

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**IMPACTO DEL NIVEL DE GESTIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN
EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN
PROYECTOS EJECUTADOS POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO PUNO, 2018 - 2019**

TESIS

PRESENTADA POR:

WILLIAM JUNIOR ARCAYA HUACASI

LADY PAMELA MAMANI LUPACA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

IMPACTO DEL NIVEL DE GESTIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN EN LA
PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN PROYECTOS EJECUTADOS
POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO, 2018 - 2019

TESIS PRESENTADA POR:

WILLIAM JUNIOR ARCAYA HUACASI

LADY PAMELA MAMANI LUPACA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:


M.Sc. MARIANO ROBERTO GARCIA LOAYZA

PRIMER MIEMBRO:


Ing. ZENON MELLADO VARGAS

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. NESTOR ELOY GONZALES SUCASAIRE

DIRECTOR / ASESOR:


Ing. YASMANI TEÓFILO VITULAS QUILLE

TEMA : Gestión e industrialización en la productividad

ÁREA : Construcciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Construcción y Gerencia

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 DE JULIO DEL 2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Martha, quien con su infinita paciencia e inquebrantable confianza supo brindarme un apoyo incondicional para llegar hasta estas instancias de la vida. A mi padre William, quien con su incansable ejemplo me señaló el camino y con cada consejo me llevó a tomar mejores decisiones.

William

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mis padres, a quienes con este logro quiero devolver un poco de lo que me han dado. Por todas las oportunidades ofrecidas, por sus consejos y su dedicación y principalmente por el cariño que me acompaña día a día, siempre estaré eternamente agradecida. Mamá, Papá, gracias por todo.

Pamela

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización de esta tesis, a la Oficina de Ejecución de Inversiones de la Universidad Nacional del Altiplano que nos abrió las puertas, en especial al Ing. Marco Antonio Nalvarte Andrade por su buena disposición. A los Residentes y al personal técnico y administrativo de las obras que fueron estudiadas, por haber aceptado participar en esta tesis y por su apoyo durante nuestra estancia

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por todo el conocimiento y experiencia que nos otorgaron. A la Universidad Nacional del Altiplano por acogernos y darnos la oportunidad de crecer.

También queremos hacer un reconocimiento especial al Ing. Yasmani Vitulas Quille, director de esta tesis, por haberse interesado en nuestro trabajo, por las sugerencias recibidas, el seguimiento y la supervisión de la misma, pero sobre todo por el apoyo recibido a lo largo de este tiempo.

Finalmente queremos agradecer a nuestras respectivas familias por el apoyo recibido, y por brindarnos su cariño de manera incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE ACRÓNIMOS	10
RESUMEN	11
PALABRAS CLAVE:	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. Problema general	14
1.2.2. Problema específico.....	15
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	15
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.5.1. Objetivo general.....	16
1.5.2. Objetivos específicos	16
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1.1. Antecedentes locales.....	17
2.1.2. Antecedentes nacionales	19
2.1.3. Antecedentes internacionales.....	21
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.2.1. Productividad.....	22
2.2.2. SISTEMAS DE GESTIÓN.....	32
2.2.3. INDUSTRIALIZACIÓN	50
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	55
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	55
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	56
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	56
3.3.1. Población	56
3.3.2. Muestra	56
3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO	57

3.5.	PROCEDIMIENTO	57
3.5.1.	Nivel General de Actividad de Obra.....	57
3.5.2.	Formato para encuestas y entrevistas al Personal Técnico Administrativo 64	
3.5.3.	Rubricas	68
3.6.	VARIABLES	69
3.7.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	69
3.7.1.	Evaluación de la productividad.....	70
3.7.2.	Evaluación del sistema de gestión	72
3.7.3.	Evaluación del nivel de industrialización	76
	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	79
4.1.	RESULTADOS.....	79
4.1.1.	NIVEL DE PRODUCTIVIDAD	79
4.1.2.	NIVEL DE SISTEMA DE GESTIÓN.....	88
4.1.3.	NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN.....	90
4.1.4.	RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE SISTEMA DE GESTIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD	93
4.1.5.	RELACIÓN ENTRE LA PRODUCTIVIDAD Y EL NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN.....	95
4.2.	DISCUSIÓN	97
4.2.1.	Discusión de resultados de productividad	97
4.2.2.	Discusión de resultados de la evaluación del nivel de sistemas de gestión 100	
4.2.3.	Discusión de resultados de la evaluación del nivel de industrialización	102
4.3.	CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	104
4.3.1.	Cumplimiento del objetivo general.....	104
4.3.2.	Cumplimiento de objetivos específicos	104
	CAPÍTULO V CONCLUSIONES	106
	CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES.....	107
	CAPÍTULO VII REFERENCIAS	108
	ANEXOS	111
	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resumen de NGA.....	18
Figura 2. Resumen de NGA trabajo contributorio.....	18
Figura 3. Resumen de NGA trabajo no contributorio.....	19
Figura 4. Comparación entre las mediciones – Año 2000 y 2005	21
Figura 5. Modelo de Conversión	37
Figura 6. Modelo de Flujo	39
Figura 7. Formato para programación con trenes de trabajo	44
Figura 8. Niveles de planificación	45
Figura 9. Ubicación de las obras objeto de estudio	55
Figura 10. Formato del Nivel General de Actividad	62
Figura 11. Llenado del formato de Nivel General de Actividad.....	63
Figura 12. Hoja de cálculo para el análisis de productividad	70
Figura 13. Informes de productividad entregados a cada obra	71
Figura 14. Clasificación por nivel de sistema de gestión.....	72
Figura 15. Niveles para calificación de criterios del nivel de industrialización	76
Figura 16. Variación de la distribución de tiempo de actividades por obra	82
Figura 17. Distribución del tiempo de trabajo en las cuatro obras	83
Figura 18. Distribución del trabajo productivo en las cuatro obras	84
Figura 19. Niveles de productividad promedio.....	85
Figura 20. Comparación de nivel productividad con estudios previos en la UNAP	86
Figura 21. Distribución del trabajo contributorio	87
Figura 22. Distribución del trabajo no Contributorio	88
Figura 23. Clasificación del nivel de sistema de gestión de cada obra.....	89
Figura 24. Clasificación del nivel de industrialización de cada obra	92
Figura 25. Dispersión de las variables de nivel de sistema de gestión y trabajo productivo	95
Figura 26. Dispersión de las variables de nivel de industrialización y trabajo productivo	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre las mediciones – Año 2000 y 2005	20
Tabla 2. Obras que fueron objeto de estudio	57
Tabla 3. Operacionalización de variables	69
Tabla 4. Rúbrica para calificación del nivel de sistema de gestión, planificación y ejecución	74
Tabla 5. Rúbrica para calificación del nivel de sistema de gestión, seguimiento y control	75
Tabla 6. Rango de puntuación para cada nivel de sistema de gestión	76
Tabla 7. Rúbrica para calificación del nivel de industrialización	77
Tabla 8. Rango de puntuación para cada nivel de industrialización	78
Tabla 9. Distribución de tiempo en las actividades en obra	79
Tabla 10. Comparación de tiempos de trabajo en las 4 obras	82
Tabla 11. Porcentajes de tiempos promedio por actividad	85
Tabla 12. Comparación de nivel de productividad	86
Tabla 13. Evaluación de los sistemas de gestión en las cuatro obras	88
Tabla 14. Nivel de sistema de gestión de cada obra	89
Tabla 15. Evaluación del nivel de industrialización en las 4 obras	91
Tabla 16. Nivel de industrialización de cada obra	91
Tabla 17. Niveles de productividad y nivel de sistema de gestión	93
Tabla 18. Cálculo de las diferencias de los pares de puntuaciones, ordenadas por rango para el cálculo de r_{s1}	94
Tabla 19. Nivel de industrialización y nivel de productividad	96
Tabla 20. Cálculo de las diferencias de los pares de puntuaciones, ordenadas por rango para el cálculo de r_{s2}	96

ÍNDICE ACRÓNIMOS

CVG: Corporación Venezolana de Guayana

JIT: Just In Time

NGA: Nivel General de Actividad

OAC: Oficina de Arquitectura y Construcciones

OEI: Oficina de Ejecución de Inversiones

PPC: Porcentaje de Actividades Cumplidas

TC: Trabajo Contributorio

TNC: Trabajo No Contributorio

TP: Trabajo Productivo

UNAP: Universidad Nacional del Altiplano Puno

RESUMEN

La presente investigación titulada “Impacto del Nivel de Gestión e Industrialización en la Productividad de la Mano de Obra en Proyectos Ejecutados por la Universidad Nacional del Altiplano Puno, 2018-2019” se realizó con el objetivo de conocer los niveles de gestión e industrialización en las obras que ejecuta la universidad a través de la Oficina de Ejecución de Inversiones (OEI) y el impacto que tienen estos factores en la productividad de la mano de obra. Para tal propósito se analizó la productividad en cuatro (04) obras de la universidad, mediante herramientas *Lean Construction*, donde se clasificó las actividades realizadas por la mano de obra, dividiéndolas en Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio. Además, se llevaron a cabo entrevistas y encuestas al personal técnico – administrativo de cada obra para de esta forma poder determinar, en primer lugar, su nivel de gestión con base en la organización de la planificación, ejecución y control de los proyectos; y, en segundo lugar, determinar el grado de industrialización para lo cual se tomó en cuenta criterios como la mecanización del trabajo, elementos prefabricados, diseños modulares, estandarización de elementos y la capacitación de mano de obra. Con los datos obtenidos se realizaron los análisis de forma cualitativa y cuantitativa, dando como resultado que en la OEI el Trabajo Productivo representa el 50%, el Trabajo Contributorio un 34% y el Trabajo No Contributorio un 16% del tiempo de trabajo. De estos resultados podemos afirmar que la productividad tiene una relación directamente proporcional con el nivel de sistema de gestión existente en cada obra, pues de acuerdo a los criterios establecidos para los sistemas de gestión, las obras con mayor productividad tenían un mejor sistema de gestión que las obras con menor productividad. De la misma forma sucede con el nivel de industrialización donde, a pesar de los bajos niveles de industrialización registrados en la investigación, se concluyó que a mayor nivel de industrialización mayor productividad.

PALABRAS CLAVE: *tiempos de trabajo, lean construction, tecnologías avanzadas en construcción, administración.*

ABSTRACT

The present research entitled "Impact of the Management and Industrialization Level in Labor Productivity in Projects Executed by the National University of Puno Altiplano, 2018-2019" was carried out with the objective of knowing the levels of management and industrialization in the works carried out by the university through the Office of Investment Execution (OEI) and the impact that these factors have on the productivity of the workforce. For this purpose, productivity was analyzed in four (04) works of the university, using Lean Construction tools, where the activities carried out by the workforce were categorized, dividing them into Productive Work, Contributory Work and Non-Contributory Work. In addition, interviews and surveys were carried out to the technical-administrative personnel of each work, in order to determine, first, their level of management based on the forms of planning, execution and control of the projects; and secondly, to determine the degree of industrialization for which criteria such as the mechanization of work, materials and / or prefabricated elements, modular designs and the training of labor were taken into account. With the data obtained, the analyzes were carried out qualitatively and quantitatively, with the result that the Productive Work of the OEI obtained 50%, the Contributory Work 34% and the Non-Contributory Work 16%. From these results we can say that productivity has a directly proportional relationship with the level of management system in each work, because according to the criteria established for management systems, the works that obtained greater productivity had a better system of management than those that had a deficient one. In the same way it happens with the level of industrialization where, despite the low levels of industrialization recorded in the research, it was concluded that the higher the level of industrialization, the higher productivity.

Keywords: *work times, lean construction, advanced technologies in construction, administration.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria de la construcción se ha vuelto sumamente exigente, si en un principio la principal preocupación era producir, ahora es necesario considerar a la productividad como un concepto esencial para el desarrollo de obras de construcción. Pues independientemente de la modalidad de ejecución lo que se espera obtener de una construcción es que sea económica, eficiente y sostenible.

Si no sabemos “producir productivamente” perderemos estas cualidades, y si bien son muchos factores los que afectan el adecuado desempeño de una obra, es importante desarrollar un sistema que permita tener el control sobre la producción y la productividad de la misma.

Dicho esto, tenemos a los sistemas de gestión los cuales se encuentran íntimamente ligados con la productividad, pues en los últimos años ha habido un incremento en el uso de nuevos sistemas de gestión y con estos, cambios positivos en la productividad. Observándose una situación similar respecto a la industrialización, siendo que desde la Revolución Industrial el uso de nuevas tecnologías se encuentra en aumento, donde la construcción es un campo que no se encuentra ajeno a esta situación.

En Perú la primera investigación acerca de la productividad fue realizada en Lima en el año 1999, obteniéndose así un precedente que fue aplicándose en diferentes lugares del país. Con estos resultados establecidos, buscamos ir un paso más allá, al analizar dos principales factores como lo son los Sistemas de Gestión y la Industrialización para poder tener con certeza el impacto de estos sobre la productividad y poder, a partir de estos resultados, tomar decisiones a futuro que impacten positivamente el desarrollo de la

productividad en los proyectos que ejecuta la Universidad Nacional del Altiplano Puno (UNAP).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el año 2005 se realizó una investigación acerca de la productividad en obras que ejecutaba la Oficina de Ejecución de Inversiones (OEI), llegando a resultados que mostraban que el trabajo productivo representaba solamente el 16% del tiempo que el personal obrero dedicaba a todas las actividades durante una jornada laboral. Encontrándose que esta baja productividad se debía a problemas como: existencia de tiempos muertos de las cuadrillas de trabajadores, obras a la espera de suministro de materiales, retraso y/o paralización en la ejecución de los trabajos por falta de equipos; características que son consideradas dentro de una correcta planificación y a su vez son englobadas por los distintos sistemas de gestión.

Considerando que desde entonces se han dado muchos cambios en los aspectos de gestión y administración dentro de una obra y que además el grado de industrialización en la construcción se ha incrementado a lo largo de los años, surge el interés por conocer cuál es el Nivel de Gestión e Industrialización actual en las obras que ejecuta la UNAP a través de la OEI; y a su vez determinar qué impacto tienen estos niveles en la productividad de la mano de obra.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el impacto de los Nivel de Gestión e Industrialización en la productividad de la mano de obra en proyectos ejecutados por la UNAP?

1.2.2. Problema específico

- ¿Cuál es la productividad de la mano de obra en proyectos que ejecuta la UNAP?
- ¿Cuál es el tipo de gestión de obra existente en los proyectos que ejecuta la UNAP y que impacto tiene en la productividad de la mano de obra?
- ¿Cuál es el grado de industrialización de la construcción existente en los proyectos que ejecuta la UNAP y que impacto tiene en la productividad de la mano?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

- El uso de mejores sistemas de gestión y niveles altos de industrialización tiene un impacto positivo en la productividad de la mano de obra en proyectos ejecutados por la UNAP.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación pretende ser un punto de apoyo para la mejora de la productividad y así reducir los costos de ejecución de las obras, pudiendo ser tomada como punto de partida para una propuesta basada en optimizar el nivel de gestión y el grado de industrialización en los proyectos que ejecuta la UNAP y de esta forma mejorar la inversión de sus recursos económicos.

La investigación se limita a las obras ejecutadas por la UNAP. La evaluación de la productividad toma en cuenta sólo a las personas que participen en los procesos constructivos sometidos a medición, es decir, que personas que no estén vinculadas directamente con las actividades son excluidas. La evaluación de la productividad es solamente de la mano de obra en la ejecución de procesos constructivos.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

- Evaluar el impacto del Nivel de Gestión e Industrialización en la productividad de la mano de obra en proyectos ejecutados por la UNAP

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar la productividad de la mano de obra en los proyectos que ejecuta la UNAP, mediante el Nivel General de Actividad (NGA)
- Evaluar el tipo de gestión de obra existente en los proyectos que ejecuta la UNAP y el impacto que tiene en la productividad de la mano de obra.
- Evaluar el nivel de industrialización de la construcción existente en los proyectos que ejecuta la UNAP y el impacto que tiene en la productividad de la mano de obra.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

A continuación, veremos resultados locales, nacionales e internacionales respecto a la productividad y su interrelación con distintos factores y variables que afectan su desempeño, siendo principalmente la implementación de la filosofía Lean Construction la que se encuentra más involucrada en la evolución de la productividad.

2.1.1. Antecedentes locales

- Apaza R. (2005) en su tesis “Análisis y Medición de la Productividad para su Mejoramiento en las Construcciones”, la cual tenía por objetivo medir y analizar la productividad en las construcciones de la Oficina de Arquitectura y Construcciones (OAC), desarrollada para la UNAP, analizó la productividad en las construcciones, con la filosofía Lean Construction; obteniendo como resultados que la mano de obra se dedicaba solamente el 16% del tiempo a realizar Trabajos Productivos (TP), dedicándose el resto del tiempo a Trabajos Contributivos (TC) en 38% y Trabajos No Contributivos (TNC) en 46%. Encontrándose también que la ineficiencia del planeamiento y programación de obras, así como la ineficiencia en el manejo de logística y el desaprovechamiento del recurso mano de obra son los factores claves que ocasionan la baja productividad.
- Esteba E, Huayta R. (2017) en su tesis “Aplicación del Lean Construction y algoritmos de flujo de redes en la evaluación del costo y duración de proyectos de edificación” desarrollada para la UNAP, aplican herramientas de Lean Construction con el objetivo de tener una mejor programación en la obra de

Administración. Además, analizaron la productividad que se alcanza con la aplicación de estas herramientas, midiendo el porcentaje de los tres tipos de trabajo obteniendo los siguientes resultados:

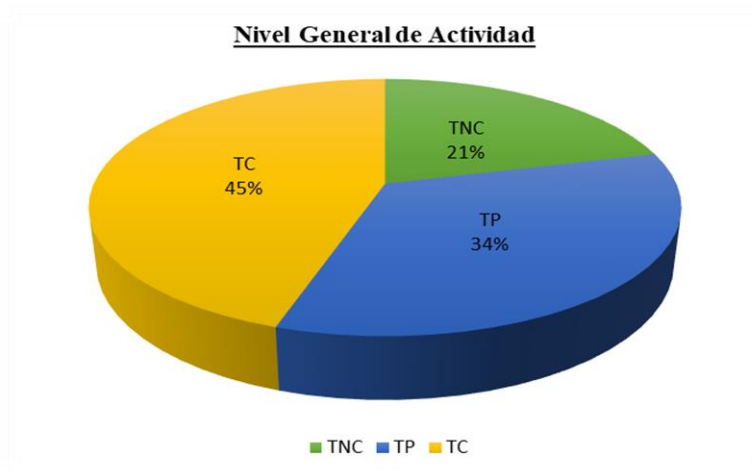


Figura 1. Resumen de NGA

Fuente: Esteba E, Huayta R. (2017, p.176)

Obteniendo también la distribución de los TC y TNC,

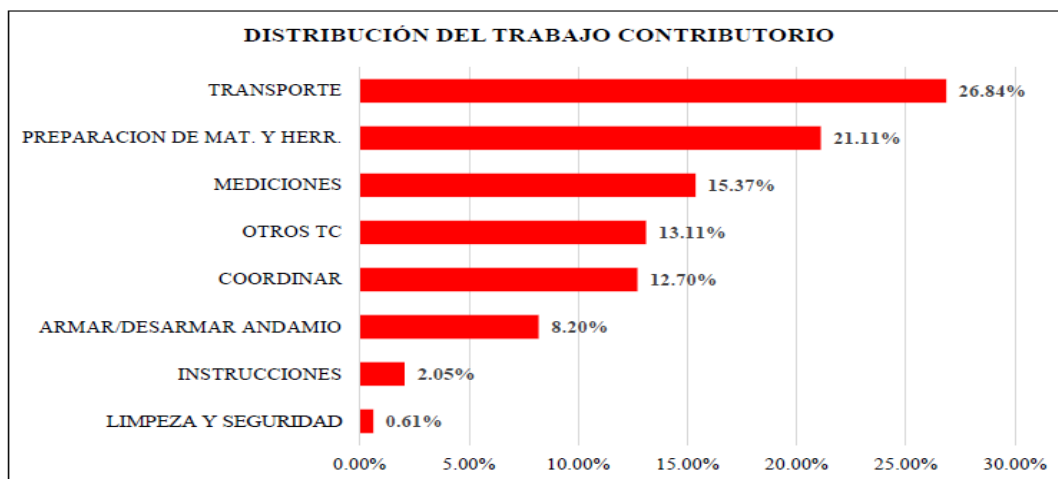


Figura 2. Resumen de NGA trabajo contributorio

Fuente: Esteba E, Huayta R. (2017, p.177)

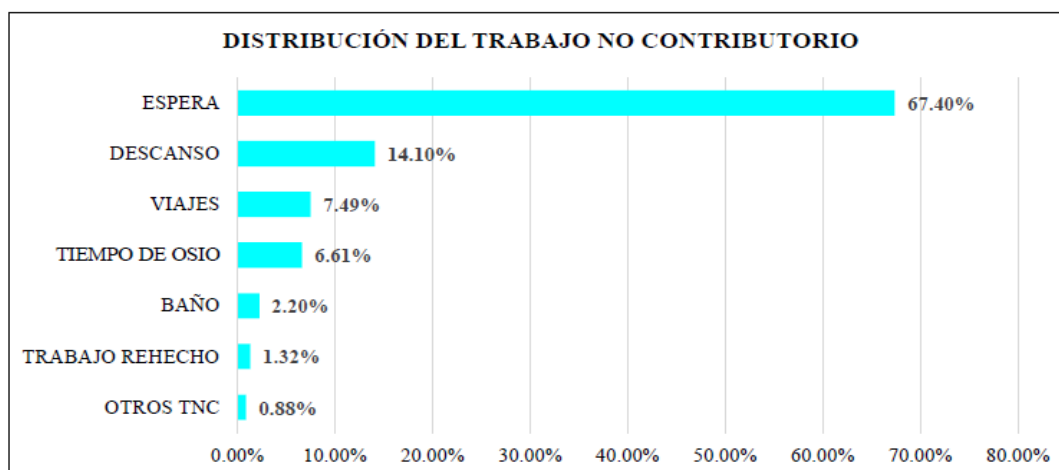


Figura 3. Resumen de NGA trabajo no contributorio

Fuente: Esteba E, Huayta R. (2017, p.177)

2.1.2. Antecedentes nacionales

- Flores R, Salízar C, Torres O. (2000) en su tesis “Diagnóstico y Evaluación de la Productividad en la Construcción de Obras Civiles a Nivel de Lima Metropolitana” desarrollada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, analizaron 50 obras en Lima, principalmente en el área de edificaciones con la finalidad de determinar el nivel competitivo de las empresas constructoras en Lima metropolitana. Esta investigación, asesorada por Virgilio Ghío Castillo, es el primer esfuerzo en Perú en realizar un diagnóstico de la productividad en la construcción, los resultados se determinaron mediante muestreos de trabajo del nivel general de obra, muestreos del trabajo para actividades particulares con sus respectivas cartas de balance, encuestas a profesionales responsables de obra y encuestas a personal. La investigación concluyó que el 28% del tiempo era dedicado al TP y además generó una clasificación de obra de acuerdo a los sistemas de administración existentes.
- Caña C, Escajadillo P. (2006) en su tesis “Diagnóstico y evaluación de la relación entre el tipo Estructural y la Integración de los Contratistas y Subcontratistas con el Nivel de Productividad en Obras de Construcción”

desarrollada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, realizaron mediciones en 26 obras a nivel de Lima Metropolitana, y presentaron una nueva forma de evaluación de trabajo, la cual podría ser utilizada para futuras investigaciones. En cuanto al tema de subcontratos, se presentó un esquema de clasificación de la relación que tienen con los contratistas. Luego de clasificar los subcontratos de cada obra medida, los comparó con el tiempo productivo para poder concluir si existe relación entre ambos valores. Estableciendo una referencia para futuros análisis comparativos de la productividad y su relación con otros factores. Respecto a la productividad obtuvieron los siguientes valores.

