estimación de medida de la productividad varios autores se enfocan en la productividad de mano de obra (Ayala Vilela & Temoche Rosillo, 2017; L. Botero & Álvarez, 2012; Criollo, 2018; Gómez & Bocanegra, 2015; Mora Valverde, 2012).

En la construcción de viviendas implementado LPS ha dado como resultado una mejora en su Porcentaje de Actividades Cumplidas (PAC). Por ejemplo Fiallo & Revelo (2002), que recalca en su primera semana tiene un porcentaje de PAC de un 41% y en su quinta semana de ejecución de LPS llega a un 91% , teniendo como resultado en todo el proyecto una estandarización del 62% , así mismo Ocampo (2011) y González (2015) que en base a resultados de mano de obra, se logra incrementar la productividad en la mejora de cuadrillas.

Hay dos tipos principales de medición de la productividad. La productividad de un solo factor expresa el producto como una función de una sola entrada, como la mano de obra. El PTF o la productividad total de los factores expresa el producto como una función de entradas múltiples (por ejemplo, mano de obra, equipo, materiales), de insumos, de procesos y de contexto (Arcudia, Solís, & Baeza, 2004; González, 2015; Vereen, Asce, Rasdorf, Asce, & Hummer, 2016).

En proyectos de vivienda LPS se enfoca en las mejoras de mano de mano de obra, teniendo poco estudio en varios factores que afectan a la productividad. Es por eso que al aplicar LPS y medir la productividad total de los factores (PTF) es de vital importancia, ya que se dará a conocer si existe relación entre sí.

El enfoque de esta investigación fue la influencia de la aplicación de LPS en la productividad total de los factores en la construcción de viviendas.

El beneficio de esta investigación tendrá efecto en sujetos que se dediquen a la construcción especialmente a la de viviendas, ya que se tendrá una estimación más real en costos de los factores de producción que influyen directamente a la construcción cuando se aplica LPS.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Establecer como la planificación de corto plazo influye en la productividad total de los factores en la construcción de viviendas.

2.2 Específicos

Implementar planificación de corto plazo en la construcción de viviendas.

Medir la productividad total de factores en la construcción de viviendas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Last Planner System

Una de las herramientas desarrolladas por Ballard y Howell es el último planificador. Según afirma Fernando, Botero, Eugenia, & Villa (2005) presenta cambios fundamentales en la manera como los proyectos son planificados y controlados.

El Último Planificador es un sistema de planificación y control de la producción que está diseñado para generar un flujo de trabajo predecible en lo que respecta a la programación, diseño y construcción de proyectos dentro de la filosofía Sin Pérdidas (“Lean”) inspirada en el sistema de producción Toyota (Encalada & Poveda, 2012).

Para aplicar este método de planificación se regirá algunos principios (Despradel et al., 2011) los cuales son identificar el valor del proyecto, programar el flujo de valores, simplificar pasos y etapas, implementar la entrega por demanda, buscar la perfección y el desarrollo continuo, reducir la variabilidad, reducir tiempos de ciclo, incrementar la flexibilidad, incrementar la transparencia, otorgar decisión y poder a los trabajadores, Benchmarking(modelo del éxito).

Según Sanchis (2013) LPS pretende llevar los objetivos generales de proyecto a la realidad del día a día, transformando las ideas generales a programas reales subdividiendo la programación por ámbito y zonas aplicando herramientas de programación en cascada. Esta programación en cascada se organiza en tres niveles: programación a largo plazo (Main Program), a medio plazo (Loohahead Program) y programación a corto o Weekly Work Plan.

La planificación a gran escala es decir el plan maestro que es una etapa de LPS, vuelve más manejable exponer los paquetes de trabajo en términos de fases, identificando en ellas los hitos más importantes, también llamados acontecimientos clave, que incluyen el inicio y fin de la

fase, junto con los hitos intermedios más relevantes (de ser el caso). A nivel de programas de fase exponerlos como actividades, a nivel de preparación de los trabajos como operaciones y a nivel de planes de producción diarios o semanales como tareas (Coronel, 2010).

La planificación lookahead este es el segundo a nivel de jerarquía en la planificación, que antecede a la planificación por compromiso que genera el plan de trabajo semanal. La planificación intermedia en el cual se realiza las asignaciones liberadas y de restricciones para así poder programarse semanalmente. Esta planificación tiene un intervalo de 4 a 6 semanas, donde se sondean las actividades a más detalle, para determinar subtareas que se entiende como prerequisites de trabajo. Definidas las actividades son preparadas donde las restricciones son eliminadas dejando la actividad lista para ser ejecutada(L. Botero & Álvarez, 2005).

Para esta planificación se requieren realizar procesos específicos los cuales son:

- Definición de actividades.
- Análisis de restricciones.
- Arrastrar el trabajo desde las unidades de producción superiores.
- Balancear la carga con la capacidad.

La planificación semanal es el tercer nivel de jerarquía, es seleccionar las tareas que tengan mayor prioridad con una secuencia lógica de trabajo y constructabilidad, así como también la definición exacta de trabajo por realizar y que puede hacerse, es decir, la garantía de que todos los prerequisites se han ejecutado y que se cuenta con recursos disponibles para tal cumplimiento de la actividad programada como lo redacta (L. Botero & Álvarez, 2005) en su artículo.

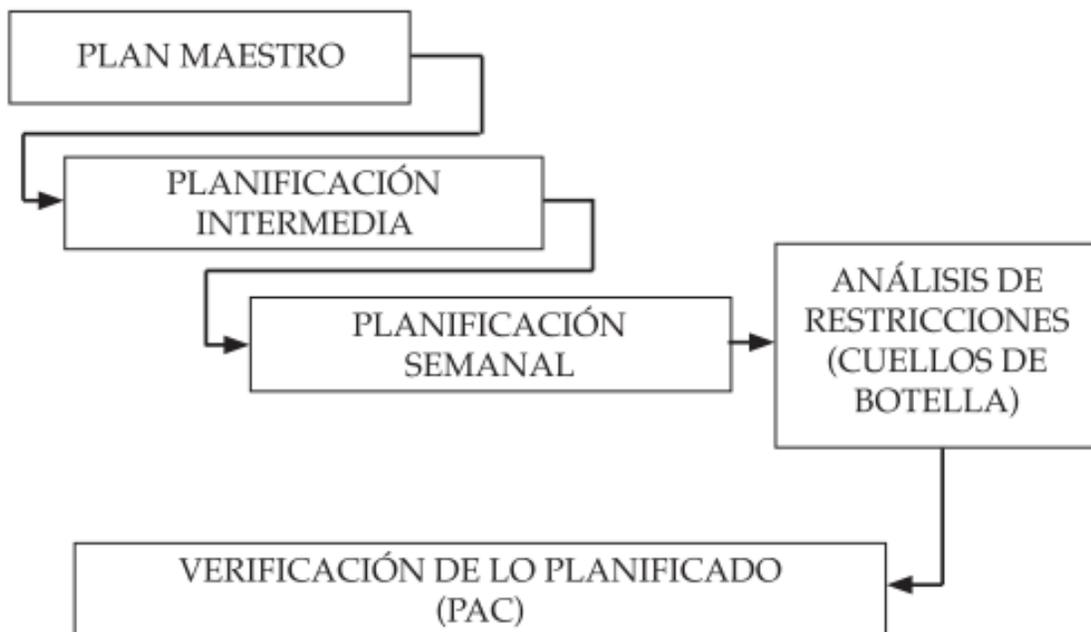


Figura 1: Proceso de planificación Last Planner

Tomado de:(L. Botero & Álvarez, 2005)

La medición de la efectividad de la planificación se proyecta usando un indicador que es el PPC (Porcentaje de Planificación Cumplida) que se obtiene de como la razón entre el número de asignaciones completadas y las planificadas. De la misma manera siempre es bueno aprender de los errores afirma Eduardo & Quirola, (2011) que LPS siempre va a tener una incertidumbre, a veces no se va a cumplir la totalidad de las tareas planificadas y que van a existir causas para el no cumplimiento de alguna actividad, LPS también mide las causas de no cumplimiento(C.N.C) las mismas que ayudaran para poder realizar los correctivos necesarios para obtener una mejora continua.