Tabla 1. Comparación entre las mediciones – Año 2000 y 2005

ACTIVIDAD			MEDICIONES 2000	MEDICIONES 2005
TP	P	Trabajo Productivo	28.00%	30.40%
TC	T	Transporte de todo	14.00%	18.80%
	L	Limpieza de todo	4.00%	4.20%
	I	Dar y recibir instrucciones	3.00%	6.00%
	M	Mediciones	5.00%	5.80%
	O	Otros	11.00%	9.30%
TNC	V	Viajes	13.00%	12.90%
	E	Esperas	6.00%	7.60%
	TO	Tiempo ocioso	10.00%	2.60%
	TR	Trabajo rehecho	3.00%	0.70%
	OT	Otros	3.00%	1.70%

Fuente: Caña C, Escajadillo P. (2006, p.58)

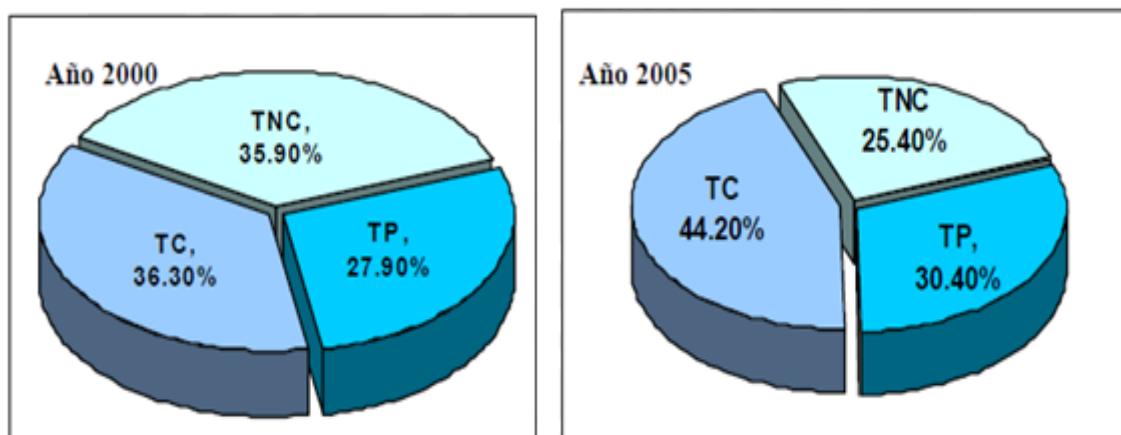


Figura 4. Comparación entre las mediciones – Año 2000 y 2005

Fuente: Caña C, Escajadillo P. (2006, p.58)

- Morillo T, Lozano M. (2007) en su tesis “Estudio de la productividad en una obra de edificación” desarrollada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, elaboran un estudio de tiempos y movimientos aplicado a la construcción de obra de edificación que tiene como fin identificar la secuencia constructiva, duración y mano de obra de los procesos de casco y acabados, así como también encontrar los flujos no productivos para reducirlos o eliminarlos. Mediante los análisis de los procesos se encontró que existen diversos flujos que pueden ser optimizados. Demostrando que existe en los trabajadores un alto potencial para efectuar otras labores durante el día.

2.1.3. Antecedentes internacionales

- Arboleda S. (2014) en su tesis de maestría “Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación” desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia, utilizando la herramienta “prueba de los 5 minutos”, analizan el tiempo de trabajo de 1000 trabajadores en 20 obras en Medellín con la finalidad de conocer la productividad y los rendimientos que se alcanzan con esa productividad, para poder crear una base de datos con rendimientos reales

referidos a la zona Medellín. Clasificando los tiempos de trabajo de la siguiente forma: Trabajo productivo (50%), Trabajo contributivo (26%) y Trabajo no contributivo (24%).

- Jaramillo L, Contreras R. (2014) en su tesis “Estudio de los rendimientos en mano de obra para proyectos de construcción de edificios en altura tipo vivienda en la ciudad de Medellín” desarrollada en la Universidad de San Buenaventura de Colombia, continúan el trabajo de (Arboleda Lopez, 2014) ampliando la base de datos de rendimientos de la mano de obra en la ciudad de Medellín, con la misma metodología de obtener los tiempos de trabajos; siendo el trabajo productivo 45%, el trabajo contributivo 25% y el trabajo no contributivo 30%.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Productividad

2.2.1.1. Definición de productividad

Existen varios conceptos de productividad, de acuerdo a (Serpell, 2002) la productividad es la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. Según (Ghio Castillo, 2001) nos indica que la productividad es el cociente de la división de la producción entre los recursos usados para lograr dicha producción.

Para (Allmon, 2011) la productividad es 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. Una productividad mayor, significa hacer más con la misma cantidad de recurso o hacer lo mismo con menos capital, menos trabajo y en menor tiempo.

Y (Niebel, 2001) nos dice que el mejoramiento de la productividad se refiere al incremento de la producción por hora trabajado o por tiempo gastado. Como base fundamental para el mejoramiento de la productividad se encuentra los recursos humanos, ya que este recurso es el capital más importante y valioso de toda la empresa.

Luego podemos decir que la productividad es la relación de la cantidad de obra ejecutada con efectividad, y con un estándar de calidad y tiempo. Por tanto, la productividad se resume en la optimización de los recursos (mano de obra, materiales, equipos, tiempo y dinero).

2.2.1.2. Productividad de la mano de obra en la construcción civil

Según (Serpell, 2002) en la construcción, los principales recursos empleados en los proyectos son:

- Los materiales
- La mano de obra
- La maquinaria y equipos

Considerando los diferentes tipos de recursos, es posible hablar de las siguientes productividades:

- **Productividad de los materiales:** En la construcción es importante una buena utilización de los materiales, evitando todo tipo de pérdidas.
- **Productividad de la mano de obra:** Es un factor crítico, ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende, en gran medida, la productividad de los otros recursos. En este caso en particular debido a la relevancia de este tipo de productividad, es necesario que estén presentes tres elementos básicos para que esta sea productiva: El obrero debe “DESEAR” realizar un buen trabajo, lo que está relacionado con la motivación y satisfacción en el trabajo. El obrero debe "SABER" hacer un buen

trabajo, lo que tiene una relación con la capacitación y entrenamiento del mismo. El obrero debe "PODER" realizar un buen trabajo, lo que implica una administración eficiente y efectiva.

- **Productividad de la maquinaria:** Este factor es importante por el alto costo de los equipos, por lo tanto, es muy relevante evitar las pérdidas en la utilización de este tipo de recurso.

La productividad de la mano de obra está relacionada tanto con el uso de este insumo como con el tiempo de ejecución del proyecto; por lo tanto, afecta no solo el costo directo sino los costos variables (dependientes del tiempo) del presupuesto de una obra. El paso inicial para iniciar cualquier estudio de productividad, es definir los conceptos de productividad, productividad de la mano de obra y la medición de esta.

2.2.1.3. Trabajo

El trabajo es la expresión final o la demostración de la acción de la administración. También se define como la actividad humana lícita., remunerada que expresa la capacidad creativa del hombre, manifestada como esfuerzo físico, intelectual o artístico (Serpell, 2002).

El trabajo es concebido como un factor de la producción representado por la actividad humana aplicado a la producción de bienes y servicios, y cuya retribución se denomina salario. Por otra parte, el trabajo consiste en el ejercicio de nuestras facultades aplicado a la consecución de algún fin racional y es condición precisa del desarrollo y progreso humanos en todas las esferas.

En el mismo sentido, el trabajo es considerado como “uno de los factores productivos básicos, junto con la tierra y el capital, que se combina con ellos para la producción de bienes y servicios. El trabajo, por su propia naturaleza, se negocia en un mercado con características propias, el mercado de trabajo”.

2.2.1.3.1. *Tipos de trabajo.*

Para la productividad en obra se tomó en cuenta:

a) **TRABAJO PRODUCTIVO (TP)**

Es el tipo de trabajo que aporta en forma directa a la producción, como, por ejemplo, el vaciado de concreto, asentado de muros, enlucido de cielo raso, enchapado de piso, tarrajado de muros interiores, empastado de muros, etc.

No existe un modo estandarizado para determinar si un trabajo es productivo. La determinación dependerá tanto del criterio del observador como de las circunstancias en que el trabajo es realizado; tomando siempre en cuenta que este debe ser realizado de manera eficiente (Clarkson, 2013).

Estos lineamientos fueron tomados como base para el presente trabajo de investigación.

b) **TRABAJO CONTRIBUTORIO (TC)**

Es el tipo de trabajo que se califica como ayuda, apoyo, asistencia, que es necesario para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad aparentemente necesaria pero que no aporta valor al producto terminado, es un tipo de pérdida de segunda categoría. (Ghio Castillo, 2001)

Este tipo de trabajo está presente siempre, es inherente a cualquier actividad de producción, se puede controlar mas no eliminar del todo, se tiene como ejemplo lo siguiente. Transporte manual, Mediciones, Aseo o limpieza e Instrucciones.

c) **TRABAJO NO CONTRIBUTORIO O NO PRODUCTIVO (TNC)**

Es cualquier actividad que no genere valor y que caiga directamente en la categoría de pérdida. Son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor al producto terminado. (Serpell, 2002)

2.2.1.4. *Diagnóstico de productividad en la construcción*

El trabajo de investigación incluye los siguientes puntos:

a) **MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD**

Se realiza mediante la toma de datos y su posterior procesamiento y análisis estadístico (Ghio Castillo, 2001). Para ello se utilizan formatos diseñados para tal fin, detallados a continuación.

- **Muestreo de trabajo del Nivel General de Obra:** Este es un muestreo estadístico que se realiza de forma aleatoria en el cual se contabiliza el TP, TC y TNC, así como los diferentes componentes de cada uno de estos tipos de trabajo. Esta medición está orientada a la cuantificación de cómo es usado el tiempo por el personal obrero en toda la obra. De esta forma podemos evaluar numéricamente que porcentaje del tiempo de trabajo total de los obreros se dedica a labores productivas, cuantos a labores contributivas y cuanto a labores no contributivas. Adicionalmente, los TC y TNC se subdividen en sub componentes, los cuales son discutidos más adelante.
- **Encuestas a profesionales responsables de obra:** Entrevistas para conocer la organización interna de la administración de las obras, las responsabilidades de cada profesional en el nivel de detalle de la planificación tanto en obra como a nivel empresa, así como los esfuerzos realizados para el mejoramiento de los sistemas de los sistemas de producción.

b) EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

Se utilizan los datos obtenidos para diagnosticar la situación de la obra, identificando los problemas. De esta forma se puede determinar el plan de acción a seguir una vez evaluadas las diferentes alternativas.

2.2.1.5. Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos y movimientos es el análisis sistemático de los métodos de trabajo. Esta herramienta ha sido utilizada desde finales del siglo XIX. Actualmente sigue vigente, teniendo un amplio campo de aplicación en diversos negocios e industrias para solucionar problemas de producción y reducir costos.

Los estudios del tema (Taylor, 1911), (Gilbreth & Gilbreth, 1911) iniciaron estos estudios aproximadamente hacia la misma época, pero de forma independiente. Las investigaciones de Taylor se centraron en el estudio de tiempos con la finalidad de determinar los tiempos tipo para la ejecución de procesos. Mientras que los Gilbreth hicieron lo propio orientándose hacia el estudio de los movimientos para el perfeccionamiento de los métodos.

A continuación, se explicarán brevemente el origen y aportes de ambos estudios.

a) ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos es la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables.

En 1893, Taylor desarrolló un sistema basado en el concepto de “tarea” en el cual se proponía que la administración de una empresa debía planificar el trabajo de cada

empleado por lo menos con un día de anticipación, e instruir a cada trabajador sobre las tareas que debían realizar, detallándolas por escrito e indicando los medios que debían emplear para llevarlas a cabo. Estas tareas debían tener una duración estándar definida, basada en investigaciones previas que determinen el tiempo requerido de ejecución de las mismas.

El Estudio de Tiempos plantea que el trabajo en sí consta de dos partes. La primera parte es el contenido básico de trabajo, la cual fija el tiempo mínimo irreducible que se necesita teóricamente para obtener una unidad de producción. La segunda parte es el contenido de trabajo suplementario, es decir, el tiempo adicional al teórico que sucede debido a deficiencias en el diseño o en la especificación del producto o de sus partes, o a la utilización inadecuada de materiales, o debido a la influencia de los recursos humanos.

b) ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

El estudio de movimientos se define como el análisis de los movimientos del cuerpo humano empleados para realizar una labor determinada, con la mira de mejorar esta, eliminando los movimientos innecesarios, simplificando los necesarios y estableciendo luego la secuencia o sucesión de movimientos más favorables para lograr una eficiencia máxima. El estudio de tiempos y movimientos se ha perfeccionado continuamente desde la década de 1920 y en nuestros días se le reconoce como un medio o instrumento necesario para el funcionamiento eficaz de los negocios y las industrias.

El principal aporte de los Gilbreth lo constituyen la definición de los “therblig” o movimientos fundamentales y la formulación de las leyes básicas de la economía de movimientos, los cuales se detallan a continuación.

c) MOVIMIENTOS FUNDAMENTALES

Los Gilbreth denominaron “therbligs” (su apellido deletreado al revés) a los movimientos fundamentales. Estos son 17 y son los siguientes:

- **Buscar:** es la parte del ciclo durante la cual los ojos o las manos tratan de encontrar un objeto. Comienza en el instante en que los ojos se dirigen o mueven en un intento de localizar un objeto, y termina en el instante en que se fijan en el objeto encontrado. Buscar es un therblig que el analista debe tratar de eliminar siempre.
- **Seleccionar:** este es el therblig que se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza de entre dos o más semejantes. También es considerado como un movimiento ineficiente.
- **Tomar (o asir):** este es el movimiento elemental que hace la mano al cerrar los dedos rodeando una pieza o parte para asirla en una operación. Es un therblig eficiente y, por lo general, no puede ser eliminado, aunque en muchos casos se puede mejorar.
- **Alcanzar:** corresponde al movimiento de una mano vacía, sin resistencias hacia un objeto o retirándola de él. Puede clasificarse como un therblig objetivo y, generalmente, no puede ser eliminado del ciclo del trabajo. Sin embargo, puede ser reducido acortando las distancias requeridas para alcanzar y dando ubicación fija a los objetos.
- **Mover:** comienza en cuanto la mano con carga se mueve hacia un sitio o ubicación general, y termina en el instante en que el movimiento se detiene al llegar a su destino. El tiempo requerido para mover depende de la distancia, del peso que se mueve y del tipo de movimiento. Es un therblig efectivo y es difícil eliminarlo del ciclo de trabajo.

- **Sostener:** esta es la división básica que tiene lugar cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra mano ejecuta trabajo útil. Es un therblig ineficiente y puede eliminarse, por lo general, del ciclo de trabajo.
- **Soltar:** este elemento es la división básica que ocurre cuando el operario abandona el control del objeto.
- **Colocar en posición:** Se presenta como duda o vacilación mientras la mano, o las manos, tratan de disponer la pieza de modo que el siguiente trabajo pueda ejecutarse con más facilidad, de hecho, de colocar en posición puede ser la combinación de varios movimientos muy rápidos.
- **Pre colocar en posición:** este es un elemento de trabajo que consiste en colocar un objeto en un sitio predeterminado, de manera que pueda tomarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite.
- **Inspeccionar:** es un elemento incluido en la operación para asegurar una calidad aceptable mediante una verificación regular realizada por el trabajador que efectúa la operación.
- **Ensamblar:** es la división básica que ocurre cuando se reúnen dos piezas embonantes. Es un therblig objetivo y puede ser más fácil mejorarlo que eliminarlo.
- **Desensamblar:** ocurre cuando se separan piezas embonantes unidas. Es un therblig de naturaleza objetiva y las posibilidades de mejoramiento son más probables que la eliminación del therblig.
- **Usar:** es completamente objetivo y tiene lugar cuando una o las dos manos controlan un objeto, durante el ciclo en que se ejecuta trabajo productivo.

- **Demora (o retraso) inevitable:** Interrupción que el operario no puede evitar en la continuidad del trabajo. Corresponde al tiempo muerto en el ciclo de trabajo experimentado por una o ambas manos, según la naturaleza del proceso.
- **Demora (o retraso) evitable:** es todo tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que sólo el operario es responsable, intencional o no intencionalmente.
- **Planear:** es el proceso mental que ocurre cuando el operario se detiene para determinar la acción a seguir.
- **Descansar (o hacer alto en el trabajo):** Esta clase de retraso aparece rara vez en un ciclo de trabajo, pero suele aparecer periódicamente como necesidad que experimenta el operario de reponerse de la fatiga.

d) MÉTODOS APLICADOS EN EL ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

Los Gilbreth utilizaron los siguientes métodos para realizar sus investigaciones:

- **Método visual:** Se utiliza este método para realizar un estudio de movimientos. Para ello se emplea una cámara fotográfica la cual capta las imágenes del desarrollo del proceso en diferentes instantes de tiempo. Se debe aplicar esta técnica a diferentes operarios para obtener conclusiones y así determinar la mejor manera de ejecutar las tareas de los trabajadores.
- **Método Ciclográfico:** Se utiliza para registrar la trayectoria del movimiento de un operario. Para ello se coloca una pequeña lámpara en un dedo, mano u otra parte del cuerpo de un operario y se fotografía la trayectoria de la luz con una cámara estereoscópica.
- **Método Cronociclográfico:** Se utiliza para registrar la trayectoria del movimiento, tiempo, velocidad, aceleración y deceleración de un operario.

Para ello se coloca una pequeña lámpara en un dedo, mano u otra parte del cuerpo del operario, luego se coloca un interruptor en el circuito eléctrico de la lámpara prendiendo la luz rápidamente y apagándola lentamente para luego fotografiar la trayectoria de luz con una cámara estereoscópica. La fotografía mostrará una línea de trazos con puntos de forma de pera que indican la dirección de movimiento. Los puntos de luz estarán distanciados de acuerdo con la velocidad del movimiento, muy separados cuando el operario se mueve de prisa y muy próximos cuando el operario es lento. A partir de él pueden construirse modelos en alambre mostrando las trayectorias de los movimientos.

- **Método película cinematográfica:** Conocido también como “estudio de micro movimientos”, emplea una cámara filmadora para registrar los procesos y un dispositivo de medida de tiempo que indica con precisión los intervalos empleados en la ejecución de cada operación. Se recomienda aplicar este método en la investigación de operaciones de ciclos cortos y altamente repetitivos, en procesos de carácter predominantemente manual o bien en trabajos producidos en grandes volúmenes u operaciones ejecutadas por gran número de trabajadores.