La aplicación de LPS es una lista de verificación, en donde existen 15 pasos de planificación y control, que se aplico en algunas empresas del Brasil que se detallan a continuación: 1)La formalización del proceso de planificación y control, 2)La estandarización de las reuniones de planificación a corto plazo, 3)El uso de dispositivos visuales para difundir

información en el sitio de construcción, 4)Las acciones correctivas basadas en las causas que no son terminaciones de planes, 5)Análisis crítico de datos, 6)Correcta definición de los paquetes de trabajo, 7)La actualización sistemática del plan maestro, cuando sea necesario, 8)Normalización de la planificación a mediano plazo, 9)La inclusión de los paquetes de trabajo sólo y sin limitaciones en los planes a corto plazo, 10)Participación de los representantes en la toma de decisiones en las reuniones de planificación a corto plazo, 11)La planificación y el control de los flujos físicos, 12)El uso de indicadores para el programa de logro, 13)La eliminación sistemática de las limitaciones, 14)Uso de un plan maestro transparente y fácil de entender, 15)Programación de un back-log de tareas,(Viana & Formoso, 2010).

La aplicación de LPS en varios proyectos de construcción mejora notoriamente la planificación y por ende su producción, teniendo presente, todas las causas posibles y así mejorar para tener una mayor productividad, (Alarcón, 2002; L. F. B. Botero & Villa, 2012; Fernández Effio, 2018; Fiallo & Revelo, 2002; González, 2015; Mejía Aguilar & Hernández, 2008; Soto Bogado & Untiveros León, 2018).

Así mismo un buen desempeño del indicador PPC está por encima del 80% y un desempeño pobre está por debajo del 60% al aplicar LPS,(Howell, 2002).

3.2 Productividad

Una definición de productividad según Mila & Díaz (2014) es realizar más actividades con la misma cantidad de recursos, o hacer lo mismo con menos capital o recursos físicos.

Botero & Villa, (2012) definen a la productividad en la construcción como la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.

Por otra parte, se indica que productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello y se puede expresar de la siguiente manera (Mora Valverde, 2012).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{cantidad producida}}{\text{recursos empleados}}$$

El logro de la productividad involucra entonces la eficiencia y la efectividad, ya que no tiene sentido producir una cantidad de obra si esta presenta problemas de calidad (L. Botero & Álvarez, 2012)

3.3 Tipos de productividad en la construcción

Como productividad se da entender como los productos, casas o servicios y como recursos son los valores económicos que da la mano de obra, maquinaria, equipo, materiales, entre otros. En la construcción existe diferentes tipos de productividad entre ellos se detalla:

- Productividad de la mano de obra (cantidades colocadas/horas hombre).
- Productividad de los materiales (unidad de obra/cantidad).
- Productividad de los equipos o maquinaria (unidades/hrs. trabajadas).(González, 2015).

3.4 Productividad total de los factores.

Según Mora Valverde (2012) ,debido a un gran número de problemas que se puede encontrar en un proyecto constructivo, es necesario realizar los correctivos necesarios para mejorar la productividad .

De modo general, la productividad se refiere a lo que genera el trabajo, la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo expresa (Allmon, Haas, Borcharding, & Goodrum, 2000).

La productividad total de los factores (PTF) ha sido ampliamente aceptada como un mejor indicador de productividad. Así mismo Chau (2016), indica un método para poder medir la PTF es a partir de costos en la construcción, dado que los que los datos de costos y precios de la construcción generalmente están más disponibles en la mayoría de los países.

Ayala Vilela & Temoche Rosillo (2017), proponen cuantificar la productividad total de los factores (PTF), como es el costo de materiales, mano de obra y equipos ,invertidos para realizar una determinada unidad de producción se utiliza la siguiente ecuación.

$$PTF = \frac{\text{Costo}(\text{MAT} + \text{MO} + \text{EQ}) \$}{\text{Producción \$}}$$

PTF: Productividad Total de los Factores.

Costo (MO): Gasto generado por la mano de obra.

Costo (EQ): Gasto generado por equipos.

Costo (MAT): Gasto generado por materiales.

Producción: Ganancia obtenida.

Muchos de los factores que afectan a la productividad están relacionados directamente con el recurso humano, no en todos los casos se brinda la importancia que merece, teniendo en cuenta que la mano de obra es un componente fundamental del proceso según Gómez & Bocanegra, (2015).

Lowe (2006), indica que la productividad total de los factores se deben juzgar en varios enfoques, “debido a problemas de medición y disponibilidad de datos, el análisis de los factores que afectan la productividad de la industria de la construcción requiere la identificación de factores potenciales a través de observaciones empíricas y deducciones teóricas, se identifica cuatro factores principales, los materiales, mano de obra, gastos generales, maquinaria y equipo”

(Parra, 2019), es por eso que bajo ciertas circunstancias se puede proporcionar una medida alternativa adecuada para la medición de PTF.

La obtención de resultados a través del método estadístico de Spearman, que es una técnica no paramétrica, que se aplica a aquellos estudios en los que no se cumple con los supuestos de normalidad en los datos y es muy útil en las muestras pequeñas, a través de la comparación de rangos en grupos de sujetos. Este coeficiente es muy útil cuando el número de pares de sujetos (n) que se desea asociar es menor a 30, y permite saber si hay relación entre las variables, cuan es su dirección y que tan fuerte es dicha relación. El coeficiente de correlación de rangos de Spearman puede puntuar desde -1.0 hasta +1.0, y se interpreta así: los valores cercanos a +1.0, indican que existe una fuerte asociación entre las clasificaciones, o sea que a medida que aumenta un rango el otro también aumenta; los valores cercanos a -1.0 señalan que hay una fuerte asociación negativa entre las clasificaciones, es decir que, al aumentar un rango, el otro decrece. Cuando el valor es 0.0, no hay correlación (Mondragón Barrera, 2014).

4. METODOLOGÍA

En esta investigación se aplicó el proceso que se muestra en el siguiente esquema.

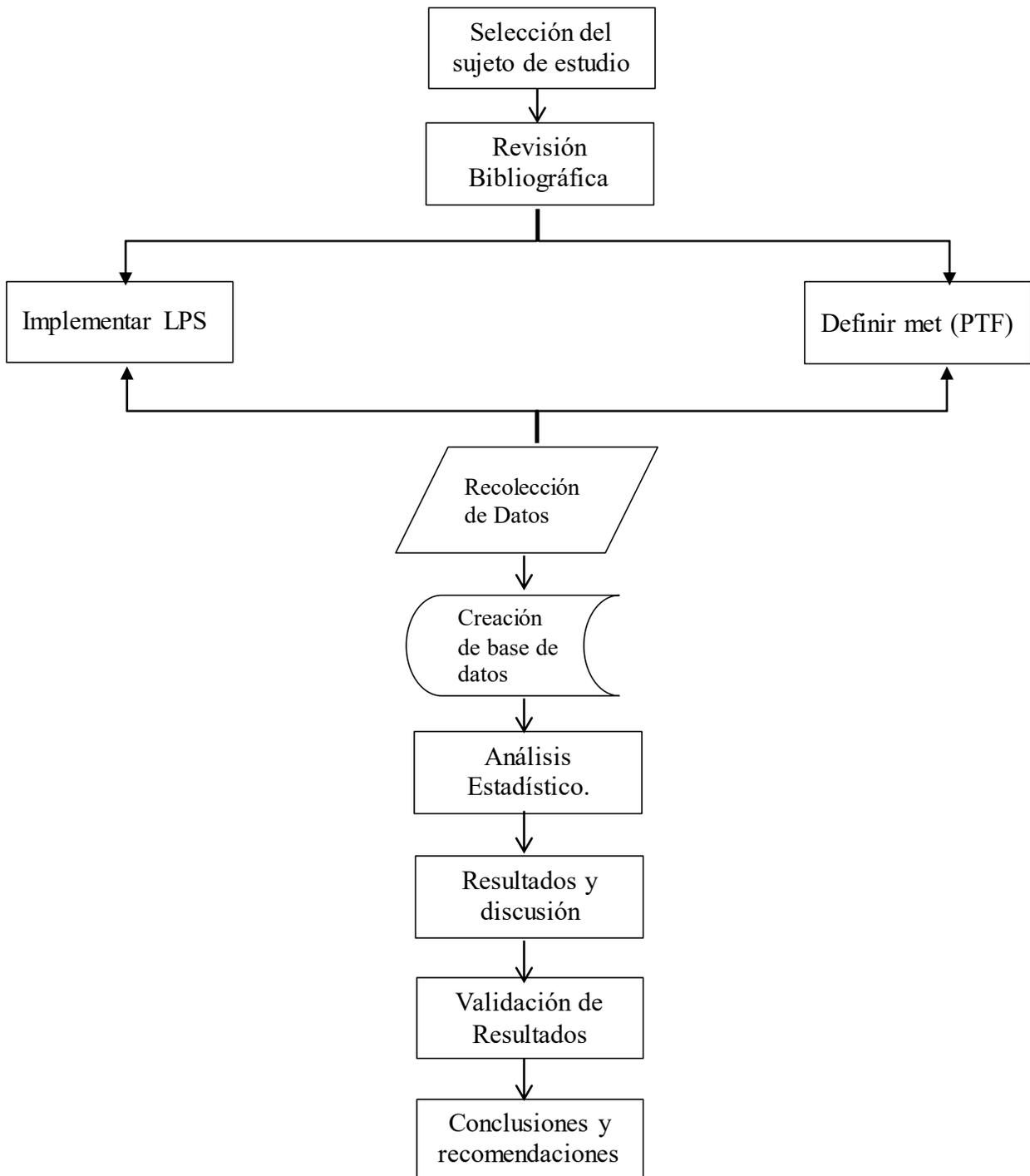


Figura 2: Esquema de metodología

Fuente: Guevara R. Darío A.

En este estudio se eligió una empresa privada, que realizó la construcción de 32 viviendas, dividida en 2 etapas, dándonos apertura a la recolección de datos y la aplicación de la investigación durante la ejecución de esta obra civil.

Para la revisión bibliográfica se realizó en buscadores como Google Académico, Dialnet, SciELO, Scopus, ASCE (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles), repositorios digitales de universidades, utilizando términos como Last Planner System y Productividad Total de los Factores.

El sistema Last Planner es una metodología de origen estadounidense desarrollada por Ballard y Howell, basada en los principios de eliminar todo aquello que no agrega valor al proceso constructivo, advirtiendo dificultades e impedimentos a través de un seguimiento continuo y preparación del trabajo.

La planificación de corto plazo se basa en la generación de resultados semanales sobre el inventario de lo que puede hacerse. (Ebbs, 2017)

Según Viana et al (2010), la implementación de corto plazo consta de 15 pasos para una mejora continua de productividad, en este caso se realizara la práctica de 5 pasos, siendo los siguientes:

1. La formalización del proceso de planificación y control.
2. Estandarización de las reuniones de planificación a corto plazo.
3. Uso de dispositivos visuales para difundir información en el sitio de construcción.
4. Acciones correctivas basadas en las causas del no cumplimiento de los planes.
5. Análisis críticos de datos.

Para la comprensión de LPS se necesitó la ayuda del administrador, residente y maestro de obra, realizando una reunión y exposición acerca del último planificador, así para posteriormente aplicarla en la construcción de viviendas.

Con la ayuda del administrador, residente y maestro de obra, se procedió a realizar el plan maestro (ver anexo 1), plan intermedio (ver anexo 2), y el plan semanal (ver anexo 3), con una duración de 8 semanas de aplicación de LPS.

Consecutivamente para la aplicación de LPS nos ayudamos con un tablero de control (ver anexo 5), en cual se lo coloco en la oficina permanente en obra. El tablero de control nos ayudó con el seguimiento de cada uno de los compromisos por parte de cada uno de los involucrados en la ejecución de la obra.

Los compromisos por cada uno de los responsables se captaron con un control (ver anexo 4) para registrar las CNC y el PPC, estos indicadores son el resultado de la implementación LPS ejecutado en obra, por ello se realizó la recolección de los datos en la oficina ubicada en la obra.

La constante instrucción es una de las principales razones para que esto funcione. La identificación oportuna de las razones por las cuales las actividades semanales no se han completado ayuda a ir mejorando continuamente. PPC es una poderosa herramienta para identificar las alternativas que pueden servir como mejoras al sistema e implementar soluciones, PPC es el porcentaje resultado de la relación de las actividades cumplidas entre el total de actividades programadas en la semana.

$$PPC = \frac{\# \text{ de actividades cumplidas}}{\# \text{ de actividades programadas}} \times 100 \%$$

Para medir la Productividad Total de los Factores (PTF) teniendo una duración de 8 semanas, con ayuda del administrador y residente, de acuerdo a los rubros planillados, a más de los análisis de precios unitarios (APUS), facturas y todo documento legal que sustente el gasto

realizado en la obra. La PTF se calculó con ayuda de los rubros planillados semanalmente (ver anexo 6) que se refiere a lo que se ha cobrado por cada rubro realizado, y lo gastado (ver anexo 7) teniendo en cuenta la inversión de cada uno de los rubros realizados semanalmente.

Se resumió brevemente de la siguiente manera.

1. El planillaje de los rubros permitió verificar la cantidad realizada de acuerdo a la unidad de medida de cada rubro
2. Con ayuda de los APUS se desglosó cada uno de los factores actuantes en los rubros, como es mano de obra, materiales y equipos.
3. Con la cantidad ejecutada de los rubros y con ayuda del residente se calculó el valor invertido por cada factor, todo este cálculo se presenta de la siguiente manera.

$$PTF = \frac{\text{costo de Ingreso \$}}{\text{costo de Gasto \$}}$$

Fue necesario que todos los factores de producción estén en una misma unidad de medida para poder expresarse lo cobrado sobre gastado y así tener una PTF que se expresó como en el anexo 8.

De las 8 semanas que se aplicó LPS, y los datos recolectados, se almacenaron creando una base de datos, en un documento de Excel que se tuvo que realizar la tabulación para presentar sus resultados encontrados.

Finalmente, se realizará una presentación de validación de los resultados obtenidos en esta investigación ante el representante y funcionarios de la empresa con el fin de recabar su opinión respecto a los datos obtenidos y que esto sea de beneficio para el mejoramiento de la productividad y la búsqueda de soluciones de la empresa.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta investigación tiene como objetivo demostrar el efecto de la aplicación de Lean construction (LPS) en la construcción de viviendas, para medir el porcentaje de planificación cumplida (PPC), y la productividad de cada uno de los factores en la producción es decir la productividad total de los factores (PTF).

Al implementar LPS en obras civiles se empieza a cambiar el modelo de gestión de un proyecto, es decir que con la implementación de herramientas visuales y las respectivas retroalimentaciones que se van realizando debido a la mejora continua que se tiene debido a las causas del no cumplimiento (CNC).

Un desempeño favorable del PPC se encuentra mayor que el 80% y un desempeño desfavorable con valores por debajo del 60% según Howell (2002), en la construcción de 35 viviendas, a continuación se presenta un gráfico en el cual se puede identificar el PPC.