2.2.2. SISTEMAS DE GESTIÓN

2.2.2.1. *Filosofía Lean*

El término “lean” se origina en el Japón a fines de la década de los 50 e inicios de los 60, como producto de las investigaciones realizadas por ingenieros de la empresa ensambladora de automóviles Toyota Motor, que pretendía mejorar su línea de producción. Uno de los más reconocidos en el tema fue el ingeniero Taiichi Ohno, encargado de la producción, quien buscaba eliminar los residuos y mejorar los tiempos de entrega de los automóviles a los clientes sustituyendo la tradicional producción en

masa por la producción a pedido del cliente y evitar, además, la acumulación de mercancía.

Con las investigaciones se desarrolló lo que se conoce como “Lean Production” o “Producción sin pérdidas”, que comprende una gran variedad de sistemas de producción que comparten el principio de minimización de pérdidas (como se citó en (Porrás Díaz, 2014)).

Al comenzar la década de los 90, la nueva filosofía de producción ya era conocida en otros lugares, de diferentes maneras, entre ellas “producción sin pérdidas”, “nuevo sistema de producción” o “manufactura de clase mundial”, y fue implementada en otros campos como la administración y el desarrollo de productos. (Koskela, 1992)

a) LEAN PRODUCTION (Producción sin Pérdidas)

El Lean Production es un sistema que tiene como finalidad eliminar o reducir al máximo los elementos que no aporten de manera positiva en recursos, tiempo, espacio u otros; para agregarle valor al producto, ya que como sabemos lo que busca el Lean Production es agregarles valor a sus productos eliminando actividades innecesarias (desperdicios). (Guzmán Tejada, 2014)

Taiichi Ohno revela que desperdicio es todo lo que no agrega directamente valor al producto final o que no contribuye a la transformación de los productos y es esto lo pretende destruir la filosofía de gestión Lean.

Las actividades que no agregan valor son definidas como pérdidas o mudas entonces es importante conocer los siete tipos de desperdicios: Taiichi Ohno (como se citó en (Gómez Botero, 2010))

- **Muda por sobreproducción:** Se genera al producir más cantidad de la que se precisa y a un ritmo más rápido del necesario. De aquí la principal regla de oro que es la que fundamenta el Lean Manufacturing: “Producir lo que el cliente

- necesita, cuando lo requiere y en la cantidad justa”. Para Ohno éste es el desperdicio más importante ya que causa la mayoría de los demás desperdicios.
- **Muda de espera:** Se genera cuando el operario ya no tiene a su disposición las piezas necesarias para la ejecución de su tarea: las manos están desocupadas. Esta muda es generada fundamentalmente por los tiempos de preparación, los tiempos en que una pieza debe esperar a otra para continuar su procesamiento, el tiempo de cola para su procesamiento, pérdida de tiempo por labores de reparaciones o mantenimientos, tiempos de espera de órdenes, tiempos de espera de materias primas o insumos.
 - **Muda de transporte:** El transporte de un lugar a otro de los productos no genera ninguna creación de valor (Cuatrecasas et ál., s.f.) Al contrario, los transportes consumen espacio y capitales. El método Lean Manufacturing propone que los circuitos logísticos sean lo más cortos posibles, ya que se ocasionan gastos por exceso de manipulación, lo cual lleva a sobreutilización de mano de obra, transporte y energía.
 - **Muda por procesamiento:** En el manual para la implantación del Sistema de Producción Lean (Cuatrecasas et ál., s.f.), se presenta como un esfuerzo que no agrega valor adicional al producto y para evitar esta muda ponen como regla de oro “Entender las especificaciones del cliente”. Los desperdicios son generados por fallas en materia de layout, disposición física de la planta y sus maquinarias, errores en los procedimientos de producción, incluyéndose también los errores en materia de diseño de productos y servicios.
 - **Muda de stock (inventario):** Material no necesario que dificulta el flujo. Cuando están almacenados, los productos terminados, semi terminados y las materias primas no crean ningún valor añadido (Hicks, 2007). Por el contrario,

los stocks excesivos aumentan los costos debido a las inversiones necesarias para su manutención.

- **Muda de desplazamiento:** Los desplazamientos y los movimientos inútiles de los operarios en el puesto de trabajo no crean ningún valor añadido. Por el contrario, aumentan las dificultades del trabajo y consumen espacio. Este problema se soluciona mediante la configuración de puestos de trabajo que posibilitan la tarea.

La concepción del proceso de producción ha evolucionado desde entonces pasando por tres modelos: El primero ve a la producción como transformación (modelo de transformación), el segundo adiciona a la transformación el flujo (modelo de transformación y flujo) y el tercero adiciona al modelo anterior el valor (modelo de transformación, flujo y valor). De este modo que este tipo de estudios de tiempos sea mejorada y utilizado con mayor frecuencia para minimizar las pérdidas en el proceso constructivo.

b) LEAN CONSTRUCTION (Construcción sin perdidas)

En 1997 Glenn Ballard y Greg Howell crearon el Lean Construction Institute con el objetivo de desarrollar y difundir nuevos conocimientos en la gestión de proyectos, ya que en esos momentos la principal preocupación era la mejora de la productividad del trabajador y que se respeten los principios de diseño y la gestión de los procesos de producción.

Lean Construction es una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción. Ésta es la aplicación de la filosofía producción sin pérdidas (Lean Production) en la construcción, la cual aparece en los años 50 en Japón la cual fue aplicada en el sistema Toyota. La idea principal es la eliminación de inventarios y pérdidas, la subdivisión de la producción en pequeñas partes, simplificar la estructura de

la producción, utilización de máquinas semiautomáticas, cooperación entre proveedores, etc. ((Monden, 1987), (Ohno, 1991), (Shingo, 1993)).

Antes de la aparición de la filosofía de producción sin pérdidas se desarrollaron los siguientes modelos de producción:

- Fordismo

Modelo implementado por Henry Ford, fabricante de automóviles, entre los años 30 y 70. Este modelo utilizó una cadena de montaje que regulaba o controlaba el trabajo de los obreros, la cual hizo posible la producción en masa, reducción del tiempo y costos de fabricación. Además, se logró una estandarización de los procesos a través de la subdivisión de los trabajos de los obreros, garantizando de la calidad del producto.

Sin embargo, el carácter repetitivo y poco creativo de los trabajos realizados por la mano de obra dio origen a la crisis de este modelo. En los años 70 se observó que la productividad en vez de incrementarse decrecía, lo cual se fundamentaba en la falta de motivación del personal en realizar las labores.

- Toyotismo

El sistema de producción Toyota, denominado también Toyotismo, surgió en Japón en los años 70, relegando el modelo fordista. Este nuevo prototipo se basa en los siguientes puntos:

- Flexibilidad laboral.
- Alta rotación en los puestos de trabajo.
- Aumento de la productividad a través de la gestión y organización (JIT)
- Trabajo combinado.
- Horizontalidad de jerarquía.
- Relación entre tiempo y producción.

- Lograr un inventario mínimo, stock cero.

El resultado de la aplicación de este modelo es un nuevo tipo de fábrica donde los procesos se ejecutan de forma flexible y transparente, del cual surge la filosofía Producción sin pérdidas (Lean Production). Esta propone que los procesos de producción siguen un modelo que considera tanto las actividades de conversión como los flujos.

Modelo de conversión

Tradicionalmente, el proceso de producción era entendido como una secuencia en la que materias primas (entradas) eran convertidas o transformadas mediante una serie de tareas en productos (salidas), siguiendo un modelo de producción conocido como "Modelo de Conversión". Este modelo también considera los subprocesos implicados en el proceso de producción, tal como muestra la siguiente figura.

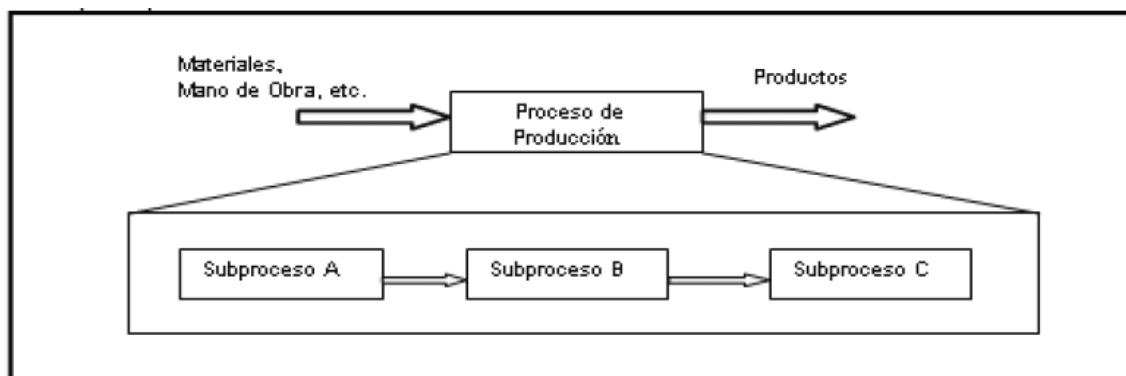


Figura 5. Modelo de Conversión

Fuente: Morillo T, Lozano M. (2007, p.08)

De acuerdo a este modelo todos los subprocesos implicados añaden valor al producto final. Si alguno de éstos no se desarrolla satisfactoriamente afectará a los demás de la línea de producción. Sin embargo, dado que se da mayor importancia a las tareas de transformación no es sencillo identificar los puntos en los cuales se originan las pérdidas

y demoras, lo cual se traduce en un producto de baja calidad e incertidumbre dentro del proceso.

Otro de los puntos errados de este modelo es que considera que es posible reducir el costo total del proceso minimizando los costos de todos los subprocesos que intervienen. Esta premisa es incorrecta porque no considera la variabilidad de los resultados ni los efectos de la interdependencia entre subprocesos.

Modelo de flujos

Se definen los flujos como todas aquellas actividades y/o eventos necesarios para obtener el producto, no solo las actividades de transformación, por lo tanto, se incluyen también aquellas actividades y/o eventos que no agregan valor en el proceso de producción, tales como esperas, inspección, trabajo rehecho, transporte, etc.; así como las actividades de conversión que sí realizan un cambio evidente hacia la obtención del producto. Considerando que ambas siempre van a estar presentes dentro del proceso de producción, Construcción sin pérdidas plantea que debe buscarse minimizar y/o eliminar todo aquello que no agrega valor al producto y hacer más eficientes las actividades de conversión. De esta manera podrían reducirse las pérdidas en los procesos e incrementar la producción.

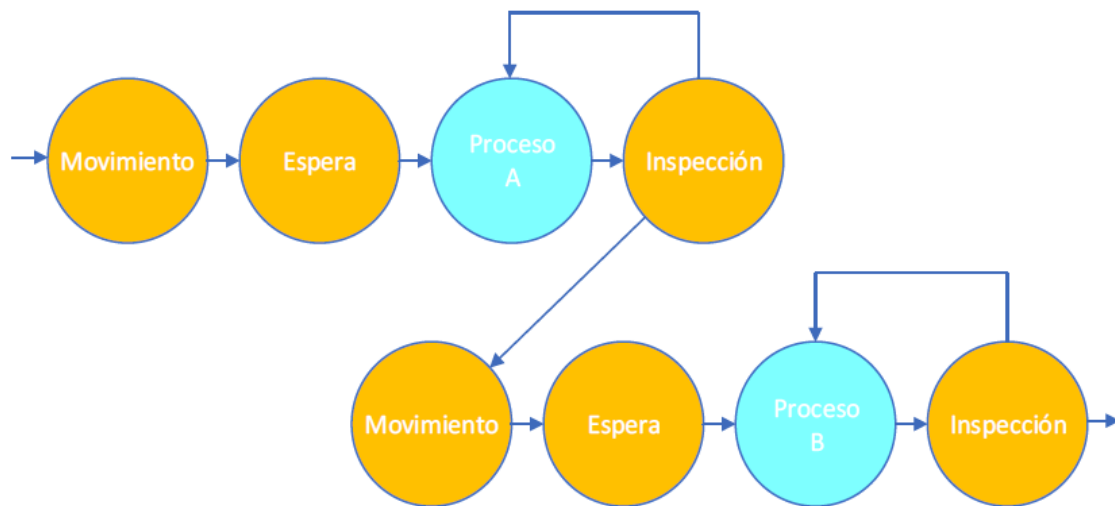


Figura 6. Modelo de Flujo

Fuente: Esteba E, Vilca R. (2017, p.35)

La nueva filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción en la práctica (Koskela, 1992).

- Reducción de las actividades que no agregan valor.
- Incremento del valor de la producción a través de una consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducción de la variabilidad.
- Reducción del tiempo de los ciclos.
- Simplificación mediante la reducción de pasos, partes y relaciones.
- Incremento de la flexibilidad del producto terminado.
- Incremento de la transparencia de los procesos.
- Enfoque en el control de los procesos completos.
- Introducción de procesos de mejoramiento dentro de nuestros procesos.
- Balance de mejoramiento de los flujos con el mejoramiento de las conversiones.
- Comparaciones periódicas dentro y fuera de la empresa (Bench parking).

El objetivo de la Construcción sin pérdidas es entender "la física y lo intangible" de producción en la Construcción, es decir, los movimientos de las unidades de

producción que intervienen en un proceso constructivo dentro de una obra; comprender la interdependencia entre procesos y subprocesos; e incrementar la confiabilidad de los flujos.

Una forma de incrementar la confiabilidad en los procesos es hacer la planificación de actividades en plazos más cortos o inmediatos. Para ello se pueden emplear herramientas tales como la Planificación anticipada de recursos (Look Ahead Planning) y el Último Planificador (Last Planner), las cuales se explicarán a continuación.

c) MODELOS DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN

- PRIMER MODELO: MODELO DE TRANSFORMACIÓN

El primero modelo o llamado también de transformación ve a la producción como un proceso de entradas y salidas. Este proceso se puede dividir en subprocesos de conversión y como lo menciona. (Koskela, 1992).

Las críticas a este modelo son que ignora los flujos como el movimiento, espera, etc., los cuales afectan la eficiencia de los procesos.

- SEGUNDO MODELO: MODELO DE TRANSFORMACIÓN Y FLUJO

El segundo modelo define a la producción como un flujo de materiales e información que pasa entre los procesos de producción desde la entrega de las materias primas hasta el producto final.

Aquí se hace una distinción entre dos tipos de actividades es decir las que no añaden valor y las que sí. Las primeras se denominan así porque consumen recursos, pero no añaden valor al cliente y son las de actividades de flujo que se deben eliminar o reducir mientras que las segundas son las de conversión que deben ser más eficientes. Esta nueva conceptualización ha dado lugar a la nueva filosofía que se conoce como Lean Production.

d) HERRAMIENTAS O MÉTODOS LEAN

- JUST IN TIME (JIT)

El JIT es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción de manera que las materias o componentes que se necesitan Siguen a la línea de producción "Justo a Tiempo", es decir en el momento oportuno y en la cantidad necesaria. Requiere producir sólo la cantidad exacta, en la calidad requerida, en el momento preciso y al más bajo costo.

La idea es producir el artículo necesario, en la cantidad y momento adecuado y al menor coste posible. Este modelo considera el flujo de producción en sentido inverso al tradicional. Establece que la demanda “jala” el proceso productivo, es decir la producción depende directamente de lo que pide el cliente. (Ohno, 1991) y (Shingo, 1993)

Al respecto, el JIT considera que en la línea de producción existen clientes y proveedores internos, los cuales aparecen en cada proceso, siendo los clientes de un proceso los proveedores del proceso que sigue en la cadena. Este concepto garantiza la calidad de los productos a lo largo de la cadena productiva y la eliminación de los inventarios o pérdidas, ya que sólo se puede continuar la producción si el producto satisface los requerimientos del cliente.

Para que este modelo funcione deben cumplirse los siguientes requisitos:

- Involucrar a la empresa desde la alta gerencia hasta los trabajadores de menor rango.
- Promover la mejora continua, proporcionando las herramientas adecuadas tales como capacitación, círculos de calidad, grupos de sugerencias, etc.; en la empresa.

- Divulgar los logros conseguidos.
- Reconocer méritos.
- Transmitir la filosofía de la empresa a los proveedores para involucrarlos en ella.

A pesar de los puntos mencionados anteriormente, es necesario señalar que existen riesgos de paralizar la línea de producción debido a que este modelo no admite inventario alguno. Por tanto, es indispensable crear un sistema que garantice la transparencia y confiabilidad de los procesos. (Ohno, 1991)

Los objetivos del JIT suelen resumirse en la denominada "Teoría de los Cinco Ceros", siendo éstos:

- Cero averías. Relacionado con las máquinas y el Mantenimiento Productivo Total
- Cero defectos en los productos. Relacionado con la Calidad Total.
- Cero pérdidas de tiempo. Relacionado con el ciclo de fabricación. Con ello se pretende aumentar el índice de tiempo de transformación, que viene dado por la relación entre el tiempo durante el que se agrega valor al producto y el tiempo total de permanencia en planta del mismo.
- Cero burocracias. Relacionado con el control contable.
- Cero stocks. Relacionado con las existencias.

A los que suele agregarse:

- Cero accidentes.
- Cero desprecio por las capacidades del personal.
- Cero tiempos al mercado.

- PLANIFICACIÓN ANTICIPADA DE RECURSOS (Look Ahead Planning)

El concepto original de la planificación anticipada de recursos fue desarrollado por (Ballard & Howell, 1994). En esta última publicación se propusieron tres niveles de planeamiento para la construcción:

- **Primer nivel:** Se hace una planificación maestra o global de todo el proyecto.
- **Segundo nivel:** Se hace una planificación a mediano plazo (dos a tres semanas), lo cual incrementa la confiabilidad de la producción y ajusta el abastecimiento de los recursos de acuerdo a la demanda.
- **Tercer nivel:** Se hace un planeamiento en un plazo más corto (1 semana), detallando los recursos de cada tarea.

Para garantizar el correcto funcionamiento de este tipo de planificación se debe hacer un seguimiento del PPC (Porcentaje de actividades cumplidas) e identificar las causas del no cumplimiento.

Este sistema se asemeja a la utilización de una agenda donde diariamente o semanalmente, dependiendo del grado de detalle de este sistema, se anota las actividades a realizar, no para la semana o el día presente, sino, para los días o semanas que están por venir. Además, se anotan las observaciones de la conformidad o no conformidad de la ejecución de ellas, logrando de este modo una planificación más confiable.

Debe indicarse que la aplicación de esta herramienta implica temas adicionales tales como coordinación con los proveedores, el detalle de las cantidades de los materiales a emplear en cada partida, conocimiento de la capacidad de almacenamiento en obra, conocer las restricciones para la ejecución de los procesos durante el desarrollo del proyecto, etc.

Líneas de trabajo

Para lograr una planificación confiable es necesario conocer cuando realmente se realizarán las actividades y por tanto se podrá también planificar el abastecimiento de los recursos tal como se indicó anteriormente. Por ello en las edificaciones tipo vivienda o en aquellas donde el producto a realizar sea repetitivo, se utilizan las líneas de trabajo, de modo similar a las líneas de producción en las fábricas.

Las líneas de trabajo se refieren a una secuencia de procesos dependientes entre sí donde la ejecución de cada uno de ellos es indispensable para la elaboración de un producto final.

Para elaborar una programación de los trenes de trabajo se realiza lo siguiente:

- Definir todas las tareas o actividades que son necesarias de ejecutar para obtener el producto y establecer una secuencia lógica de ejecución entre ella.
- Colocar las tareas o actividades a ejecutar (parte izquierda del cuadro).
- Establecer los días o fechas en los cuales se realizarán esas actividades.
- Indicar que proceso iniciará primero. Para ello se escribe en cada recuadro la nomenclatura del lugar específico donde se realizará la tarea.

	Semana 1					Semana 2				
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Acero de muros										
Encofrado de muros										
Vaciado de muros										
Encofrado de losa										
Acero de losa										
Vaciado de losa										

Figura 7. Formato para programación con trenes de trabajo

- ÚLTIMO PLANIFICADOR (Last Planner)

El último planificador o Last Planner es aquella persona responsable de la asignación efectiva de funciones a ejecutar verificando que los recursos

disponibles sean los suficientes para que lo que se quiere realizar sea igual a lo que se puede realizar y entonces se ejecute, es decir, decide si una tarea se va a realizar o no en función a las condiciones en la zona de trabajo. Actualmente en el sector construcción es muy común que esta actividad esté delegada, paradójicamente, al capataz de la obra, siendo ejecutada de forma absolutamente empírica y sin una visión global del programa de la obra.