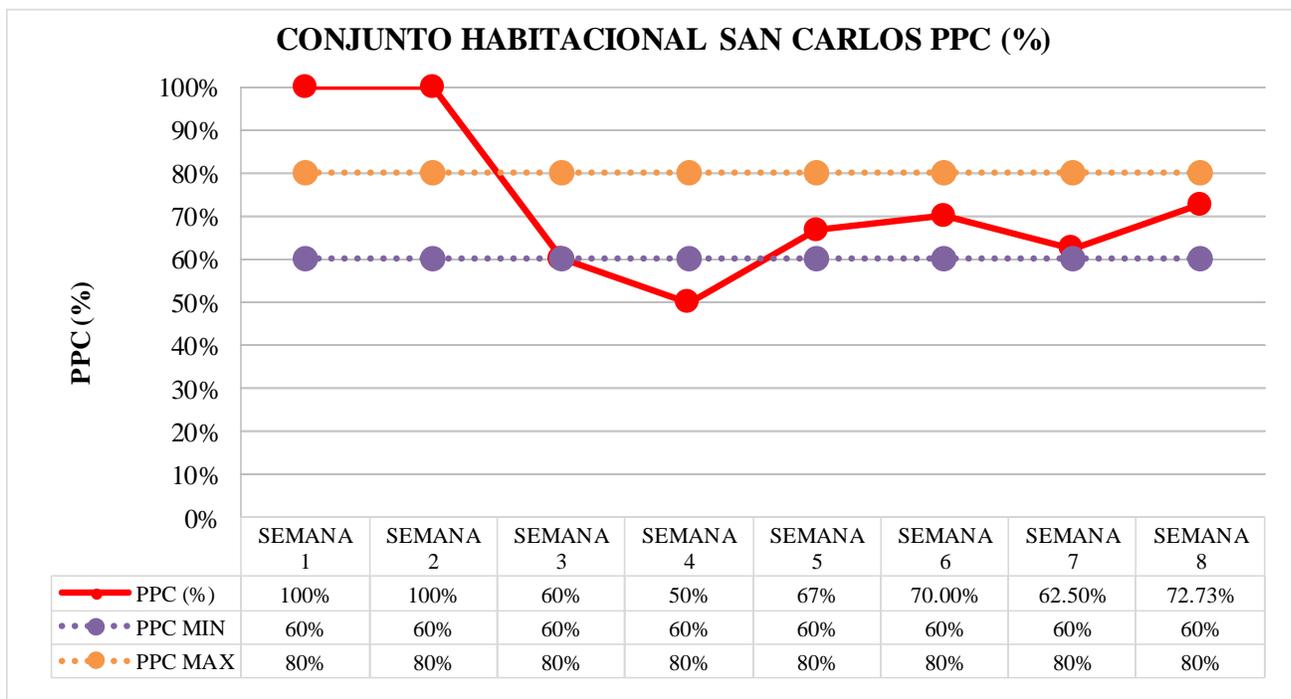


Figura 3: Tendencia de PPC

La figura 3 representa el PPC en un lapso de 8 semanas, en las primeras 4 semanas existe una dispersión de datos, debido a que las actividades iniciales de obra se completaron al 100% , en las 2 semanas siguientes existe ya la liberación de actividades existiendo un obstáculo para cumplir con la meta de dicha actividad. A partir de la 4 semana hacia adelante, tomando los correctivos necesarios y asignando la carga de trabajo, va incrementando el porcentaje de cumplimiento de actividades.

Las CNC en la construcción de viviendas se representan en un diagrama de Pareto

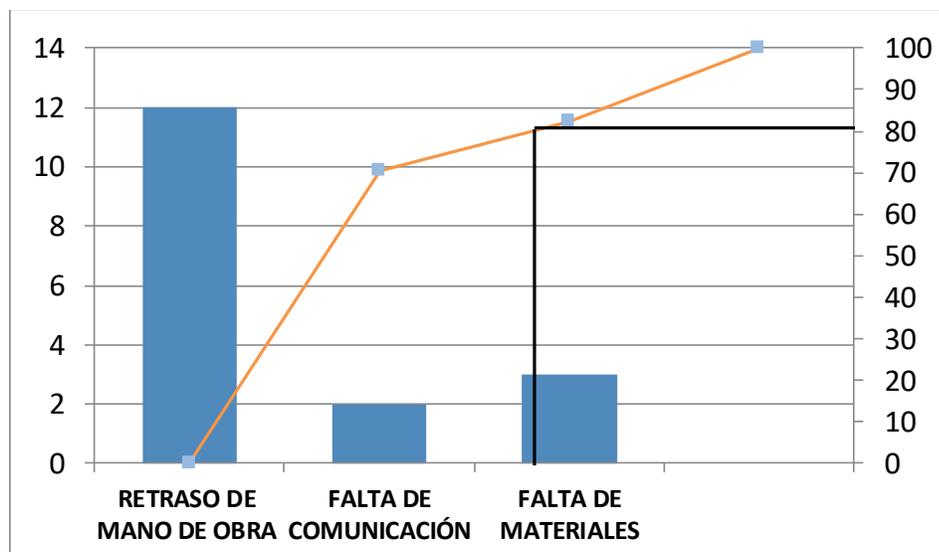


Figura 4: Causas de no cumplimiento

Las CNC en la construcción de vivienda la predominante es el retraso de mano de obra, tomando en cuenta que las actividades programadas tenían demasiada carga para su cumplimiento, de la misma manera se asignaba otras actividades a los obreros por lo cual no se finalizaba la tarea, la falta de materiales y la comunicación afectaron para el normal desarrollo de las actividades.

En esta investigación los datos obtenidos de CNC coinciden con investigaciones realizadas como en viviendas, edificios, obras viales y puentes,(Andrea & Montecino, 2007;

Carrilo & Plaza, 2017; Gómez & Bocanegra, 2015; Guallichico, 2009; Parra, 2019; Vivanco, 2018).

En esta investigación se midió la productividad total de los factores como son mano de obra, equipos y materiales, (ver anexo 9) que se ocuparon durante la aplicación de LPS en el lapso de 8 semanas, observando el PPC y el efecto que tiene al aplicar LPS en la PTF en la construcción de este proyecto de viviendas.

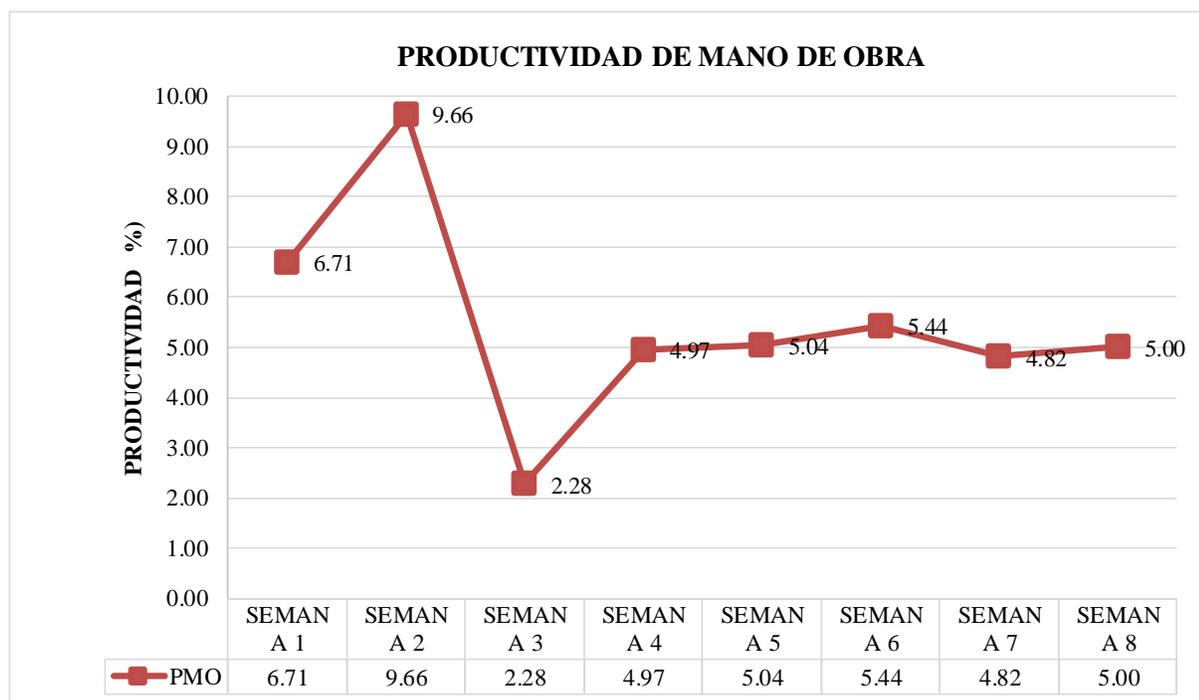


Figura 5: Productividad de mano de obra

Tabla 1: Productividad de Mano de Obra

SEMANA	COBRADO (R1+R2+N..)	GASTADO (R1+R2+N..)	PRODUCTIVIDAD MANO DE OBRA (COBR/GAST)
S1	1286.94	191.92	6.71
S2	2402.65	248.77	9.66
S3	3563.29	1563.45	2.28
S4	1727.92	347.90	4.97
S5	2885.34	572.44	5.04
S6	5708.21	1048.82	5.44
S7	7193.58	1492.93	4.82
S8	6990.74	1397.39	5.00

La productividad de mano de obra en las primeras semanas presenta un porcentaje alto, puesto que se realizó actividades preliminares como replanteo, excavación y nivelación que fueron cumplidas en su totalidad, en la semana 3 se tiene un descenso en esta productividad, ya que las actividades planificadas no se completaron en su totalidad, debido a rubros que exigían mayor cantidad de obreros, en las siguientes semanas 4,5,6,7,8, la asignación de más tareas como fueron: configuración de hierro, fundición de muros, fundición de cuellos de columnas, fundición de zapatas, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias y de agua potable, se empieza a estandarizar los datos de cumplimiento de tareas, observando que la planificación constante de todas las actividades resulta tener una mejor productividad de mano de obra.

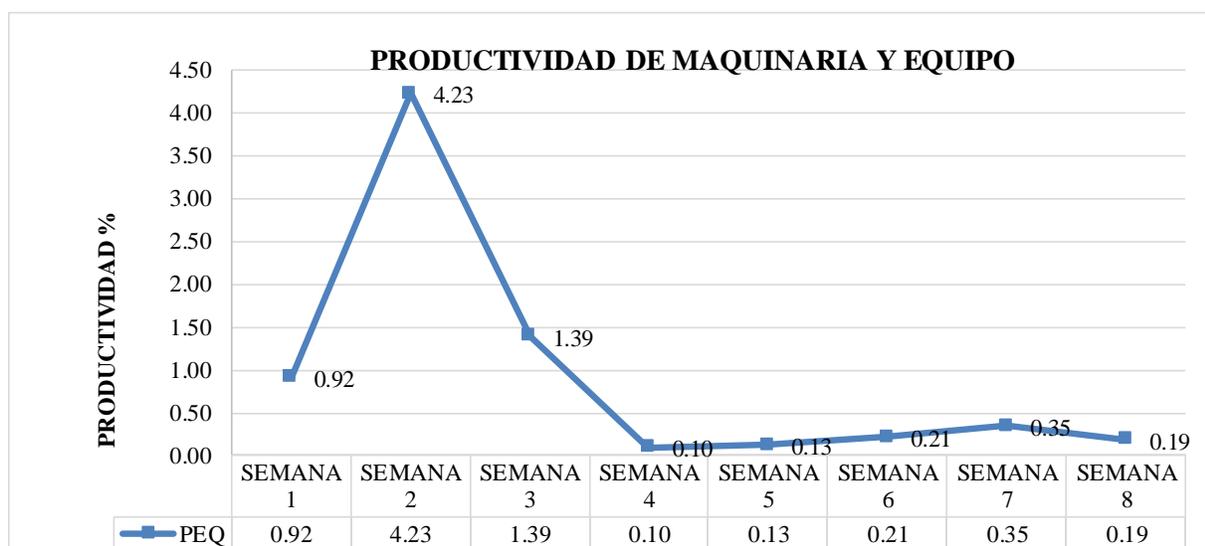


Figura 6: Productividad de equipos y maquinaria

Tabla 2: Productividad de Equipos y Maquinaria

SEMANA	COBRADO (R1+R2+N..)	GASTADO (R1+R2+N..)	PRODUCTIVIDAD MAQUINARIA Y EQUIPO (COBR/GAST)
S1	286.36	312.60	0.92
S2	179.41	42.44	4.23
S3	185.39	133.17	1.39
S4	184.68	1896.38	0.10
S5	343.17	2657.28	0.13
S6	602.42	2804.40	0.21
S7	730.70	2107.85	0.35
S8	686.82	3646.43	0.19

La figura 6 muestra la productividad de maquinaria y equipo, se observa en la semana 1 existe una productividad baja por las actividades que fueron limpieza, replanteo y nivelación, la semana 2 muestra un porcentaje alto por la utilización de un mini mixer la realizar la actividad de fundición de replantillos de todas las viviendas, en la tercera semana se le vuelve a ocupar el mixer para fundir plintos de 4 viviendas teniendo un porcentaje alto, en las semanas 4,5,6,7 y 8 la utilización de maquinaria y equipo fue minima ya que las actividades a realizar fueron, hormigón en cuello de columnas, plintos, fundición de muros y la cantidad de hormigón no justificaba el alquiler de un mixer, por eso se observa una productividad de maquinaria y equipo muy baja en el resto de aplicación de SUP.

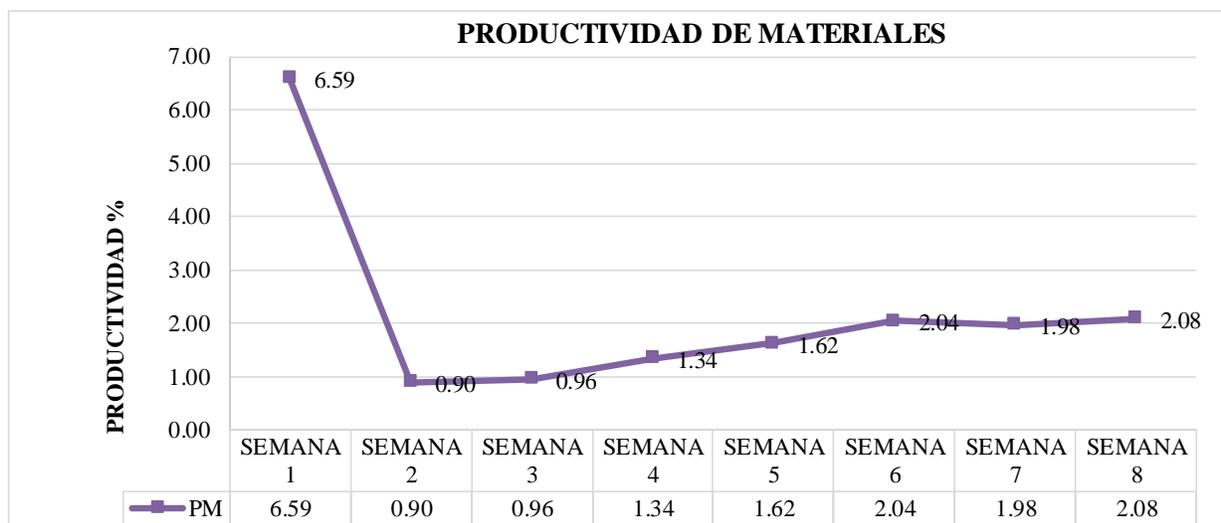


Figura 7: Productividad de materiales

Tabla 3: Productividad de Materiales.

SEMANA	COBRADO (R1+R2+N..)	GASTADO (R1+R2+N..)	PRODUCTIVIDAD MATERIALES (COBR/GAST)
S1	877.80	133.23	6.59
S2	592.68	657.33	0.90
S3	16205.07	16916.26	0.96
S4	2527.76	1882.02	1.34
S5	4207.21	1882.02	2.24
S6	6263.30	3065.51	2.04
S7	8270.00	4182.89	1.98
S8	10313.88	4947.78	2.08

La figura 7 representa la productividad de materiales, en la primera semana se tiene un porcentaje alto porque las actividades ejecutadas como es limpieza, replanteo no requieren la utilización de materiales, en la semana 2 y 3 se tiene un valor parejo por las actividades que fueron la fundición de replantillos y plintos, en las semana 4 y 5 de igual manera se refleja un porcentaje pero con una tendencia creciente porque las actividades como son instalaciones, encofrados, fundiciones, etc, requieren la utilización de gran cantidad de materiales . Las semanas 6,7 y 8 muestran valores en constante crecimiento motivo por la ejecución de rubros en la construcción de viviendas se va incrementando, a su vez las actividades se va retroalimentando mejorando cada vez la productividad de materiales.