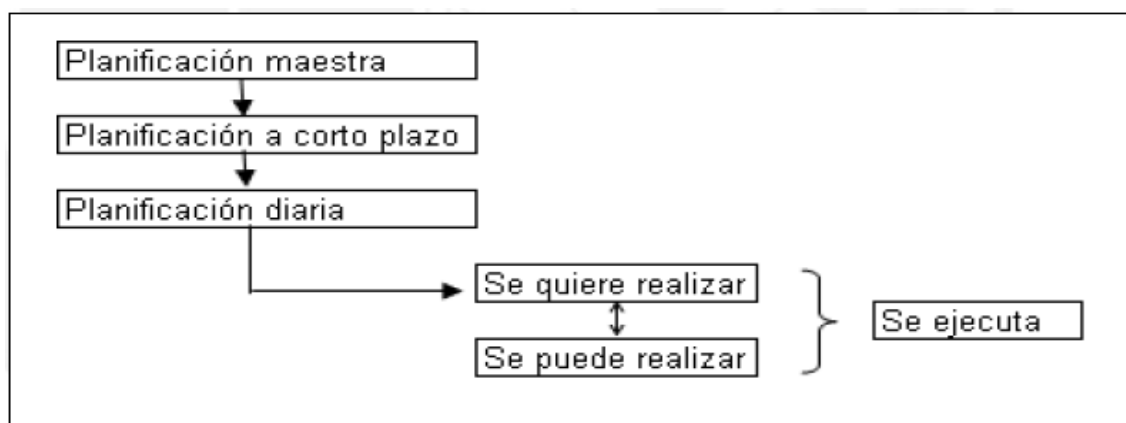


Figura 8. Niveles de planificación

El último planificador tiene como función asignar tareas a cada una de las cuadrillas para se cumplan las tareas programadas de acuerdo a la Planificación anticipada de recursos (Look Ahead planning). El último planificador deberá de tener en cuenta los recursos disponibles, es decir: materiales, mano de obra, equipos (estos previstos a través de un look ahead de suministro de materiales y equipos) y el tiempo disponible. Considerando estos factores se debe generar una orden de trabajo a cada capataz de la cuadrilla, especificando la tarea a realizar, los recursos necesarios y la calidad requerida del producto.

2.2.2.2. Sistema CVG

La mayoría de obras se maneja a través de controles de producción que solo permiten realizar un seguimiento al avance de los trabajos y un chequeo simple de

rendimientos y programación. En resumen, la preocupación es llegar al plazo sin pérdidas económicas.

Un manejo de obra orientado al aumento de la productividad abarca desde una planificación detallada hasta un orden específico del personal en cada frente de trabajo. Establecer un sistema para manejar la producción de una obra, manteniendo niveles de productividad pre establecidos no es tarea fácil. A continuación, desarrollaremos un sistema de gestión, a partir del cual se tomarán diversos parámetros a utilizarse en el análisis de los Sistemas de Gestión.

El sistema CVG es desarrollado por la Corporación Venezolana de Guayana cuya finalidad se fundamenta en la promoción de inversiones y la planificación concertada del desarrollo.

Este sistema trabaja desde la etapa del presupuesto, pasando por una planificación detallada y llegando a las mismas ordenes de terreno y al orden de las cuadrillas.

A continuación, detallamos el Esquema General de Trabajo de la CVG (Arbulú Rivera, 2005):

a) Etapa de Presupuesto:

Resulta de vital importancia retroalimentar una propia base de datos con experiencias anteriores utilizando rendimientos reales obtenidos en el campo. Si la productividad es buena, seremos más competitivos y podremos aspirar a alcanzar una mayor producción a través de nuestras obras.

b) Desarrollo de Obra:

- Herramientas de Planificación:

La idea es poner planificar día a día detalladamente cada actividad a ejecutarse.

Para ello se dispone de la secuencia de planificaciones:

- **Planificación Maestra (Master Schedule)**

Lo que se requiere al inicio de un proyecto es una planificación que especifique las metas generales sin detallarlas, es decir, una planificación por hitos generales.

No tiene sentido, en esta etapa de trabajo, profundizar la planificación de obra ya que posteriormente se ajustará y detallará al máximo como se indicará más adelante. Para el siguiente paso en la planificación (trenes de trabajo) se deben realizar una sectorización de las zonas a trabajar con la finalidad de manejar cada zona o sector dentro del tren de trabajo.

- **División del trabajo en Trenes: secuencialidad de actividades.**

Un tren de trabajo es una secuencia de actividades relacionadas de acuerdo a un determinado proceso constructivo. Las unidades de producción deben ser las mismas cada día manteniendo un ritmo constante en el tiempo. El total de la planificación maestra se puede dividir en trenes de trabajo independientes.

- **Planificaciones Semanales:**

Las planificaciones semanales se originan a través de los trenes de trabajo. Para una semana específica la planeación será la suma de actividades en cada tren durante esa semana.

- **Planificaciones Diarias:**

Tomando como base la planificación semanal, las planificaciones diarias representan el último paso en esta etapa de planificación. A través de las planificaciones diarias se distribuye el trabajo del día de acuerdo a las cuadrillas en obra y se determinan cuáles deben ser los rendimientos a obtenerse para cumplir la producción y alcanzar los niveles de productividad deseados.

Al final del día se recoge la información del campo para la evaluación correspondiente, a fin de tomar las acciones correctivas ante cualquier atraso o índice de baja productividad. El porcentaje de cumplimiento de las actividades debe alcanzar un 100%.

- **Herramientas de Gestión:**

Nos permitirán desarrollar nuestras actividades en obra sin que seamos nosotros mismos los que causemos tropiezos a nuestro propio trabajo.

• **Lookahead Planning:**

Es una herramienta de gestión creada básicamente para que el constructor prevea con tres a cinco semanas de anticipación las necesidades de la obra tanto desde el punto de vista logístico (materiales y equipos) como el del ingreso de personal, entre otros. De este modo, el ingeniero de obra puede detectar una serie de restricciones por solucionar para poder programar las actividades sin sorpresas. Lookahead planning significa planificación hacia delante.

- **Herramientas de Control de la Producción y la Productividad:**

• **Curvas de Producción:**

La planificación diaria nos permitirá mantener un control detallado de nuestra producción, así como también de nuestra productividad. Día a día podremos evaluar gráficamente nuestros resultados para cada actividad en la obra con la finalidad de tomar decisiones en caso de disminuciones en la producción y productividad.

• **Mediciones de Productividad:**

Cada actividad posee tres tipos de trabajo: el trabajo productivo, trabajo Contributorio y el trabajo no contributorio.

Las mediciones de productividad son una herramienta de control de mucha utilidad para la toma de decisiones del Ingeniero residente de obra.

Todas estas herramientas permitirán asegurar un control estricto en obra tanto de la producción como de la productividad, además de establecer una base de datos de información valiosa para futuros trabajos similares.

c) Como manejar el sistema:

Una vez establecidos los lineamientos generales de la planificación (master Schedule, planificación semanal), el trabajo a detalle se inicia a través de las planificaciones diarias. Cada día se deberá evaluar lo siguiente:

- Metrados a ejecutar
- Cuadrillas para realizar la actividad.
- Velocidades de trabajo.
- Distribución del tiempo de las cuadrillas.
- Relación espacio – cuadrillas: necesario para la asignación de cuadrillas en un determinado lugar.
- Salida de información al campo: entrega de partes de trabajo al maestro de obra y a cada capataz. No se ejecuta ninguna labor que no esté planificada por los ingenieros de obra a través de las planificaciones diarias.
- Al final del día se evalúa el porcentaje de cumplimiento de la planificación y a la vez se toman las decisiones necesarias para mejorar la producción.

Cada actividad planificada posee una curva de producción la misma es actualizada día a día para ver la fluctuación de la producción y la productividad. El lookahead planning es una herramienta de gestión que hay que desarrollar cada semana para las tres semanas siguientes. Recordemos que las planificaciones diarias son producto de los trenes de trabajo que a su vez se originan de la planificación general

de obra. Si nuestros porcentajes de cumplimiento día a día no se cumplen incurriremos en atraso inmediato, a diferencia de otros sistemas es que podremos darnos cuenta de dicho atraso el mismo día.

Controlar la producción y la productividad es de suma importancia para lograr los objetivos económicos de la obra, así como también los objetivos de plazo de la misma.

2.2.3. INDUSTRIALIZACIÓN

La industrialización puede verse como un medio estructural para eliminar, o al menos reducir drásticamente, las actividades en el sitio en la construcción (Koskela, 2003). Entendiendo la industrialización como una organización del proceso productivo, de forma automatizada, que implica la aplicación de tecnologías avanzadas al proceso integral de diseño, producción, fabricación y gestión, bajo la perspectiva de una lógica (Del Águila García, 1973), y que emplea materiales, medios de transporte y técnicas mecanizadas en serie, que permite obtener una mayor productividad (Gómez Jáuregui, 2009).

Para (Grandoso, 2008) la industrialización es la aplicación a la producción de edificios de los procesos organizativos que se desarrollaron con la revolución industrial (técnicas de la ingeniería de producción), con el objeto de aumentar la productividad del sector.

Para que se pueda hablar de industrialización se deben cumplir los siguientes factores:

- Continuidad de producción.
- Normalización (estandarización de productos).
- Proceso constructivo integrado
- Organización del trabajo.

- Mecanización (analizada como tendencia).
- Investigación y experimentación.

Para que haya industrialización tiene que haber una estrecha vinculación entre las etapas de diseño, tecnología y producción, pensando siempre, para un determinado nivel de calidad económica, en mejorar la productividad.

a) PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

La construcción tradicional se caracteriza por su carácter itinerante (el equipo de obra tiene que reconstruirse y desplazarse a la ubicación de cada nueva obra que se inicia) y no resulta fácil aprender de los errores (las no conformidades detectadas no suelen aplicarse en otras obras). Como consecuencia, no se llevan a cabo acciones correctoras y las mejoras de calidad son escasas.

Por otra parte, no ocurre lo mismo con la industrialización ya que en fábrica la mejora de proceso se beneficia de un control y detección de los problemas más rápido y de personal más especializado. Asimismo, en lo que respecta a la prevención de riesgos laborales se reducen los riesgos debido a una menor necesidad de trabajadores y a un entorno mucho más seguro para el desarrollo de la actividad.

La construcción industrializada puede abordarse desde varios puntos de vista. De entre los que destacan el del usuario final y el del constructor. Desde el punto de vista del constructor, en la ejecución de cualquier trabajo, se busca el maximizar la rentabilidad.

- MODULARIDAD

La revisión de la literatura sugiere que la modularidad es un atributo tanto del producto como del proceso, y debe desarrollarse mediante una metodología vinculada (Marshall & Leaney, 1999).

- LA METODOLOGIA DE LEAN

Lean construction es una disciplina de gestión de procesos que ofrece gestión durante todo el proceso de construcción, con el objetivo de racionalizar la producción.

- EDIFICABILIDAD / CONSTRUCTABILIDAD

Los términos edificabilidad (término europeo) y constructabilidad (término estadounidense) describen un área de interés similar en la construcción. Se podría definir como la medida en que el diseño de un edificio facilita la construcción (Griffith, 1986) y (Poh & Chen, 1998)

A pesar de que tanto la estandarización como la prefabricación son importantes para una industrialización de la construcción, por sí mismas no revolucionarán la construcción; en su lugar, deben verse como un efecto del enfoque de edificabilidad.

b) LA NECESIDAD DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

Si consideramos que se trata de fabricar elementos para ensamblar en un montaje de un edificio, las importantes ventajas que conllevan respecto a la ejecución “in situ” son: menor consumo de energía; generación de menor cantidad de residuos en obra; menor emisión de polvo al evitar los acopios de materias primas y plantas de fabricación de hormigón; menor generación de ruido; reducción de transporte de materiales; generalmente, por la robustez del prefabricado, hace que presente elevada inercia térmica y alto nivel de aislamiento acústico; aumento de la vida útil debido a que los controles de fábrica son superiores; tienen la posibilidad de desmontarse, una vez superada su vida útil, sin tener que derribarse y generando menos residuos (Fundación Agustín de Bethencourt, 2012).

c) ELEMENTOS INDUSTRIALIZABLES

Se debe profundizar y extender la idea de una edificación como conjunto de partes – los elementos funcionales - materializables mediante elementos, componentes y subsistemas de diferentes orígenes industriales, frente a una edificación como un todo para la que se ofrecían “sistemas de prefabricación pesada” como paradigma de la industrialización.

d) PARÁMETROS A ANALIZAR.**- Pre - fabricación**

Se define la prefabricación como la fabricación a partir de propiedades deseadas como su dimensión, densidad, etc.; por medio de mezclas, cortes, etc., de todo o partes de un objeto en algún lugar diferente al de su posición final. (Ballard y Arbulu, 2004). El acero dimensionado y las mallas electrosoldadas son ejemplos de elementos prefabricados, acero que en un lugar distinto a la obra se habilito y se entregó en la obra listo para colocar. Para esta investigación usamos también este término cuando nos referimos a los encofrados metálicos.

- Mecanización

Proceso en el cual se reemplaza el uso de la mano de obra por maquinaria con el objetivo de lograr una mayor capacidad de producción.

- Estandarización

Es la elaboración de productos y procesos con características similares, la cual se aplica en las etapas de diseño y planificación. En el caso de la construcción de viviendas se ha aplicado principalmente para las construcciones económicas. La

estandarización permite lograr un mayor desarrollo de la curva de aprendizaje de los obreros lo que da como resultado la reducción del costo en la mano de obra.

- **Diseño modular**

La modularidad es tanto un proceso como una disciplina de producto que ofrece una amplia variedad de ventajas en todo el proceso de construcción. En la construcción, la modularidad se aplica a nivel de producto y se realiza en el desarrollo y la producción del diseño.

El diseño modular permite reducir la cantidad recursos usados para la fabricación de un producto, esta se alcanza a través de un diseño donde se consideran las características de los recursos que se utilizarán para la producción. En el caso de la construcción al tener una edificación modular se puede minimizar tareas como; las mediciones, corte de piezas, pérdidas de tiempo para encajar las piezas, dando como resultado un ahorro en los costos de materiales y mano de obra.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

El presente estudio de investigación se realizó en el departamento, provincia y distrito de Puno, los proyectos se encuentran emplazados dentro de los límites de la Ciudad Universitaria, propiedad de la Universidad Nacional del Altiplano, el cual se ubica en el sector Noreste de la ciudad de Puno entre los barrios Llavini, San José, y Alto San José al que antiguamente se le denominaba “Fundo Valderrama”. La investigación se realizó en cuatro proyectos ejecutados por la UNAP.

Departamento : Puno

Provincia : Puno

Distrito : Puno

Ciudad Universitaria – UNA – PUNO



Figura 9. Ubicación de las obras objeto de estudio

Fuente: Google Maps

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La etapa de recolección de datos para la investigación se dio entre los meses octubre, septiembre, noviembre, diciembre del año 2018 y enero del 2019.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.3.1. Población

Según la Oficina de Ejecución de Inversiones, la cual tiene información de los proyectos que se ejecutan en la Universidad Nacional del Altiplano, en el año 2018, se tuvo nueve (9) proyectos de construcción civil, los cuales son ejecutados bajo la modalidad de administración directa, los cuales representan a la población de estudio de la presente investigación.

3.3.2. Muestra

El tamaño de la muestra de investigación fue de cuatro (4) proyectos, de los ocho (8) que se encontraban en ejecución al momento de iniciar la investigación. Con el objetivo de asegurar una representación proporcionada se tuvo acceso a proyectos en diferentes etapas de ejecución. La evaluación y análisis se realizó para cada uno de los cuatro (4) proyectos.

Los proyectos en los cuales se desarrolló el diagnóstico se muestran en la Tabla 2 junto a un código de identificación para facilitar su identificación a lo largo del presente trabajo. En la Figura 9 podemos observar la ubicación de cada uno de los proyectos de acuerdo a su código de identificación.

Tabla 2. Obras que fueron objeto de estudio

OBRA	CODIGO
Construcción del nuevo pabellón de Ingeniería de Minas	A
Construcción del pabellón de la Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica	B
Construcción del nuevo pabellón de Ingeniería de Sistemas	C
Construcción del nuevo pabellón de Educación Primaria	D

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se determinó, según las características de la presente investigación, una muestra no probabilística por conveniencia ya que no se obtuvo acceso al total de proyectos en ejecución. De acuerdo al propósito de incluir en la investigación a todos los proyectos disponibles y accesibles, es un muestreo consecutivo. De acuerdo al propósito de asegurar una representación equitativa y proporcionada de los proyectos que se ejecutan, es un muestreo estratificado. Debido a estas características no se realizó el diseño estadístico.

3.5. PROCEDIMIENTO

Las herramientas que se emplearon para la presente investigación fueron las siguientes:

3.5.1. Nivel General de Actividad de Obra

El nivel general de actividad consiste en una serie de mediciones en las que se especifica el tipo de trabajo que está realizando cada obrero al momento de la medición (TP, TC, TNC), si se desea entrar en mayor detalle se puede mencionar el tipo de trabajo contributorio y no contributorio específico que se visualizó, mas no se puede hacer esto en el trabajo productivo debido a que se tendría una lista enorme que solo entorpecería el proceso. (Guzmán Tejada, 2014)

Las mediciones se pueden realizar de distintas maneras dependiendo de la persona que las realice, pero lo importante de éstas es que se llegue a medir a todos los trabajadores de la obra. Para esto las mediciones se pueden hacer desde un punto estacionario si es que se puede visualizar toda la obra desde ahí, caso contrario lo ideal es ir recorriendo la obra de principio a fin y realizando las mediciones por zonas.

Las mediciones en campo del nivel general de actividad necesitan de un trabajo previo en el cual se tiene que elaborar las plantillas o formatos de medición e identificar las distintas actividades que se encontrarán en obra para asociarlas y generar los grupos de TC y TNC, dado que estos pueden tener algunas variaciones dependiendo del tipo de obra y las actividades que se están realizando. Sin embargo, existen algunas que de por sí están presentes en todas las obras como por ejemplo el transporte y las esperas.

Las mediciones en campo se deben de realizar en escenarios normales de obra (no situaciones atípicas) y de preferencia en diferentes días de la semana para minimizar los efectos de la variabilidad y tener resultados más acordes a la realidad, esto basado en que algunos autores sostienen que la productividad del personal es mayor los días entre semana y es menor los días viernes y sábado. (Esteba Avalos & Vilca Huayta, 2018)

3.5.1.1. Actividades identificadas dentro de cada tipo de trabajo

Trabajo Productivo (TP): Se consideró como trabajo productivo toda actividad que le agregase valor a algún producto o que genere algún valor para obra. Se identificaron dos (2) actividades dentro de este tipo de trabajo.

- Trabajo productivo neto (TPn): Toda actividad que genere un valor para la obra, como, por ejemplo: Asentado de muros de ladrillo, Tarrajeo de muros, Pintura en muros, Encofrado de elementos estructurales, Vaciado de concreto, etc.

- **Habilitación de materiales (HM):** Toda actividad que le agregue valor a algún producto, como, por ejemplo: Habilitado de acero para elementos estructurales, Habilitado de madera para encofrados, Corte de piezas de porcelanato, etc.

Trabajo Contributorio (TC): Se consideró como trabajo contributorio las actividades que se califican como ayuda, apoyo, asistencia, que son necesario para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Dentro de este tipo de trabajo se identificaron las siguientes actividades:

- **Traslado de materiales y/o Equipos (TM):** Actividad en la que un trabajador transporta algún material y/o equipo de un sitio a otro. Dentro y fuera de la obra.
- **Recibir/dar instrucciones (I):** La actividad en la que un jefe de cuadrilla o un miembro del personal obrero, da o recibe instrucciones para realizar una determinada tarea.
- **Mediciones (M):** La actividad en la que el personal realiza mediciones sobre un elemento para poder realizar alguna tarea, como, por ejemplo: mediciones para realizar los encofrados, para realizar excavaciones, para conseguir información.
- **Limpieza (L):** La actividad en la que el personal obrero realiza una limpieza previa al trabajo para poder realizar una tarea de forma correcta.
- **Andamios (A):** Se refiere al transporte, armado o desarmado de andamios por parte del personal obrero.
- **Búsqueda de materiales (B):** Se refiere a la búsqueda de algún material dentro de un almacén o en zonas de trabajo por parte del personal obrero.
- **Seguridad en el trabajo (SEG):** Son las actividades previas al trabajo que realizan los obreros para asegurar su bienestar físico propio o el de sus

compañeros, como, por ejemplo: Instalación de líneas de vida, Colocación de arneses de seguridad, colocación de guantes y lentes de protección, etc.

- Otros trabajos contributivos (OTC): Se refiere a otros trabajos contributivos al trabajo productivo que no tienen su denominación propia, como por ejemplo el desencofrado, la conexión de equipos eléctricos, etc.

Trabajo No Contributorio (TNC): Se consideró como trabajo no contributorio toda actividad que contribuía a la realización de trabajos productivos, y que se representarían una pérdida para la obra. Dentro de este tipo de trabajo se encontraron las siguientes actividades:

- Tiempos de espera (TE): Se refiere al tiempo que pasa un obrero en espera de un material o equipo, o en espera a que termina una tarea para poder realizar su trabajo en el mismo lugar.
- Tiempo de ocio (TO): Se refiere a las actividades, como, por ejemplo: Revisar su celular, contestar llamadas, observar el trabajo de los demás sin realizar actividad alguna, etc.
- Trabajo rehecho (TR): Se refiere a los trabajos que se realizaban de forma incorrecta por lo que tenían que realizarse más de una vez.
- Viaje improductivo (VI): Se refiere a cuando un trabajador se movilizaba de un punto a otro dentro de la obra sin ningún motivo, sin trasladar ningún objeto o recibir/dar instrucciones.
- Descanso (D): Se refiere al tiempo que un trabajador usaba para recuperarse físicamente de un trabajo realizado previamente o mientras lo realizaba.
- Servicios Higiénicos (SH): Se refiere al tiempo que empleaba un trabajador para sus necesidades fisiológicas.

- Desplazamiento (DES): Se refiere al tiempo que un trabajador usaba para moverse dentro de una misma área de trabajo, esto debido a la falta de espacios, mala disposición de encofrados o andamios, etc.
- Otros trabajos no contributivos (ONC): Se refiere a otros trabajos que representaban una pérdida para la obra, como, por ejemplo: dar indicaciones a personas ajenas a la obra, solucionar problemas no previstos, cambiarse de uniforme, etc.