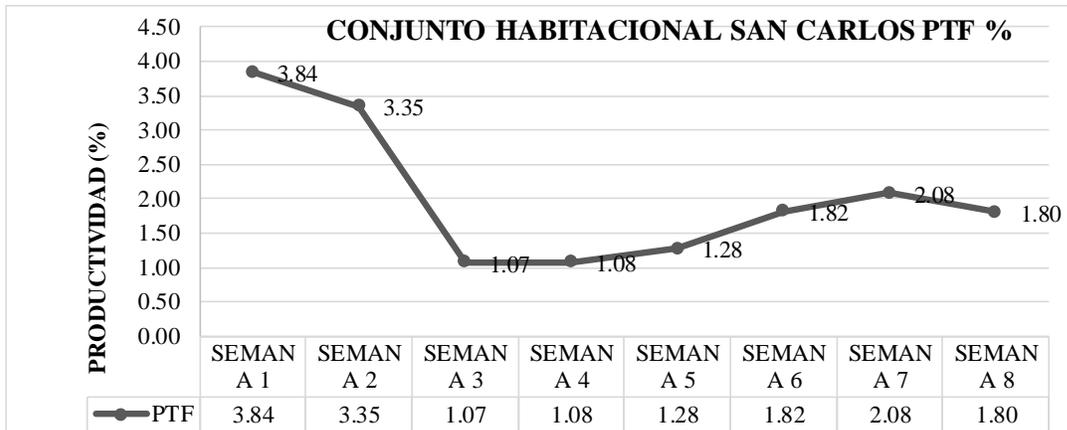


Figura 8: Tendencia de PTF

Tabla 4: Productividad Total de los Factores

SEMANA	COBRADO (M.O+MQ+MAT)	GASTADO (M.O+MQ+MAT)	PTF (COBR/GAST)
S1	2451.10	637.75	3.84
S2	3174.74	948.53	3.35
S3	19953.75	18612.89	1.07
S4	4440.36	4126.31	1.08
S5	7435.72	5819.43	1.28
S6	12573.93	6918.73	1.82
S7	16194.28	7783.68	2.08
S8	17991.44	9991.61	1.80

La figura 8 indica la productividad total de los factores en el lapso de 8 semanas de implementación LPS, se observa que la semana 1 y 2 se tiene el PTF más alto con un porcentaje de 3.84% y 3.35% respectivamente, porque la mano de obra y equipo en las primeras actividades de la ejecución del proyecto se cumplieron en su totalidad, en la semana 3 existe un depresión en su PTF a 1.07% siendo el más bajo de la implementación de LPS, por motivo que la carga de trabajo no fue proporcional es decir que las actividades planificadas fueron demasiado y no se logró completar en su totalidad. A partir de la semana 4 se observa un PTF de 1.08%, notándose que ya mejorando la planificación existe un crecimiento en su PTF. Las semanas siguientes como son 5, 6,7 y 8 se empieza a estandarizar el porcentaje de PTF debido a que los paquetes de trabajo se van mejorando eso es una de las ventajas de implementar LPS, se retroalimenta constantemente.

La aplicación de LPS para la obtención de un PTF de producción, tiene concordancia con lo que afirman Martínez, Serpell, & Verbal (1990), para una mejora en la productividad se insiste en el desarrollo de sistemas adecuados para el control de los recursos y para la planificación en ciertas actividades, como son en la programación de terminación de tareas, lo que tiene relación con las CNC, teniendo el índice más alto en la mano de obra (Mejía Aguilar & Hernández, 2008).

La medida de PTF es una métrica, que incluye diferentes variables mediante datos confiables según Vereen et al. (2016), en este caso se analizó los factores de producción, teniendo en cuenta que se tiene datos reales en los factores de mano de obra, equipo y materiales, en la construcción de viviendas.

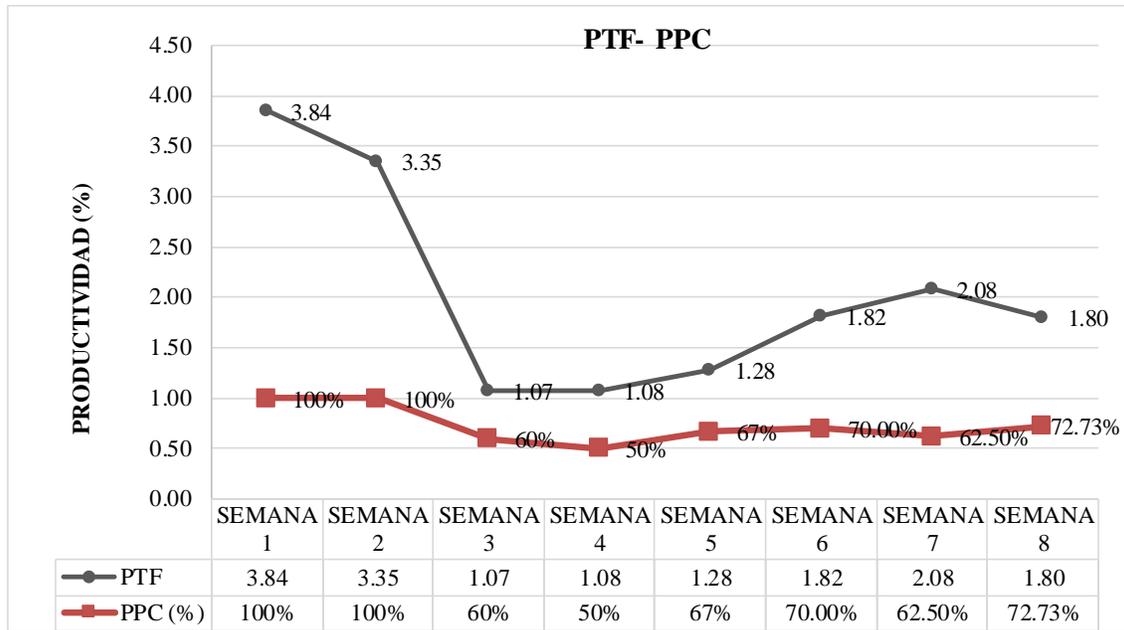


Figura 9: Tendencia de PTF-PPC

La Figura 9 muestra que en las primeras semanas de implementación LPS se tiene un PTF alto, debido a que el factor mano de obra es el más importante para poder realizar las primeras actividades. De la misma manera sucede con el PPC, ya que la carga de trabajo no fue tan grande se logró completar todas las actividades planificadas arrojando un 100% de cumplimiento. A partir de la tercera semana la implementación de SUP empieza a tomar forma y estabilizarse el PPC al igual que la PTF se tiene una tendencia de crecimiento, en la semana 4 se observa que existe un PPC de 50% y un PTF de 1.08% que indica que se puede tener una productividad alta sin que se completen las actividades, ya que entre mejor se planifique los paquetes de trabajo se tendrá una productividad total de factores más alta, es lo que sucede en las semanas 5,6,7 y 8 esto a que se ha ido retroalimentando la planificación evitando en si cometer los mismos errores de las CNC.

A continuación, se muestra el test de correlación de Spearman entre las 2 variables PPC-PTF.

Tabla 5: Test de Correlación de Spearman

Correlaciones				
			PPC	PTF
Rho de Spearman	PPC	Coeficiente de correlación	1,000	,802*
		Sig. (bilateral)	.	,017
		N	8	8
	PTF	Coeficiente de correlación	,802*	1,000
		Sig. (bilateral)	,017	.
		N	8	8

Fuente: IBM Statistics editor de datos.

Como se observa existe una correlación de ($r_s=.802$) existiendo una relación positiva muy fuerte entre las 2 variables PPC-PTF. Así mismo el ($p=.017$) rechazando la hipótesis nula porque es menor de 0.05, Mondragón Barrera(2014).

En la gráfica de dispersión del PPC y PTF (Fig.10), existe una tendencia lineal de relación.

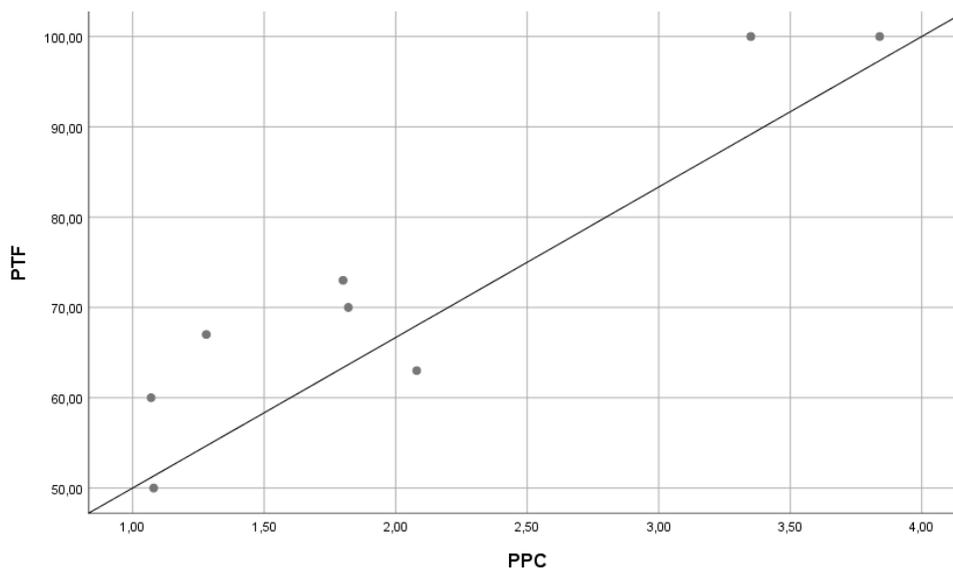


Figura 10: Correlación entre PTF-PPC

Evidentemente existe una correlación entre las 2 variables, en la construcción de viviendas, lo que hace énfasis Gómez & Bocanegra (2015), ratificando que los 3 factores de producción tienen resultado en la productividad, la mano de obra, en este tipo de obra es constante claramente se observa en tabla 1 y 4, que la mano de obra predomina en la PTF, lo que en la investigación realizada por Parra (2019), indica que al realizar un reasfaltado, no existe correlación entre las variables, ya que estas aumentan o disminuyen de manera independiente, se presume que el factor maquinaria y equipo tiene mayor relevancia, ya que al estar en operación la maquinaria genera una reacción en cadena para los otros factores de mano de obra y materiales, así mismo sucedería al estar paralizada la maquinaria, razón por la cual podría existir la diferencia en las diferentes obras civiles.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En esta investigación, se encontró correlación positiva muy fuerte entre la PPC y PTF debido a que los porcentajes de las mismas crecen a la par en las últimas semanas. A partir del PPC, obtenido durante 8 semanas y siguiendo 5 de los 15 pasos de implementación de LPS. La PTF se enfocó en 3 factores de producción como es mano de obra, materiales, maquinaria y equipo, que son los factores principales en esta investigación.

El factor mano de obra predomina en la PTF de la ejecución de este proyecto. La mano de obra determina el peso de los otros factores materiales, máquinas y equipos.

En esta investigación, una de las limitantes es que se obtuvieron datos de una sola obra de este tipo, por lo cual no se puede generalizar que en la construcción de viviendas se obtenga este mismo resultado. Otra limitación fue el tiempo de recolección de datos, ya que en 8 semanas para esta investigación se logra tener un PPC con tendencia creciente, pero no se asegura que en todas las obras y con el mismo lapso de tiempo exista este tipo de PPC.

La cantidad de factores analizados para poder sacar la PTF, fueron solo los factores de producción, dejando con para investigaciones futuras conocer que sucede con los demás factores como: logística, transporte, mantenimiento y gestión.

6.2 Recomendaciones

Implementar nuevas tecnologías como Last Planner System incrementa la productividad de los factores de producción, por eso se recomienda utilizar en todo tipo de obra civil y así mejorar la cultura de construcción del personal involucrado mediante compromisos en la planificación de proyectos.

Para estimar la productividad se debe estudiar y precisar más sobre los otros factores que afectan a la PTF, ya que se enfocan de diferente manera pero tienen mismas características a los escogidos en esta investigación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, L. F. (2002). Mejoramiento de la productividad de los proyectos con planificaciones más confiables., 52(1), 1–5.
- Allmon, B. E., Haas, C. T., Borcharding, J. D., & Goodrum, P. M. (2000). U. S. Construction labor productivity trends , 1970 – 1998, (April), 97–104.
- Alpízar, G. de los Á. (2017). Aplicación de Lean Construction a través de la metodología Last Planner a proyectos de vivienda social de FUPROVI.
- Andrea, D., & Montecino, D. (2007). “Aplicación del sistema de planificación ’ Last Planner ’ a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura.”
- Arcudia, C., Solís, R., & Baeza, J. (2004). Determinación de los factores que afectan la productividad de la mano de obra de la construcción, 8, 145–154.
- Ayala Vilela, O. J., & Temoche Rosillo, V. E. (2017). Metodologías y herramientas de gestión para la mejora continua de la productividad en la construcción. *Universidad de Piura*. Retrieved from <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3247>
- Botero, L., & Álvarez, M. (2005). Last planner , un avance en la planificación y control de proyectos de construcción Estudio del caso de la ciudad de Medellín.
- Botero, L., & Álvarez, M. (2012). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT*, 40(136), 50–64. Retrieved from <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/864>
- Botero, L. F. B., & Villa, M. E. Á. (2012). Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT*, 40(136), 50–64. Retrieved from

- <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/864>
- Carrilo, C., & Plaza, T. (2017). Causas Frecuentes Del Incumplimiento De La Planificación A Corto Plazo En La Construcción De Puentes. *Tesis*, 1–149. Retrieved from <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- Chau, K. W. (2016). Estimating industry-level productivity trends in the building industry from building cost and price data Estimating industry-level productivity trends in the building industry from building cost and price data, *6193*(June).
<https://doi.org/10.1080/014461993000000041>
- Coronel, J. (2010). “Planificación y control del proceso productivo en la construcción de proyectos civiles: un manual/guía para la implementación del "Last Planner System™.”
- Criollo, P. (2018). “Análisis del estado del arte de la productividad de la mano de obra en el sector de la construcción.”
- Despradel, I., Guerrero, C., Jourdain, M., López, J., Núñez, A., & Oliver, C. (2011). Lean Construction : implicaciones en el uso de una nueva filosofía , con miras a una mejor administración de proyectos de Ingeniería Civil en República Dominicana, (1993), 1–8.
- Ebbs, P. (2017). 10 Tips for Efficient and Effective Last Planner System Sessions. *Lean Construction*, 5(1), 3.
- Encalada, & Poveda. (2012). Implementación del sistema del último planificador para la construcción de edificios 1 en el Campus Puce- Nayón.
- Fernández Effio, M. A. (2018). Propuesta de una metodología de mejoramiento de la productividad para empresas constructoras en la ciudad de Chiclayo., 1–45.
- Fiallo, M., & Revelo, H. (2002). Applying the Last Planner control system to a construction project : a case study in Quito , Ecuador. *International Group for Lean Construction*, 1–12.