3.5.1.2. Método de aplicación y formato del Nivel General de Actividad de obra

Se realizaron visitas de cuatro (4) horas dos veces a la semana en las cuatro obras, en cada visita se llenaban 2 juegos de datos, consistentes en 400 mediciones cada juego.

El formato usado para realizar las mediciones fue elaborado considerando que para estudios de productividad es usual realizar 384 mediciones para una población infinita de actividades que se realizan en una obra dada la carencia de información sistematizada. Por lo cual el formato tiene una capacidad para 400 mediciones, lo que asegura la confiabilidad de los resultados.

A continuación, en la Figura 10 se observa la primera página del formato que se elaboró para diagnosticar la productividad y que se usó para la toma de datos. El formato en su totalidad se puede ver en el Anexo A.

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD									
OBRA:					INICIO:				
FECHA:					FIN:				
TESISTA:									

N°	TP	TC	TNC	OBS.	N°	TP	TC	TNC	OBS.
1					51				
2					52				
3					53				
4					54				
5					55				
6					56				
7					57				
8					58				
9					59				
10					60				
11					61				
12					62				
13					63				
14					64				
15					65				
16					66				
17					67				
18					68				
19					69				
20					70				
21					71				
22					72				
23					73				
24					74				
25					75				
26					76				
27					77				
28					78				
29					79				
30					80				
31					81				
32					82				
33					83				
34					84				
35					85				
36					86				
37					87				
38					88				
39					89				
40					90				
41					91				
42					92				
43					93				
44					94				
45					95				
46					96				
47					97				
48					98				
49					99				
50					100				

TRABAJO PRODUCTIVO	
TP	Trabajo Productivo
HM	Habilitación de Materiales

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
TM	Transporte de Materiales
I	Recibir/dar instrucciones
M	Mediciones
L	Limpieza
A	Andamios
OTC	Otros trabajos contributivos

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
TE	Tiempo de espera
TO	Tiempo de ocio
TR	Trabajo rehecho
VI	Viaje improductivo
D	Descanso
SH	Servicios Higiénicos
ONC	Otros trabajos no contributivos

Figura 10. Formato del Nivel General de Actividad

En este formato se consignaba el trabajo que realizaba el personal obrero en el momento de la medición. Estos trabajos podían ser productivos, en cuyo caso se especificaba si se trataba de un trabajo de habilitado de material o un trabajo productivo; contributorios, en cuyo caso se anotaba uno de los trabajos listados en el formato; o en el caso de ser no contributorios se anotaba una de las actividades listadas que el trabajador realizaba al momento de la medición. También se consignaba una breve descripción de la partida a la que correspondía cada medición.

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD									
OBRA: <i>Geología</i>					INICIO:				
FECHA: <i>31/10</i>					FIN:				
TESISTA: <i>Wray</i>									
N°	TP	TC	TNC	OBS.	N°	TP	TC	TNC	OBS.
301	TP				351		A		
302	TP			<i>Extr.</i>	352			TE	
303			TE		353		TM		
304		M			354	TP			
305		M			355	TP			
306	TP			<i>deno. u.</i>	356	TP			<i>Denotat</i>
307	TP			<i>Ron. escomb.</i>	357	TP			
308			ONC	<i>Remoción</i>	358	TP			<i>Extr. Col.</i>
309			ONC		359		DO		
310		I			360			TO	
311			ONC	<i>Búsq. de Herr.</i>	361	TP			
312	TP			<i>Trabajo</i>	362	TP			<i>Trabajo</i>
313	TP				363	TP			
314			ONC	<i>Búsq. de H.</i>	364		TM		
315	TP			<i>Picado paraf.</i>	365	TP			<i>Fabricación</i>
316		TM			366		ONC		<i>p. cido</i>
317		L			367		I		
318		M			368		I		
319	TE				369	TP			<i>Remoción</i>
320	TO				370	TP			
321		TM			371		M		
322			ONC	<i>Remoción</i>	372			TE	
323			ONC	<i>Remoción</i>	373		TM		
324		I		<i>on</i>	374		A		
325			TE	<i>Abol.</i>	375		A		
326	TP			<i>Abol.</i>	376			ONC	<i>Remoción</i>
327		I		<i>Extr.</i>	377			ONC	<i>Remoción</i>
328		I		<i>Extr.</i>	378			TE	
329	TP				379			TE	
330	TP			<i>Much.</i>	380	TP			<i>Acogido</i>
331	TP			<i>Trabajo</i>	381	TP			
332	TP			<i>Trabajo</i>	382	TP			
333		A			383	TP			<i>Trabajo</i>
334		A			384	TP			
335		I			385	TP			<i>Fabricación</i>
336		TM			386		TM		
337		TM			387		L		
338	HM				388			TE	
339			ONC	<i>Instalación</i>	389			TE	
340		M			390		L		
341	HM				391		M		
342	TP			<i>Vías y Col. A.</i>	392		M		
343	TP				393		TM		
344	TP			<i>Extr.</i>	394	TP			
345	HM				395	TP			<i>Trabajo</i>
346	TP				396	TP			<i>on col.</i>
347		L			397	TP			
348			ONC	<i>Remoción</i>	398	HM			
349			ONC	<i>Remoción</i>	399	HM			
350		A			400		I		

TRABAJO PRODUCTIVO

TP	Trabajo Productivo
HM	Habilitación de Materiales

TRABAJO CONTRIBUTIVO

TM	Transporte de Materiales
I	Recibir/dar instrucciones
M	Mediciones
L	Limpieza
A	Andamios
OTC	Otros trabajos contributivos

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO

TE	Tiempo de espera
TO	Tiempo de ocio
TR	Trabajo rehecho
VI	Viaje improductivo
D	Descanso
SH	Servicios Higiénicos
ONC	Otros trabajos no contributivos

Figura 11. Llenado del formato de Nivel General de Actividad

3.5.2. Formato para encuestas y entrevistas al Personal Técnico Administrativo

Se realizaron encuestas y entrevistas al personal Técnico y Administrativo de las obras, generalmente a los Residentes, Asistentes técnicos y Maestros de obra por ser las personas más cercanas a los procesos de planificación, ejecución, control y seguimiento de los proyectos. Se realizaron estas encuestas y entrevistas con el objetivo de conocer los Sistemas de Gestión y los Niveles de Industrialización que se manejaron durante la ejecución de estos proyectos en el periodo de estudio de los mismos.

Los ítems de cada encuesta y entrevista se elaboraron en base a los criterios usados por Ghio Castillo en su libro “Productividad en obras de Construcción” para clasificar Sistemas de administración en obra. Se clasificó a las obras según factores que determinan su influencia en la ejecución de las operaciones de producción en obra, como son: cómo es la planificación de operaciones, quién las realiza, la frecuencia de su actualización y la forma en que se transmite al personal de producción, así como el nivel del diseño de operaciones y la forma de distribución de los recursos en obra. (Ghio Castillo, 2001)

El formato para diagnosticar los Sistemas de gestión de las obras se dividió en dos secciones: Planificación y Ejecución; y Seguimiento y control. Las cuales tenían ítems con el objetivo de evaluar distintos criterios.

Respecto a Planificación y Ejecución:

- **Personal a cargo de la planificación.** Conocer las personas responsables de elaborar la planificación con la cual trabaja la obra, además el grado de participación de cada uno.
- **Planificación de la utilización de los recursos disponibles.** Conocer a los responsables directos de la planificación de los recursos que dispone la obra y conocer

- **Aspectos y plazos de la planificación.** Conocer los aspectos en los cuales se tiene una planificación y la frecuencia con la que se realiza la planificación de cada aspecto.
- **Diseño de procedimientos constructivos.** Conocer si se realiza un diseño para los procedimientos constructivos y si es así, cuáles y con qué frecuencia.
- Personal a cargo del diseño de procedimientos constructivos. Conocer a los responsables del diseño de los procedimientos.
- **Información con la que se realiza la planificación.** Conocer cuál es la información con la que los responsables realizan la planificación. Si se realiza con solamente la experiencia de los profesionales o si se usa la información que registra la obra durante su ejecución.
- **Información que se transmite al personal obrero y los medios que se usan.** Conocer si la información de la planificación o indicaciones de trabajo llegan al maestro de obra y a los jefes de cuadrillas, y conocer si se usan medios orales y/o escritos.
- **Herramientas que se usan para la planificación.** Conocer si se usa alguna herramienta de planificación o programación. Conocer si se usan herramientas de planificación de la filosofía *Lean construction*, softwares de planificación o si se usa solamente la experiencia adquirida de cada profesional.

Respecto a Seguimiento y control:

- **Controles que se le realiza a la obra.** Conocer los controles que se realizan en la misma obra por parte del personal técnico – administrativo.
- **Frecuencia con la que se realizan los controles.** Conocer la frecuencia con la que se realizan los controles antes mencionados.

- **Información con la que se actualiza la planificación.** Conocer la información con la que se actualiza la planificación, en caso de que se actualice la planificación.
- **Acciones frente a retrasos frente de la programación.** Conocer las acciones que se realizan para evitar los retrasos en la programación o las acciones que se realizan una vez que la programación sufre un retraso.
- **Herramientas para el control de recursos materiales.** Conocer las herramientas que se usan en la obra para el control de materiales y maquinarias, conoces los controles que se realizan para este fin.
- **Transmisión de información y comunicación entre residencia y personal.** Se le preguntó, por separado, al personal obrero y al personal de residencia de obra como calificaban la comunicación entre residencia y el personal.

Conjuntamente con la aplicación de estos formatos se aplicaron las entrevistas para conocer el nivel de industrialización.

Debido a que la bibliografía acerca de industrialización en la construcción sugiere diferentes parámetros o criterios para considerar que existe industrialización en la ejecución de un proyecto, para el presente trabajo de investigación se han considerado criterios en los que las diferentes bibliografías coinciden. Los parámetros que se tomaron en cuenta para realizar la presente investigación, de forma general, son:

- La tecnología y mecanización del trabajo en la obra
- El uso de elementos prefabricados de los que hace uso la obra
- El diseño modular de elementos y la estandarización de procesos o elementos durante la ejecución de los proyectos
- La capacitación de la mano de obra respecto a nuevas metodologías en construcción y producción.

A partir de estos parámetros se elaboraron preguntas para la entrevista que tenía por objeto conocer el nivel de industrialización. Las entrevistas acerca de industrialización tuvieron preguntas específicas para poder evaluar los siguientes criterios:

Respecto a la mecanización del trabajo:

- **Equipos o maquinarias presentes en obra.** Conocer equipos y maquinarias presentes en la obra, además de la cantidad de estas.
- **Reemplazo de trabajo manual por trabajo con maquinaria.** Conocer cuanto trabajo manual ha sido reemplazado por trabajo realizado por maquinarias y/o equipos.

Respecto a elementos prefabricados:

- **Compra de elementos prefabricados.** Conocer que cantidad de elementos prefabricados adquiere la obra para su ejecución.
- **Prefabricación de elementos en obra.** Conocer que cantidad de elementos se prefabrican en obra para su colocación posterior.

Respecto a diseño modular y estandarización:

- **Diseños modulares.** Conocer la cantidad de diseños modulares que se realizan para la ejecución de la obra.
- **Estandarización de elementos y procesos.** Conocer que criterios de estandarización se aplicaron en obra, conocer si se estandarización elementos o procesos.

Respecto a capacitación de la mano de obra:

- **Calidad de la mano de obra.** Conocer la calificación de la mano de obra y su capacitación.

- **Flujo de trabajo.** Conocer la organización con la que el personal obrero trabaja para lograr un flujo continuo de trabajo.

3.5.3. Rúbricas

De acuerdo a (Cano, 2015), una rúbrica en sentido amplio, se identifica con cualquier pauta de evaluación, preferentemente cerrada (tipo check-list o escala). En sentido estricto se asimila a una matriz de valoración que incorpora en un eje los criterios de ejecución de una tarea y en el otro eje una escala y cuyas casillas interiores están repletas de texto (no en blanco, como sucede con las escalas para que el evaluador señale el grado de adquisición de cada criterio). En cada casilla de la rúbrica se describe qué tipo de ejecución sería merecedora de ese grado de la escala. Una rúbrica es, como se ha indicado, un registro evaluativo que posee ciertos criterios o dimensiones a evaluar y lo hace siguiendo unos niveles o gradaciones de calidad y tipificando los estándares de desempeño.

Con el objetivo de evaluar cada criterio del que se obtuvo conocimiento mediante las entrevistas se hizo uso de rúbricas elaboradas por los responsables de la presente investigación.

3.6. VARIABLES

Tabla 3. Operacionalización de variables

VARIABLE DEPENDIENTE					
VARIABLE	DEFINICION	CATEGORÍAS	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO
Productividad de la Mano de Obra	Es lo que genera 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. Una productividad mayor, significa hacer más con la misma cantidad de recurso o hacer lo mismo con menos capital, menos trabajo y en menor tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo Productivo - Trabajo Contributorio - Trabajo No Contributorio 	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de Trabajo Productivo - Porcentaje de Trabajo Contributorio - Porcentaje de Trabajo No Contributorio 	Porcentaje (%)	<ul style="list-style-type: none"> - Formatos de Nivel General de Actividad - Mediciones en campo
VARIABLES INDEPENDIENTES					
VARIABLE	DEFINICION	CATEGORÍAS	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO
Nivel de Sistema de Gestión	Nivel del manejo de la producción de la obra a través de controles que permiten realizar un seguimiento de la productividad.	<ul style="list-style-type: none"> - Planificación y ejecución - Seguimiento y Control 	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiente - Insuficiente - Regular - Aceptable - Excelente 	Puntuación	<ul style="list-style-type: none"> - Rúbrica - Entrevistas a personal técnico y administrativo
Nivel de Industrialización	Organización del proceso productivo, de forma automatizada, que implica la aplicación de tecnologías avanzadas al proceso integral de diseño, producción, fabricación y gestión, bajo la perspectiva de una lógica y que emplea materiales, medios de transporte y técnicas mecanizadas en serie, que permite obtener una mayor productividad	<ul style="list-style-type: none"> - Mecanización del trabajo - Elementos Prefabricados - Diseño Modular y Estandarización - Capacitación de la mano de obra 	<ul style="list-style-type: none"> - Deficiente - Insuficiente - Regular - Aceptable 	Puntuación	<ul style="list-style-type: none"> - Rúbrica - Entrevistas a personal técnico y administrativo

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez obtenida la información acerca de los tres aspectos (productividad, sistemas de gestión, industrialización) de los diferentes proyectos, se procesó la

información de forma separada y se elaboraron informes para cada residente de obra, detallando la información que se obtuvo. Cada uno de estos aspectos tuvo un procesamiento particular que se describe más adelante.

3.7.1. Evaluación de la productividad

En esta etapa se evaluó la productividad de forma cuantitativa, mediante el cálculo de los valores obtenidos a partir de los indicadores de productividad de modo individual (por cada obra).

Para el procesamiento de los datos obtenidos en las mediciones de obra, se creó una hoja de cálculo, de la que se obtenía el porcentaje de cada tipo de actividad en base al total de mediciones realizadas en cada obra. Además, su descripción y su incidencia en la medición.

En el Anexo B se puede encontrar un resumen de las mediciones que se realizaron a cada obra.

Figura 12. Hoja de cálculo para el análisis de productividad

Finalmente, se elaboró un informe de productividad para cada obra que se entregó a los Residentes de obra una vez terminadas las mediciones, en el informe se detallaba

los resultados de estas mediciones y se brindaba información de los criterios tomados en cuenta. A continuación, se puede observar la primera página de uno de los informes. Los informes en su totalidad se han incluido en el Anexo C. En la Figura 5 podemos observar la primera página donde se resumía el informe.

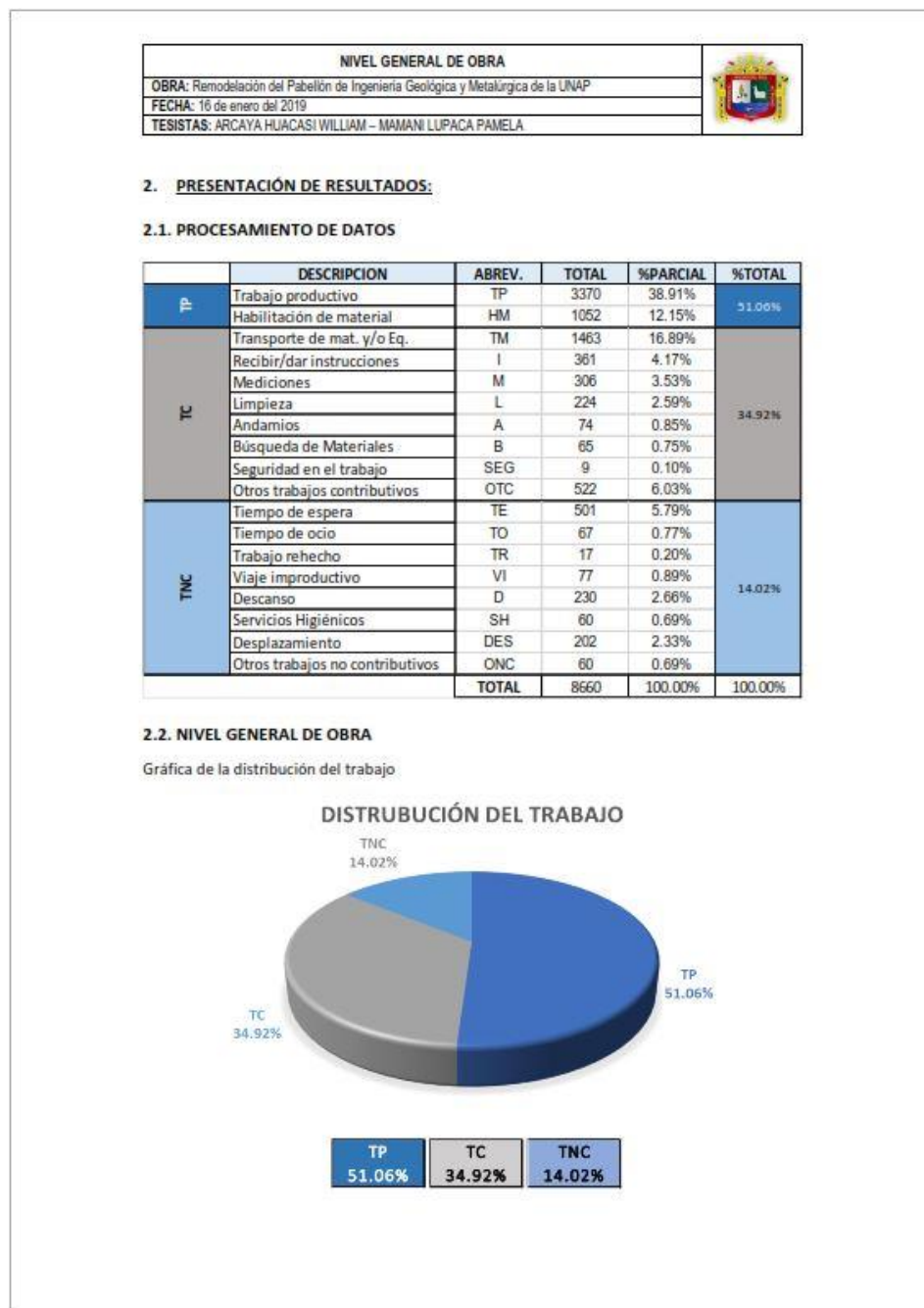


Figura 13. Informes de productividad entregados a cada obra

3.7.2. Evaluación del sistema de gestión

Para evaluar los sistemas de gestión presentes en los diferentes proyectos que ejecuta la universidad, se elaboró una rúbrica que permitieron valorar los criterios de planificación, ejecución, control y seguimiento presentes en cada obra, como parámetros que determinan el nivel de sistema de gestión presente en cada obra. Esta rúbrica se elaboró en base a los parámetros que define (Ghio Castillo, 2001) para la clasificación de sistemas de administración en obra.

Se clasificó a los sistemas de gestión en cinco niveles, los cuales describen el nivel de sistema de gestión que tiene cada obra basados en factores que determinan su influencia en la planificación, ejecución y control. Los cinco niveles que califican cada criterio son los que se observan en la Figura 14.

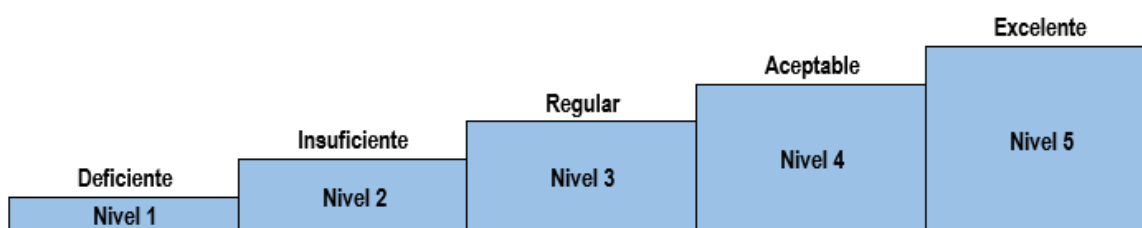


Figura 14. Clasificación por nivel de sistema de gestión

- **Nivel 1.** Deficiente: No se observa ninguna forma de organización o control respecto al criterio en cuestión.
- **Nivel 2.** Insuficiente: Se observa que la organización o el control respecto al criterio es básico, pero evidentemente, insuficiente.
- **Nivel 3.** Regular: Se observa que la organización o el control respecto al criterio es medianamente adecuado.
- **Nivel 4.** Aceptable: Se observa que la organización o el control respecto al criterio es funcional y aceptable.
- **Nivel 5.** Excelente: Se observa que la organización o el control respecto al criterio es excelente y con poco por mejorar.

A partir de esta clasificación se estableció una calificación para cada parámetro, dando como resultado las siguientes tablas que nos sirven para identificar el nivel de los sistemas de gestión en cada obra.

Tabla 4. Rúbrica para calificación del nivel de sistema de gestión, planificación y ejecución

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
A. Planificación y Ejecución					
Personal a cargo de la planificación	No hay un encargado de la planificación. Se avanza de acuerdo al trabajo disponible.	La planificación es realizada por el Maestro de obra.	La planificación es realizada por el Residente y el Maestro de obra, con conocimiento de los asistentes.	La planificación es realizada por el Residente, Maestro de obra y con participación de los asistentes técnicos y administrativos.	La planificación es realizada en coordinación entre el Residente, Maestro de obra, Asistentes, prevencionista y con participación del supervisor.
	0	1	2	3	4
Planificación de la utilización de los recursos disponibles	No se hace una planificación de los recursos.	El Maestro de obra se encarga de la distribución de la mano de obra de acuerdo a las necesidades diarias, sin una planificación.	El Residente y el Maestro de obra se encargan de la planificación del uso de la mano de obra y materiales, de acuerdo al expediente técnico.	El Residente, Maestro de obra y Almacenero planifican el uso de la mano de obra, materiales y maquinaria; de acuerdo a una planificación elaborada por el residente.	El Residente, Maestro de obra, Almacenero y asistentes planifican el uso de la mano de obra, materiales, maquinaria, equipos y herramientas de acuerdo a una planificación basada en información registrada en obra.
	0	1	2	3	4
Aspectos y plazos de la planificación	No se tiene una planificación.	Se realiza una planificación general para el avance físico y los materiales.	Se realiza una planificación a mediano plazo para el avance físico, la mano de obra, materiales, maquinaria y equipos.	Se realiza una planificación mensual para el avance físico, la mano de obra, materiales, maquinaria y equipos.	Se realiza una planificación semanal para el avance físico, tiempo de actividades, mano de obra, materiales, maquinaria, equipos y herramientas.
	0	1	2	3	4
Diseño de procedimientos constructivos	No se diseña ningún procedimiento.	Se realizan ocasionalmente diseños únicamente para procedimientos complicados.	Se diseñan los procedimientos constructivos complicados y partidas que representan un alto porcentaje del presupuesto.	Se diseñan procedimientos constructivos complicados, partidas con alto porcentaje del presupuesto y partidas de larga duración.	Se diseñan procedimientos constructivos complicados, partidas con alto porcentaje del presupuesto y partidas de larga duración; en reuniones periódicas con este propósito.
	0	1	2	3	4
Personal a cargo de los diseños de procedimientos constructivos.	No se diseña ningún procedimiento.	El Maestro de obra se encarga de diseñar estos procedimientos.	Los asistentes y el Maestro de obra están a cargo del diseño de los procedimientos constructivos.	El Residente, Asistentes y Maestro de obra son los encargados de diseñar estos procedimientos.	Adicionalmente al Residente, Asistentes, Maestro de Obra y Supervisor; se contrata a un especialista para un correcto diseño.
	0	1	2	3	4
Información con la que se realiza la planificación	No se realiza una planificación, se trabaja en base al expediente técnico.	La planificación se realiza en base a la experiencia del Maestro de obra.	La planificación se realiza con la Experiencia del Residente y el Maestro de obra.	La planificación se realiza con la experiencia de los profesionales y en menor medida con la información registrada durante la ejecución de la obra.	La planificación se realiza con información registrada durante la ejecución de la obra, adicionalmente información de profesionales especialistas.
	0	1	2	3	4
Información que se transmite al personal obrero y los medios que se usan	No se le transmite información al maestro de obra o jefes de cuadrillas.	Se le transmite la información de forma oral únicamente al Maestro de obra.	Se le transmite la información de forma oral al Maestro de obra y a los jefes de cuadrilla.	Se le hace llegar la información de forma oral y escrita al Maestro de Obra y de forma oral a los Jefes de cuadrilla.	Se le hace llegar la información de forma oral y escrita al Maestro de obra y a los Jefes de cuadrilla.
	0	1	2	3	4
Herramientas que se usan para la planificación	No se realiza ninguna planificación.	Se realiza la planificación con la experiencia del Maestro de obra.	Se realiza la planificación con la experiencia del Residente y el Maestro de obra.	Se realiza la planificación con la experiencia de los profesionales y además se usan herramientas de planificación (Lean construction)	Se usan herramientas de planificación (Lean construction) y software de planificación.
	0	1	2	3	4

32

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 5. Rúbrica para calificación del nivel de sistema de gestión, seguimiento y control

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
B. Seguimiento y control					
Controles que se le realiza a la obra	No se realizan controles.	Informes de avance e informes financieros.	Informes de avance, informes financieros, informes de calidad y reuniones.	Informes de avance, informes financieros, informes de calidad, informes de rendimientos, reuniones e inspecciones visuales a obra.	Informes de avance, informes financieros, informes de calidad, informes de rendimientos, informes de productividad, reuniones e inspecciones visuales a obra.
	0	1	2	3	4
Frecuencia con la que se realizan los controles	No se realizan controles.	Informes al finalizar la obra.	Informes trimestrales.	Informes y reuniones mensuales, inspecciones visuales periódicas.	Informes y reuniones semanales, inspecciones visuales diarias.
	0	1	2	3	4
Información con la que se actualiza la planificación	No se actualiza la planificación	Se usa el informe de avance.	Se usan los informes de avance e informes financieros.	Se usa los informes de avance, los informes financieros y los informes de rendimientos.	Se usan los informes financieros, de avance, de rendimientos y de productividad para actualizar la información.
	0	1	2	3	4
Acciones frente a un retraso de la programación	No se toma ninguna acción frente a los retrasos.	Se reprograma la obra de acuerdo a los retrasos que se vayan generando.	Se reprograma la obra de acuerdo a los retrasos y se trabaja horas extra para compensarlos.	Se realizan verificaciones semanales y se ajusta la programación de acuerdo a estas verificaciones.	Se realizan verificaciones diarias para evitar atrasos, se ajusta la programación de acuerdo a estas verificaciones.
	0	1	2	3	4
Herramientas para el control de recursos materiales	No se lleva ningún control.	Uso de cárdex.	Se realizan inventarios ocasionalmente y se hace uso de cárdex.	Se realizan inventarios periódicamente y se hace uso de tarjetas y cárdex.	Se realizan inventarios periódicamente, se internan materiales y herramientas de forma diaria, se hace uso de tarjetas y cárdex. Además se lleva un control de rendimiento de maquinarias y equipos.
	0	1	2	3	4
Transmisión de información y comunicación entre residencia y personal	No hay comunicación entre residencia y el personal obrero.	Se califica como deficiente la comunicación entre residentecia y el personal obrero.	Se califica como regular la comunicación entre residentecia y el personal obrero.	Se califica como aceptable la comunicación entre residentecia y el personal obrero.	Se tiene una comucación fluida entre residencia y el personal obrero.
	0	1	2	3	4

24

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Con el objetivo de conocer el nivel del sistema de gestión presente en las cuatro (4) obras analizadas, se asignó a cada criterio una puntuación de cero (0) a cuatro (4) puntos dependiendo del nivel de calificación de cada criterio (Nivel 1 – Nivel 5). La rúbrica para la calificación del nivel de sistema de gestión está dividida en dos partes: Siendo la primera “Planificación y Ejecución” la cual tiene una puntuación máxima de 32 puntos; y la segunda “Seguimiento y control” la cual tiene una puntuación máxima de 24 puntos. En conjunto suman 56 puntos los cuales representan el 100% de la calificación para una obra con un Excelente Nivel de Sistema de Gestión (Nivel 5). En la Tabla 6 podemos observar los cinco niveles en los que la presente investigación clasifica los

sistemas de gestión de acuerdo a la puntuación que puede obtener cada obra mediante la rúbrica.

Tabla 6. Rango de puntuación para cada nivel de sistema de gestión

Nivel	Rango de Puntuación	R. de Puntuación en %
Nivel 1	0 - 11	$0% < x \leq 20%$
Nivel 2	12 - 22	$20% < x \leq 40%$
Nivel 3	23 - 33	$40% < x \leq 60%$
Nivel 4	34 - 44	$60% < x \leq 80%$
Nivel 5	45 - 56	$80% < x \leq 100%$

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Los niveles más bajos (Nivel 1 y Nivel 2) indican una baja o nula organización respecto a la planificación y la baja cantidad o ausencia de controles. El nivel 3 indica que se tiene una organización aceptable en algunos aspectos mientras que otros aspectos aún se encuentran en un nivel básico. El nivel 4 refleja que la organización respecto a la planificación, ejecución y el control es aceptable. El nivel más alto, nivel 5, indica que el sistema de gestión en la obra en cuestión es excelente.

3.7.3. Evaluación del nivel de industrialización

El nivel de industrialización se evaluó mediante una rúbrica teniendo en cuenta criterios como: la mecanización del trabajo, el uso de elementos prefabricados, desarrollo de diseños modulares, la estandarización de los procesos o elementos y la capacitación de la mano de obra. Se clasificó en 4 niveles de industrialización para la calificación de cada criterio.

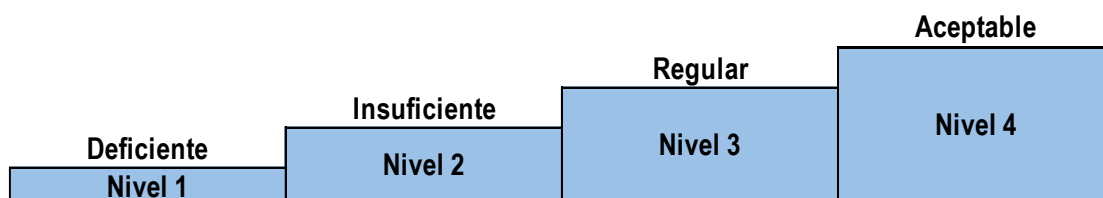


Figura 15. Niveles para calificación de criterios del nivel de industrialización

Tabla 7. Rúbrica para calificación del nivel de industrialización

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
A. Mecanización del trabajo				
Equipos o maquinarias presentes en obra	No existe maquinaria en la obra.	Mezcladora, vibradores y planchas compactadoras.	Mezcladoras, vibradores, planchas compactadoras, wiinches eléctricos, cortadoras de concreto, máquinas de soldar.	Mezcladoras, vibradores, planchas compactadoras, wiinches eléctricos, cortadoras de concreto, máquinas de soldar, grúas, plataformas verticales, lanzadoras de concreto.
	0	1	2	3
Reemplazo de trabajo manual por trabajo con maquinaria	Todos los trabajos se hacen de forma manual, sin presencia de maquinaria o equipos.	Se usa maquinaria y equipos sólo en algunas de las ejecuciones de partidas.	Se usa maquinaria y equipos en la ejecución de la mayoría de ejecución de las partidas.	Se usa maquinaria y equipos para llevar a cabo las diferentes partidas y se ha reemplazado por completo el trabajo manual.
	0	1	2	3
B. Elementos prefabricados				
Compra de elementos prefabricados	La obra no adquiere elementos prefabricados.	La obra adquiere uno o dos elementos prefabricados.	La obra adquiere de dos a cuatro elementos prefabricados.	La obra adquiere una variedad elementos prefabricados. (Mallas electrosoldadas, acero dimensionado, encofrados prefabricados, concreto premezclado, viguetas prefabricadas)
	0	1	2	3
Prefabricación de elementos en obra	No se prefabrica ningún elemento, todo tiene una construcción in situ.	Se prefabrican uno o dos elementos en obra.	Se prefabrican de dos a cuatro en obra.	Se prefabrica una variedad de elementos en obra (paneles prefabricados, acero listo para su colocación, moldes, plataformas de transporte, etc)
	0	1	2	3
C. Diseño modular y estandarización				
Diseños modulares	No se tienen diseños modulares.	Se observa uno o dos diseños modulares.	Se observa de dos a cuatro diseños modulares.	Se usan diferentes diseños modulares (pisos típicos, elementos de carpintería o herrería, encofrados, etc)
	0	1	2	3
Estandarización de elementos y procesos	No existe estandarización en ningún proceso o elemento.	Se estandarizaron algunos elementos.	Se estandarizaron algunos elementos y procesos.	Se estandarizaron diferentes elementos y procesos (puertas, marcos de puertas y ventanas, columnas, placas, procesos constructivos).
	0	1	2	3
D. Capacitación de la mano de obra				
Calidad de la mano de obra	Mano de obra no calificada y sin experiencia.	Mano de obra calificada y sin experiencia.	Mano de obra calificada y con experiencia.	Mano de obra calificada, con experiencia y especialistas en su área.
	0	1	2	3
Flujo de trabajo	Se distribuyen las tareas de acuerdo al trabajo disponible.	Se estructuran y secuencian algunas partidas.	Se estructuran y secuencian varias partidas.	Se estructuran, secuencian, correlacionan y sincronizan todas las partidas.
	0	1	2	3

24

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la Figura 15 se observa los cuatro niveles que se consideraron para evaluar cada uno de los criterios.

- **Nivel 1.** Deficiente: No se observa ninguna implementación de tecnología, innovación o capacitación respecto al criterio en cuestión.
- **Nivel 2.** Insuficiente: Se observa que la implementación de tecnología, innovación o capacitación respecto al criterio es básica, pero evidentemente, insuficiente.
- **Nivel 3.** Regular: Se observa que la implementación de tecnología, innovación o capacitación respecto al criterio es medianamente adecuada.
- **Nivel 4.** Aceptable: Se observa implementación de tecnología, innovación o capacitación respecto al criterio es funcional y aceptable.

La rúbrica que se observa en la Tabla 7, califica el nivel de industrialización en base a 24 puntos, los criterios que se evaluaron se dividieron en cuatro partes las cuales son: Mecanización del trabajo, elementos prefabricados, diseño modular y estandarización y capacitación de la mano de obra. Cada una de estas partes tiene una puntuación máxima de seis (6) puntos. En la Tabla 8 podemos observar la clasificación de los niveles de acuerdo a la puntuación que puede obtener cada obra.

Tabla 8. Rango de puntuación para cada nivel de industrialización

Nivel	Rango de Puntuación	Rango de Puntuación en %
Nivel 1	0 - 6	$0\% < x \leq 25\%$
Nivel 2	7 - 12	$25\% < x \leq 50\%$
Nivel 3	13 - 18	$50\% < x \leq 75\%$
Nivel 4	19 - 24	$75\% < x \leq 100\%$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. NIVEL DE PRODUCTIVIDAD

Los niveles de productividad en los cuatro (4) proyectos ejecutados se muestran en la Tabla 8 detallando cada actividad y su incidencia en la distribución del tiempo de trabajo en forma de porcentaje, en base a los datos que se recolectaron y que se pueden verificar de forma resumida en el Anexo B.

Tabla 9. Distribución de tiempo en las actividades en obra

			Obra "A"	Obra "B"	Obra "C"	Obra "D"
DESCRIPCION		ABREV.	Distribución del tiempo de trabajo en %Parcial			
TP	Trabajo productivo neto	TP	40.33%	38.91%	29.24%	32.14%
	Habilitación de material	HM	10.67%	12.15%	21.13%	16.42%
TC	Transporte de mat. y/o Eg.	TM	15.33%	16.89%	13.65%	17.03%
	Recibir/dar instrucciones	I	3.19%	4.17%	5.42%	4.11%
	Mediciones	M	1.83%	3.53%	2.65%	2.28%
	Limpieza	L	5.87%	2.59%	2.21%	1.26%
	Andamios	A	2.06%	0.85%	1.74%	1.98%
	Búsqueda de Materiales	B	1.08%	0.75%	2.76%	1.58%
	Seguridad en el trabajo	SEG	0.13%	0.10%	0.20%	0.56%
	Otros trabajos contributivos	OTC	1.58%	6.03%	3.37%	8.83%
	TNC	Tiempo de espera	TE	7.81%	5.79%	8.07%
	Tiempo de ocio	TO	2.06%	0.77%	1.22%	0.88%
	Trabajo rehecho	TR	0.17%	0.20%	0.02%	0.91%
	Viaje improductivo	VI	1.96%	0.89%	0.59%	0.31%
	Descanso	D	2.21%	2.66%	2.91%	1.07%
	Servicios Higiénicos	SH	1.75%	0.69%	0.40%	0.54%
	Desplazamiento	DES	1.60%	2.33%	4.05%	3.90%
	Otros trabajos no contributivos	ONC	0.38%	0.69%	0.39%	0.95%
TOTAL			100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la Figura 16 se puede observar de forma gráfica la variación entre el porcentaje del tiempo de actividades para las cuatro (4) obras analizadas.

VARIACIÓN DE LAS ACTIVIDADES EN CADA OBRA

Obra "A" Obra "B" Obra "C" Obra "D"

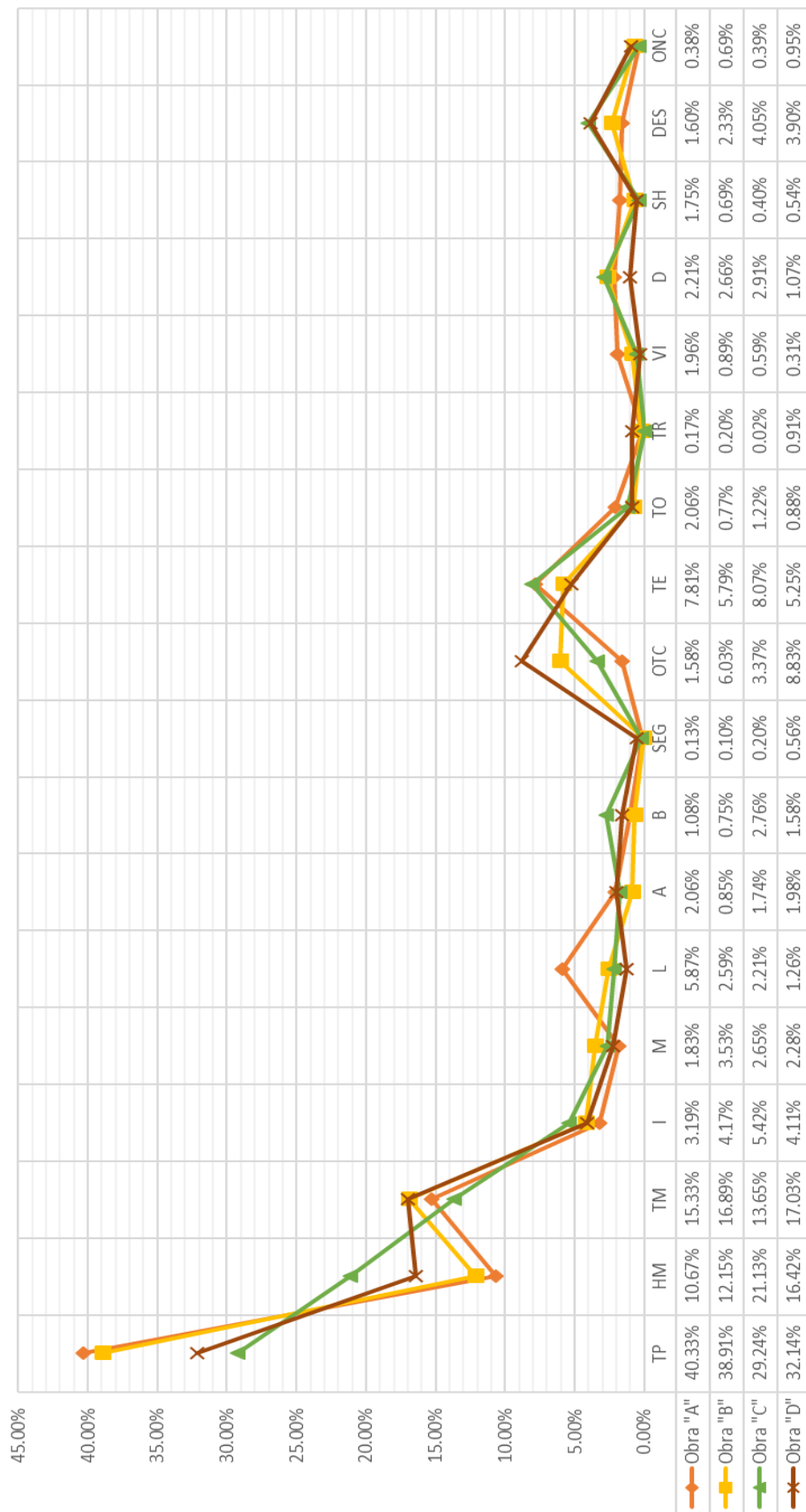


Figura 16. Variación de la distribución de tiempo de actividades por obra

Estos porcentajes se basan en el total de mediciones que se realizaron en cada obra, el número de mediciones en cada obra fue el siguiente:

Minas: 5200 mediciones

Geología: 8660 mediciones

Sistemas: 10200 mediciones

Primaria: 9600 mediciones

La diferencia entre el número de mediciones se debe a que durante las visitas a obra podían ocurrir eventos que provocarían la suspensión de actividades, además es importante mencionar que la ejecución del proyecto de la construcción del nuevo pabellón de ingeniería de minas se encontraba en su etapa final por lo que sólo se realizaron mediciones mientras la cantidad de personal obrero era considerable y se realizaban diferentes actividades.