- Gómez, A., & Bocanegra, D. C. (2015). Análisis de la Productividad en la Construcción de Vivienda Basada en Rendimientos de la Mano de Obra. *Inge Cuc*, 12(1), 21–31. Retrieved from file:///C:/Users/MaríaJosé/Downloads/Dialnet-AnalisisDeLaProductividadEnLaConstruccionDeViviend-5523780 (1).pdf
- González, A. (2015). Medición De Productividad En La Construcción De Viviendas Unifamiliares Aplicando Tres Sistemas Constructivos: Acero, Hormigón Armado, Mixto (Acero Y Hormigón Armado). *Tesis*.
- Guallichico, D. (2009). Comparación económica entre metodologías de vivienda unifamiliar de tipo tradicional de Hormigón armado (columnas, vigas y losas alivianadas) vs. Paredes portantes de hormigón (paredes de Hormigón armado y losas macizas), en el estudio de la urbanización , 1–228.
- Howell. (2002). Applying the Last Planner Control System To a Construction Project : a Case Study in Quito , Ecuador. *International Group for Lean Construction*.
- Ignacio, C., & Crua, L. (2017). Desarrollo e implementación de herramientas para el mejoramiento de la gestión de la información de last planner.
- Lledó Pardo, M. J., & Cerveró Romero, F. (2018). Last Planner System Ya Es Una Realidad Ahora Hacia La Transformación Lean De Las Empresas De Construcción. *CONTART*, 154–163.
- Martínez, L. F., Serpell, A., & Verbal, R. (1990). Recomendaciones para aumentar la productividad en la construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 1–11.
- Mejía Aguilar, G., & Hernández, T. C. (2008). Seguimiento De La Productividad En Obra: Técnicas De Medición De Rendimientos De Mano De Obra. *Revista UIS Ingenierías*, 9(2), 171–181. Retrieved from

<http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/2062>

Mila, H. C., & Díaz, R. F. (2014). Productividad en Empresas de Construcción: Conocimiento adquirido de las bases de datos Productivity in Construction Companies : Knowledge acquired from the databases.

Mondragón Barrera, M. A. (2014). Uso De La Correlación De Spearman En Un Estudio De Intervención En Fisioterapia. *Movimiento Científico*, 8(1), 98.

<https://doi.org/10.33881/2011-7191.mct.08111>

Mora Valverde, J. J. (2012). Medición y análisis de productividad de tres actividades en la construcción de un centro de distribución de 54000 m². *Instituto Tecnológico De Costa Rica Escuela De Ingeniería En Construcción*.

Ocampo, D. (2011). Lecciones Sobre La Implementación Del Last Planner System.

Parra, D. S. (2019). Efecto Del Last Planner System En La Productividad Total De Los Factores En Proyectos De Obras Viales.

Rodriguez, A. D., Alarcon, L. F., & Pellicer, E. A. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador The management of the construction project from the perspective of the last planner, 35–44.

Sanchis, I. (2013). *Last Planner System scheme*. Escuela Técnica Superior, Universidad

Politécnica de Valencia Ingeniería de Edificación, Pontificia Universidad Católica de Chile. Retrieved from

<https://static1.squarespace.com/static/5244e8d2e4b0d312c809fa39/t/55db9f71e4b083d2ebe2c9cd/1440456563871/?format=2500w>

Soto Bogado, C. B., & Untiveros León, J. L. (2018). Productividad De Las Empresas Constructoras Que Operan En La Ciudad De Huancayo Bajo El Análisis De La Filosofía

Lean Construction: Estudio De Casos.

Vereen, S. C., Asce, M., Rasdorf, W., Asce, F., & Hummer, J. E. (2016). Development and Comparative Analysis of Construction Industry Labor Productivity Metrics. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(7), 1–9.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001112](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001112).

Viana, D., & Formoso, C. (2010). A survey on the last planner system: Impacts and difficulties for implementation in Brazilian companies. *Proceedings for the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, (July 2010), 497–507.

Viana, D., Mota, B., Formoso, C. T., Echeveste, M., Peixoto, M., & Rodrigues, C. L. (2010). A survey on the last planner system: Impacts and difficulties for implementation in Brazilian companies. *Proceedings for the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 497–507.

Vivanco, D. (2018). Universidad San Francisco De Quito Usfq, 175.

8. ANEXOS

8.1 Anexos de la implementación LPS

Anexo 1

PLAN MAESTRO

PROYECTO:								
ACTIVIDAD	SEMANA 1(%)	SEMANA 2(%)	SEMANA 3(%)	SEMANA 4(%)	SEMANA 5(%)	SEMANA 6(%)	SEMANA 7(%)	SEMANA 8(%)

Fuente: Adaptado de (Parra D.2019)

Anexo 2

8.2 Planificación intermedia

SEMANA				
ACTIVIDAD	INICIO	TERMINO	RESTRICCIONES	ENCARGADO

Fuente: Adaptado de (Parra D.2019)

Anexo 3

8.3 Planificación semanal

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO											
		FACULTAD DE INGENIERÍA											
		ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL											
		REGISTRO DE DE PLANIFICACION SEMANAL											
NOMBRE DEL PROYECTO:		CONJUNTO HABITACIONAL SAN CARLOS						N° SEMANA :1		15 ENERO - 19 ENERO			
N°1	ACTIVIDAD	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	RESPONSABLE DE EJECUCION	% DE AVANCE PROGRAM	% DE AVANCE REAL	PAC	CNC
		15	16	17	18	19	20	21					
REPLANTEO													
1	LIMPIEZA DEL TERRENO	X							G	100%	100%	1	
2	REPLANTEO DE LOTES			X					G	100%	100%	1	
3	REPLANTEO CASAS				X				G	100%	100%	1	
4	NIVELES					X			G	100%	100%	1	
<i>PAC PROMEDIO</i>											100%		

Fuente: Adaptado de (Carrillo & Plaza, 2017)

Anexo 4

8.4 Causas del no cumplimiento

PROYECTO						
SEMANA	CAUSAS	INICIO	TERMINO	CANTIDAD	% CNC	

Fuente: Adaptado de (Parra D.2019)

Anexo 5

8.5 Tablero de actividades

NOMBRE DEL PROYECTO:							
ACTIVIDAD	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO

Fuente: Adaptado de (Parra D.2019)

Anexo 6

8.6 Modelo	RESUMEN INVERTIDO		de Planilla
	MANO DE OBRA	\$191.92	Semanal
	EQUIPOS/HERRAMIENTAS	\$312.60	
	MATERIALES	\$133.23	
	TOTAL	\$637.75	

Fuente: Guevara R. Darío A.

Anexo 7

8.7 Inversión	por semana			
	10 LIMPIEZA DE TERRENO			
	DESCRIPCION	COSTO	CANTIDAD	TOTAL
	EQUIPO	0.02	2,501.45	50.03
	MANO DE OBRA	0.42	2,501.45	1050.61
	MATERIALES		2,501.45	0
				\$1,100.64
	11 REPLANTEO			
	DESCRIPCION	COSTO	CANTIDAD	TOTAL
	EQUIPO	0.14	1,688.08	236.33
	MANO DE OBRA	0.14	1,688.08	236.33
	MATERIALES	0.52	1,688.08	877.8
				\$1,350.46

Fuente: Guevara R. Darío A

Anexo 8

8.8 Factores de producción

SEMANA	COBRADO (M.O+MQ+MAT)	GASTADO (M.O+MQ+MAT)	PTF (COBR/GAST)
S1	\$2,451.10	\$637.75	3.84
S2	\$3,174.74	\$948.53	3.35
S3	\$19,953.75	\$18,612.89	1.07
S4	\$4,440.36	\$4,126.31	1.08
S5	\$7,435.72	\$5,819.43	1.28
S6	\$12,573.93	\$6,918.73	1.82
S7	\$16,194.28	\$7,783.68	2.08
S8	\$17,991.44	\$9,991.61	1.80

Fuente: Guevara R. Darío A

Anexo 9

8.9 Productividad Total de los Factores

REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE f'c=140 kg/cm2			
DESCRIPCION	COSTO	CANTIDAD	TOTAL
EQUIPO	6.27	11.83	74.19
MANO DE OBRA	25.41	11.83	300.66
MATERIALES	50.09	11.83	592.68
			\$967.53

Fuente: Guevara R. Darío A