4.1.1.1. Comparación de los niveles de productividad analizados

Una vez analizados los resultados de las cuatro obras se compararon las distribuciones de tiempos de trabajo y se observó que las obras que emplean mayor tiempo para realizar trabajo productivo son las obras de construcción del nuevo pabellón de Ingeniería de Minas (Obra A) y la remodelación del pabellón de Ingeniería Geológica y Metalúrgica (Obra B). La comparación de los resultados se muestra a continuación:

Tabla 10. Comparación de tiempos de trabajo en las 4 obras

	Minas Obra "A"	Geología Obra "B"	Sistemas Obra "C"	Primaria Obra "D"
TP	51.00%	51.06%	50.36%	48.55%
TC	31.06%	34.92%	31.99%	37.65%
TNC	17.94%	14.02%	17.65%	13.80%

Para una mejor apreciación de la distribución del tiempo de trabajo del personal se ha elaborado un gráfico de barras apiladas para las cuatro (4) obras. Ver Figura 17.

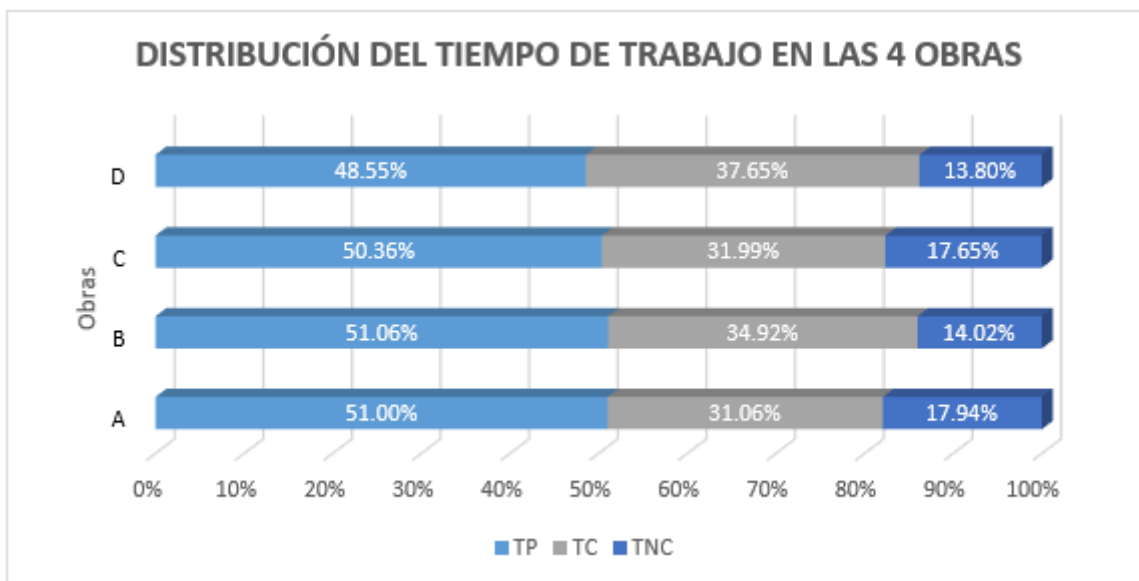


Figura 17. Distribución del tiempo de trabajo en las cuatro obras

Se puede apreciar que, en las cuatro obras analizadas, el trabajo productivo representa la mayor cantidad del tiempo que el personal obrero permanece en obra.

Es importante mencionar que a pesar de que en la Tabla 9 se muestran diferentes porcentajes para las actividades descritas como trabajo productivo neto y habilitación de material; la suma de estas representa, en el caso de las cuatro obras y según la Tabla 10, cerca del 50% del tiempo de trabajo del personal obrero, es decir, que un trabajador emplea cerca de cuatro (4) de las ocho (8) horas de trabajo para realizar actividades productivas. En la Figura 18 podemos observar la distribución del **trabajo productivo** en las cuatro obras que se analizaron.

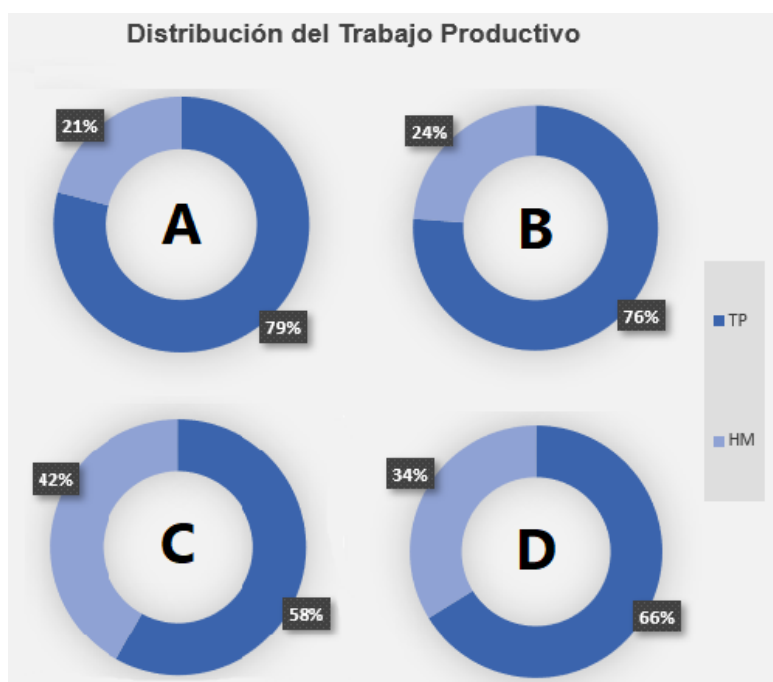


Figura 18. Distribución del trabajo productivo en las cuatro obras

Se puede apreciar que la “Habilitación de material” representa, en el caso de las obras C y D, un mayor porcentaje que en las otras dos obras analizadas. Cabe mencionar que las dos obras mencionadas se encontraban en su etapa inicial, por lo que el habilitado de acero y habilitado de madera para encofrados era una actividad más frecuente.

4.1.1.2. Nivel productivo promedio

En la Tabla 11 se muestra la distribución promedio del tiempo de trabajo, expresada en porcentajes por actividad, obtenidos a partir de las cuatro (4) obras analizadas.

Tabla 11. Porcentajes de tiempos promedio por actividad

	DESCRIPCION	ABREV.	%PARCIAL	%TOTAL		
TP	Trabajo productivo	TP	35.15%	50.24%		
	Habilitación de material	HM	15.09%			
TC	Transporte de mat. y/o Eq.	TM	15.72%	33.90%		
	Recibir/dar instrucciones	I	4.22%			
	Mediciones	M	2.57%			
	Limpieza	L	2.98%			
	Andamios	A	1.66%			
	Búsqueda de Materiales	B	1.54%			
	Seguridad en el trabajo	SEG	0.25%			
	Otros trabajos contributivos	OTC	4.95%			
	TNC	Tiempo de espera	TE		6.73%	15.85%
		Tiempo de ocio	TO		1.23%	
Trabajo rehecho		TR	0.32%			
Viaje improductivo		VI	0.94%			
Descanso		D	2.21%			
Servicios Higiénicos		SH	0.85%			
Desplazamiento		DES	2.97%			
Otros trabajos no contributivos		ONC	0.60%			

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la Figura 19 se puede observar el promedio de los niveles productivos de las cuatro obras que se analizaron, a partir de este análisis podemos asumir que esta figura representa el nivel del trabajo productivo en la UNAP durante el periodo 2018.

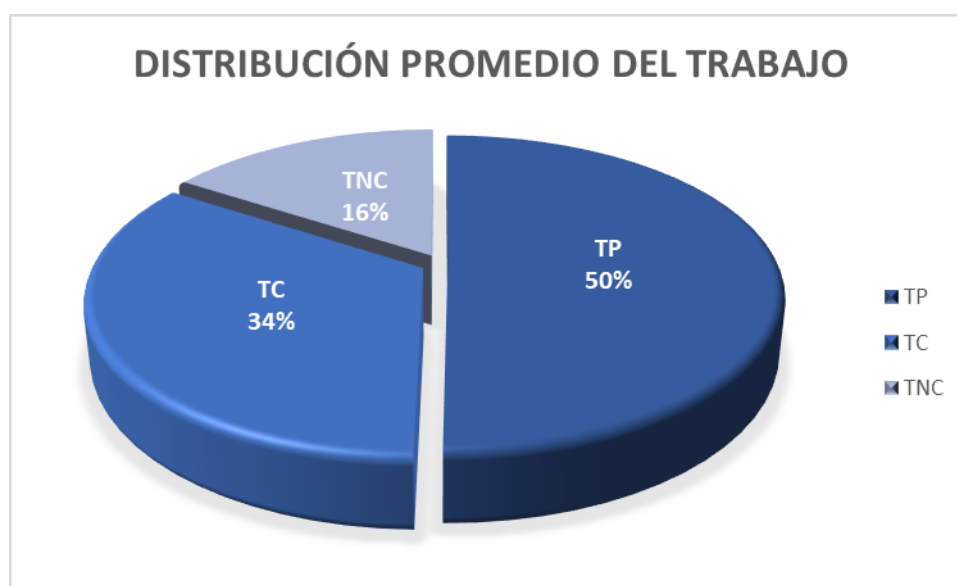


Figura 19. Niveles de productividad promedio

4.1.1.3. Comparación del nivel de productividad con los estudios realizados en 2005

En la investigación realizada en el 2005 en obras ejecutadas por la Oficina de Arquitectura y Construcciones, se registró que solamente el 16% del tiempo que los trabajadores permanecen en obra es tiempo que dedican al trabajo productivo. De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se aprecia un aumento de la productividad considerable, el cual se ve reflejado en la siguiente tabla.

Tabla 12. Comparación de nivel de productividad

	Experiencia 2005	Actual
TP	16%	50%
TC	38%	34%
TNC	46%	16%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

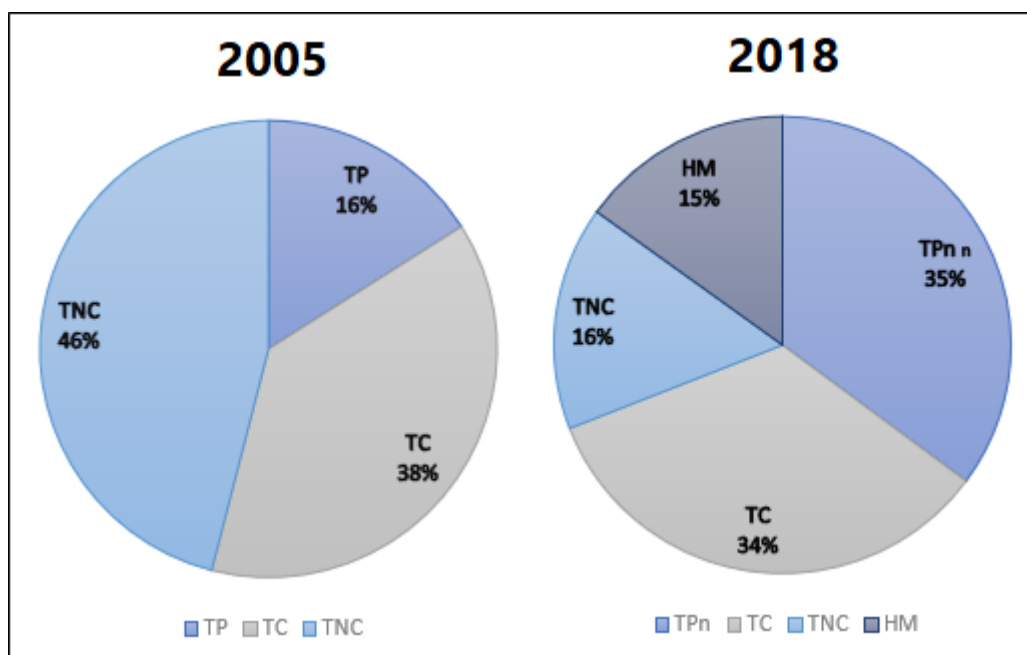


Figura 20. Comparación de nivel productividad con estudios previos en la UNAP

También es importante mencionar que a pesar de que para este trabajo de investigación se consideró el habilitado de material como un Trabajo productivo, ya que le agrega valor al producto, esta actividad sólo representa el 15% del total tiempo de

trabajo. Por lo que si se tuviera las mismas consideraciones que en el trabajo del 2005 el aumento respecto al trabajo productivo es de 19%.

4.1.1.4. *Distribución del trabajo no productivo*

A continuación, se muestra la distribución del trabajo Contributorio de forma descendente, podemos apreciar que la mayor cantidad de tiempo que se ocupa en actividades contributorias al trabajo productivo se emplea para el “transporte de materiales” (15.72%), lo cual comprende el transporte de herramientas, materiales o equipos.

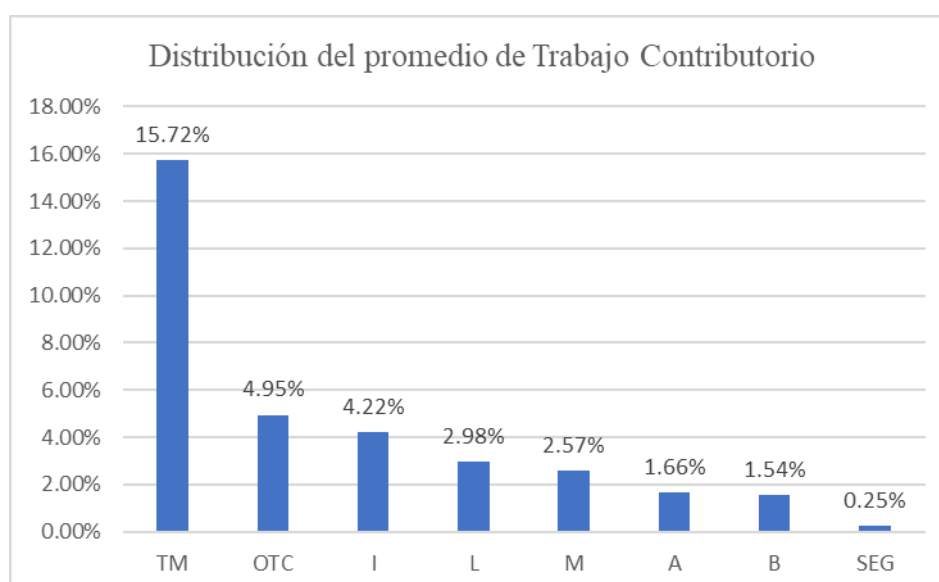


Figura 21. Distribución del trabajo contributorio

En cuanto al trabajo no Contributorio se observa que el Tiempo de espera es la actividad que tiene mayor incidencia. Seguidamente se encuentran las actividades de Desplazamiento en una misma área de trabajo y los descansos que toman los trabajadores mientras realizan las diferentes actividades. Se observó que la causa de la mayor incidencia del tiempo de esperas (6.73%) se debe a cuadrillas sobredimensionadas, falta de espacios, deficiencias en la ubicación y flujo de materiales.

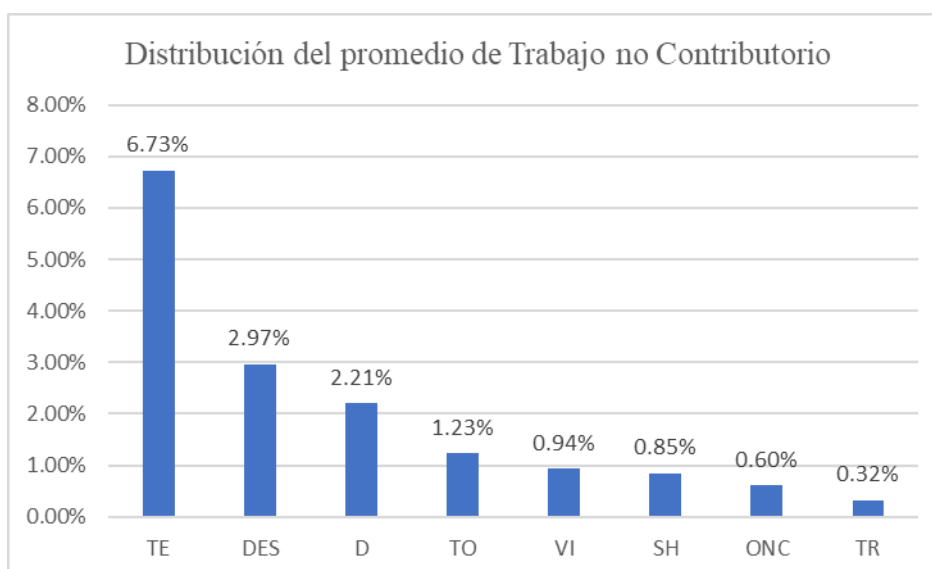


Figura 22. Distribución del trabajo no Contributorio

4.1.2. NIVEL DE SISTEMA DE GESTIÓN

Una vez clasificados y evaluados los sistemas de gestión mediante la rúbrica correspondiente se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 13. Evaluación de los sistemas de gestión en las cuatro obras

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D
A. Planificación y Ejecución				
Personal a cargo de la planificación	3	4	3	3
Planificación de la utilización de los recursos disponibles	3	3	3	3
Aspectos y plazos de la planificación	3	3	2	3
Diseño de procedimientos constructivos	2	2	1	2
Personal a cargo de diseños de procedimientos constructivos	3	2	2	2
Información con la que se realiza la planificación	2	2	2	2
Información transmitida al personal obrero y los medios usados	2	2	2	2
Herramientas que se usan para la planificación	3	2	2	3
B. Seguimiento y control				
Controles que se le realiza a la obra	3	3	3	4
Frecuencia con la que se realizan los controles	3	3	3	3
Información con la que se actualiza la planificación	3	1	0	0
Acciones frente a un retraso de la programación	2	2	2	1
Herramientas para el control de recursos materiales	4	2	1	1
Comunicación entre residencia y personal	3	3	3	3
TOTAL	39	34	29	32
% RESPECTO A PUNTUACIÓN MÁX.	69.6%	60.7%	51.8%	57.1%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.1.2.1. Clasificación de sistema de gestión por nivel

Se puede observar que la calificación de los sistemas de gestión es diferente en cada obra, lo cual se debe a que cada equipo de trabajo en las diferentes obras tiene una forma diferente de trabajar y de planificar, sin embargo, se considera que los resultados obtenidos reflejan la situación actual dentro de las diferentes obras que ejecuta la UNAP.

De acuerdo al puntaje obtenido por cada obra según su sistema de gestión y los rangos de calificación de la Tabla 6, podemos categorizar a las cuatro (4) obras de la siguiente forma:

Tabla 14. Nivel de sistema de gestión de cada obra

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D
PUNTUACIÓN	39	34	29	32
% RESPECTO A PUNTUACIÓN MÁX.	69.6%	60.7%	51.8%	57.1%
NIVEL	Nivel 4	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 3

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Para apreciar de mejor manera la diferencia entre las puntuaciones obtenidas por cada obra, mediante la evaluación a través de la rúbrica que se elaboró para la realización de este trabajo de investigación, se puede observar la Figura 23.

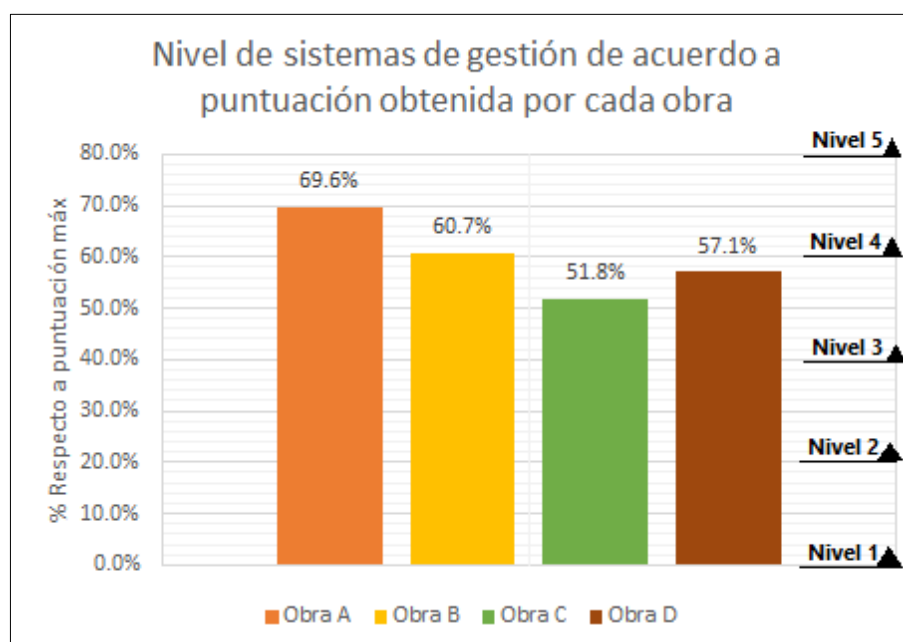


Figura 23. Clasificación del nivel de sistema de gestión de cada obra

4.1.2.2. Nivel de sistema de gestión de cada obra

De acuerdo a la Tabla 14 las obras C y D, correspondientes a la construcción de los pabellones de las escuelas profesionales de educación primaria e ingeniería de sistemas, se encuentran en el nivel 3 descrito como un nivel regular de sistema de gestión. Se pudo observar, durante el periodo de investigación, que en estas obras no se actualizaba la planificación y que además el control respecto a maquinarias, equipos y materiales era deficiente.

Las obras A y B, correspondientes a la construcción del nuevo pabellón de ingeniería de minas y la remodelación del pabellón de la facultad de ingeniería geológica y metalurgia respectivamente, se encuentran en el nivel 4 descrito como un nivel aceptable de sistema de gestión. La diferencia con las obras C y D se encuentra en que para el caso de la obra B se actualizaba la planificación en base a los informes de avance físico que se elaboran como parte de los controles que se le realiza a la misma obra. Y en el caso de la obra A, se actualizaba la planificación en base a los informes de avances físicos, financieros y además los informes de rendimientos que se elaboran como parte de los controles que se realiza a la misma obra. Además, la obra A usaba una variedad de herramientas para el control de los recursos materiales como las maquinarias, equipos y materiales.

4.1.3. NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN

Los resultados de calificación y clasificación de los niveles de industrialización en las cuatro (4) obras se muestran a continuación, es importante mencionar que, de acuerdo a la investigación realizada, el nivel de industrialización es insuficiente en la mayoría de obras en las que se realizaron los estudios.

Tabla 15. Evaluación del nivel de industrialización en las 4 obras

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D
A. Mecanización del trabajo				
Equipos o maquinarias presentes en obra	2	2	2	2
Reemplazo de trabajo manual por trabajo con maquinaria	1	2	1	2
B. Elementos prefabricados				
Compra de elementos prefabricados	0	0	0	0
Prefabricación de elementos en obra	2	1	0	1
C. Diseño modular y estandarización				
Diseños modulares	2	1	1	0
Estandarización de elementos y procesos	2	1	0	0
D. Capacitación de la mano de obra				
Calidad de la mano de obra	3	3	3	3
Flujo de trabajo	2	1	1	1
TOTAL	14	11	8	9
% RESPECTO A PUNTUACIÓN MÁX.	58.3%	45.8%	33.3%	37.5%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.1.3.1. Clasificación de obra por nivel de industrialización

A pesar de que para un criterio como la “mecanización del trabajo”, se pueda tener la misma puntuación en todas las obras debido a que la OEI asigna parte de la maquinaria que se usa para la ejecución de los proyectos, se encuentran diferencias en otros aspectos lo que hace que no todas las obras se encuentren en el mismo nivel de industrialización. Según la clasificación por rangos de acuerdo a la puntuación de la Tabla 8, tenemos:

Tabla 16. Nivel de industrialización de cada obra.

	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D
PUNTUACIÓN	14	11	8	10
% RESPECTO A PUNTUACIÓN MÁX.	58.3%	44.3%	31.3%	41.7%
NIVEL	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Para apreciar de mejor manera la diferencia entre las puntuaciones obtenidas por cada obra, mediante la evaluación a través de la rúbrica que se elaboró para la realización de este trabajo de investigación, se puede observar la Figura 24.

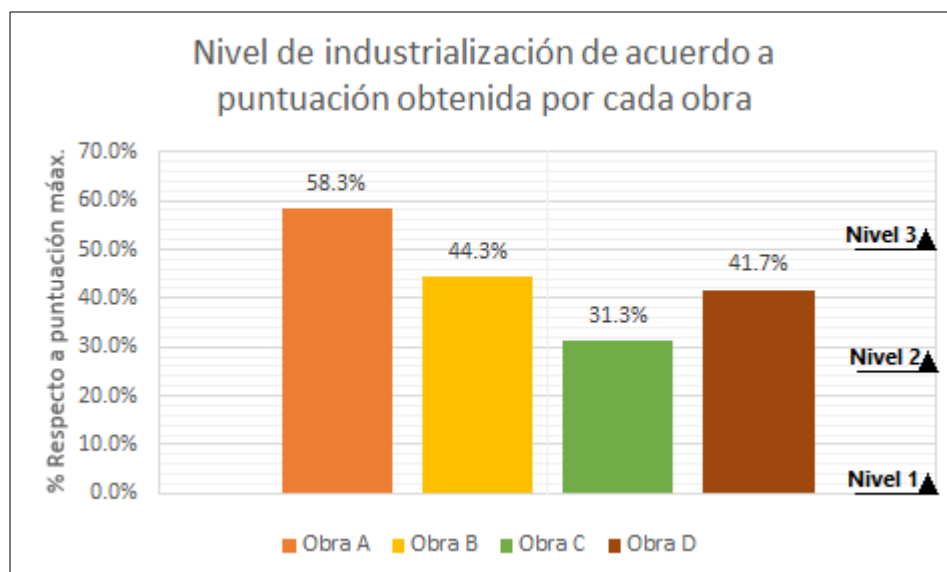


Figura 24. Clasificación del nivel de industrialización de cada obra

4.1.3.2. Nivel de industrialización de cada obra

De acuerdo a la Tabla 16 las obras B, C y D se encuentran en el nivel 2, que describe un nivel insuficiente de industrialización. Se observa que, respecto al uso de elementos prefabricados, no se adquiere ninguna clase de elemento prefabricado para su uso en obra. También se observa que los elementos que se prefabrican en obra son mínimos. Respecto al diseño modular y la estandarización de elementos o procesos, de acuerdo a las entrevistas realizadas, no se tomaron en cuenta estos criterios de diseño en la mayoría de obras.

Respecto a la obra A, de acuerdo a las entrevistas realizadas a los profesionales y lo que se pudo observar, se prefabricaron elementos para facilitar la construcción además de que se tomaron en cuenta diseños modulares para elementos como puertas, ventanas y marcos para puertas y ventanas; además se estandarizaron elementos como las dimensiones puertas, ventanas, encofrados, así también se estandarizaron procesos con el objetivo de aumentar la productividad, estos procesos fueron algunos como las partidas de pinturas y cielorrasos.

4.1.4. RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE SISTEMA DE GESTIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD

4.1.4.1. *Correlación entre variables*

Para evaluar la relación entre el nivel de sistema de gestión (variable cualitativa) y el nivel de productividad (variable cuantitativa) se recurrió a la correlación de Spearman, que es un análisis estadístico que evalúa el grado de asociación de dos variables a partir de la transformación de sus puntuaciones en rangos. (Bosques Brugada, Camacho Ruíz, & Rodríguez Hernández, 2017).

A simple vista, por los resultados obtenidos en las secciones anteriores se puede suponer que existe una relación entre el trabajo productivo neto (TPn) y la puntuación que obtuvo cada sistema de gestión para su clasificación. Para apreciar mejor esta relación se elaboró la Tabla 17 que se puede observar a continuación.

Tabla 17. Niveles de productividad y nivel de sistema de gestión

OBRA	TIPO DE TRABAJO			PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	CONTROL Y SEGUIMIENTO	PUNTUACIÓN TOTAL	NIVEL SISTEMA DE GESTIÓN
	TPn	TC	TNC				
A	40.3%	31.1%	17.9%	21	18	39	Nivel 4
B	38.9%	34.9%	14.0%	20	14	34	Nivel 4
C	29.2%	32.0%	17.6%	17	12	29	Nivel 3
D	32.1%	37.6%	13.8%	20	12	32	Nivel 3

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Para comprobar la hipótesis planteada en este trabajo de investigación, la cual supone que un mejor sistema de gestión tiene un impacto positivo en la productividad, se siguió el procedimiento sugerido en (Bosques Brugada, Camacho Ruíz, & Rodríguez Hernández, 2017) que busca la correlación entre una variable cualitativa, como es la puntuación obtenida mediante la rúbrica para evaluar el nivel de sistema de gestión (Tabla 4 y Tabla 5), y una variable cuantitativa, como es el nivel del trabajo productivo neto (TPn).

Para esto establecemos nuestras hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula (H_0): $r_s = 0$, la cual establece que la puntuación obtenida y el nivel de productividad no son correspondientes.

Hipótesis alterna (H_1): $r_s \neq 0$, la cual establece una asociación entre la puntuación y la productividad ordenadas por rangos.

La fórmula de Spearman es la siguiente:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{N(N^2 - 1)}$$

Donde:

$d =$ Diferencia entre los rangos de cada par de puntuaciones

$N =$ Número total de pares de puntuaciones

Para poder obtener el valor de “d” se elaboró la siguiente tabla en la cual se establecieron los rangos para X e Y.

Tabla 18. Cálculo de las diferencias de los pares de puntuaciones, ordenadas por rango para el cálculo de r_{s1}

OBRA	VARIABLES		RANGOS		DIFERENCIAS	
	PUNTUACION (X)	%TPn (Y)	X	Y	d	d ²
C	29	29.24	1	1	0	0
D	32	32.14	2	2	0	0
B	34	38.91	3	3	0	0
A	39	40.33	4	4	0	0

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Ahora bien, con respecto a la magnitud, el coeficiente de correlación representa la potencia de asociación que tienen las variables. En este sentido, Coolican (2005) propone un continuo de la correlación de perfecta (± 1), fuerte ($> \pm 0.8$), moderada ($> \pm 0.4$), débil ($> \pm 0.2$) y nula (0, ausencia de asociación).

Al reemplazar $\sum d^2 = 0$ en la fórmula, tenemos que:

$$r_{s1} = 1$$

Lo cual rechaza inmediatamente la hipótesis nula (H_0) y que confirma que entre el nivel de sistema de gestión y el trabajo productivo neto existe una correlación positiva perfecta. Es decir, que nuestra hipótesis alterna (H_1) es aceptada.

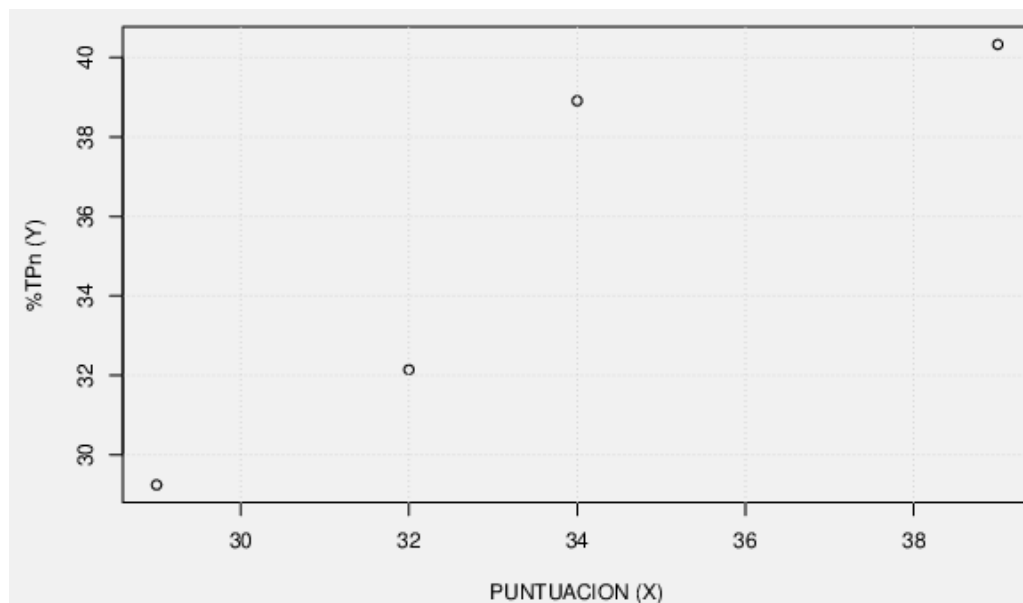


Figura 25. Dispersión de las variables de nivel de sistema de gestión y trabajo productivo

4.1.5. RELACIÓN ENTRE LA PRODUCTIVIDAD Y EL NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN

4.1.5.1. *Correlación entre variables*

Para evaluar la relación entre el nivel de industrialización (variable cualitativa) y el nivel de productividad (variable cuantitativa) se recurrió, al igual que en la sección anterior, a la correlación de Spearman que es un análisis estadístico que evalúa el grado de asociación de dos variables a partir de la transformación de sus puntuaciones en rangos. (Bosques Brugada, Camacho Ruíz, & Rodríguez Hernández, 2017).

Tenemos la Tabla 19 con los datos de niveles de industrialización y niveles de productividad.

Tabla 19. Nivel de industrialización y nivel de productividad

OBRA	TIPO DE TRABAJO			MECANIZACIÓN DEL TRABAJO	ELEMENTOS PREFABRICADOS	DISEÑO MODULAR	CAPACITACIÓN MANO DE OBRA	PUNTUACIÓN TOTAL	NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN
	TPn	TC	TNC						
A	40.3%	31.1%	17.9%	3	2	4	5	14	Nivel 3
B	38.9%	34.9%	14.0%	4	1	2	4	11	Nivel 2
C	29.2%	32.0%	17.6%	3	0	1	4	8	Nivel 2
D	32.1%	37.6%	13.8%	4	1	0	4	9	Nivel 2

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Para comprobar la hipótesis planteada en este trabajo de investigación, la cual supone que un mayor nivel de industrialización tiene un impacto positivo en la productividad, se recurrió a la fórmula de correlación de Spearman y se elaboró la tabla

Tabla 20. Cálculo de las diferencias de los pares de puntuaciones, ordenadas por rango para el cálculo de r_{s2}

OBRA	VARIABLES		RANGOS		DIFERENCIAS	
	PUNTUACION (X)	TPn (Y)	X	Y	d	d ²
C	8	29.24	1	1	0	0
D	9	32.14	2	2	0	0
B	11	38.91	3	3	0	0
A	14	40.33	4	4	0	0

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Siendo así:

$$r_{s2} = 1$$

Que rechaza la hipótesis nula, que establece la no correspondencia entre el nivel de industrialización y el nivel de productividad. Y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Por lo que podemos afirmar que, al igual que el nivel de sistema de gestión, el nivel de industrialización tiene una correlación positiva perfecta con el trabajo productivo neto.

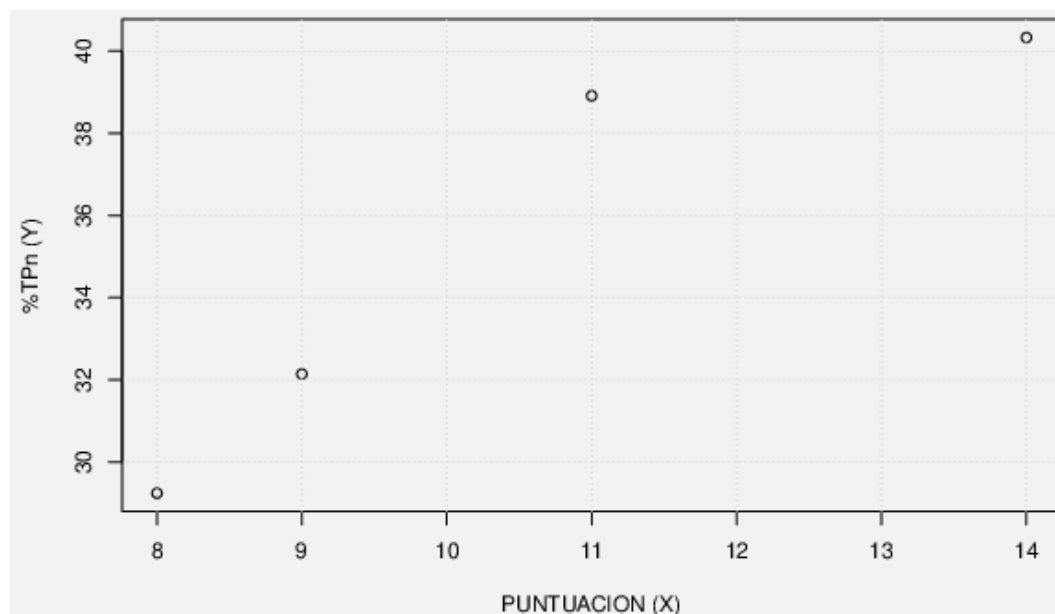


Figura 26. *Dispersión de las variables de nivel de industrialización y trabajo productivo*

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Discusión de resultados de productividad

Los resultados de productividad muestran una mejoría respecto al estudio realizado en proyectos ejecutados por la Oficina de Arquitectura y Construcciones en el 2005, concretamente el incremento del tiempo que se dedica a trabajos productivos, según los criterios tomados en la investigación de (Lima, 2005), ha aumentado en 19%. Esto se atribuye a que, actualmente los sistemas de gestión presentes en cada obra muestran una mayor organización que a años anteriores, también a que la mano de obra está mejor calificada (de acuerdo a la opinión de residentes y maestros de obra).

Trabajo Productivo: Un resultado interesante es que la suma del tiempo en porcentaje de las actividades del Trabajo productivo neto y la habilitación de material representa cerca del 50% del tiempo que los trabajadores ocupan durante el horario de trabajo, es decir, que cuatro (4) de las ocho (8) de trabajo son dedicadas a sumarle valor a la obra.

Transporte de material: El transporte de materiales y/o equipos represente, en promedio, cerca del 16% del tiempo trabajo del personal obrero. En opinión de los maestros de obra entrevistados, se debe a que muchas veces no se cuenta con los espacios necesarios para la construcción de almacenes, lo que genera que para el transporte de materiales dure más de lo normal. En opinión de los autores de esta investigación, la principal razón del alto porcentaje del tiempo que representa esta actividad se debe a que no hay, en muchas ocasiones, una organización o planificación previa al uso de los materiales. Siendo así que un trabajador puede regresar al almacén hasta tres veces para la realización de una misma tarea.

Mediciones: Las mediciones se presentan con mayor frecuencia cuando el armado de acero o encofrado se realiza sin mediciones previas, o cuando las piezas a ensamblar no están organizadas u ordenadas lo que provoca el incremento de mediciones. Esto se podría mejorar si se usarán elementos prefabricados.

Recibir/dar instrucciones: Se observa que poco más del 4% del tiempo de trabajo se emplea para recibir o dar instrucciones. Este tiempo podría reducirse si la planificación se transmitiera antes de realizar las tareas.

Tiempo de espera: En promedio, casi 7% del tiempo de trabajo se pierde mientras un trabajador espera: materiales, equipos o la finalización de una tarea. Esto se debe, al igual que en el caso de (Ghio Castillo, 2001): al incorrecto dimensionamiento de las cuadrillas, falta de espacios y deficiencias en el flujo de los materiales. En el caso particular de la obra de construcción del nuevo pabellón de Educación Primaria, se observó el sobredimensionamiento de las cuadrillas en el armado de acero estructural para columnas.

Trabajo rehecho: Aunque el porcentaje del tiempo que se destina a trabajos rehechos no es elevado (0.32%), se observó que este ocurre por lo general por trabajos

mal ejecutados por una mala transmisión de información de parte de los profesionales al personal obrero.

En general se ha observado que los niveles del trabajo productivo, en proyectos ejecutados por la universidad nacional del altiplano, están cerca de lo reportado en otros trabajos de investigación de la región, a nivel internacional.

Actividad de los ingenieros de obra ante la productividad.

Son pocas las empresas que realmente tienen un sistema de control de la producción y la productividad. La mayoría de empresas ejecutan sus obras a través de esquemas de producción obsoletos en los que ni siquiera el ingrediente “ingeniería” está presente.

Debemos generar un cambio en la actitud de los ingenieros residentes. Lo usual es ver como los ingenieros se convierten en administradores de obra. Su gestión se limita a conseguir los mejores precios en materiales y equipos o a manejar la relación contractual con el cliente.

La mayoría de los ingenieros de obra se preocupan de la producción, pero su indiferencia ante la productividad es realmente preocupante. La labor del ingeniero de obra va más allá de cotizar materiales y obtener los mejores descuentos, por ello, el control de la producción y la productividad tiene que ser considerado como prioridad dentro de sus labores.

Luego de que la plana directiva de la empresa se encuentra comprometida en la aplicación de sistemas de control de la producción y la productividad, el siguiente paso es que la actitud de los ingenieros cambie radicalmente desde la indiferencia hasta el compromiso.

La evolución en el pensamiento del Ingeniero de Obra es un paso obligatorio para obtener resultados positivos.

Productividad no es más trabajo para los obreros

Los obreros son el último eslabón en la cadena del mejoramiento de la productividad. La palabra “productividad”, a veces por ignorancia, asusta al personal obrero. La mayoría de ellos relaciona el hecho de que aumentar sus velocidades de trabajo requiere de mayor esfuerzo física de su parte.

Querer aumentar los niveles productivos en las obras, no tiene absolutamente ninguna relación con esclavizar a la gente, por el contrario, los ingenieros tienen establecer pautas de trabajo que permitan al personal obrero ejecutar las actividades más eficientemente sin que implique mayor esfuerzo físico para ellos.

Por ejemplo, algo tan simple como el estudio de la utilización de equipos en lugar del uso de herramientas manuales, así como la distribución de materiales cerca de las zonas de trabajo, entre otras soluciones, ayudaran en parte a incrementar la producción y la productividad en obra.

Cambiar la idiosincrasia de los directivos de las empresas constructoras resulta más complicado que cambiar la de los mismos obreros. Como todos sabemos, los obreros realizan las labores que son planificadas por los ingenieros y en muchos casos, por los maestros. Ellos no son responsables de su poca productividad.

4.2.2. Discusión de resultados de la evaluación del nivel de sistemas de gestión

Mientras que, en obras ejecutadas por empresas constructoras ya que, constituidas, como las analizadas en (Ghio Castillo, 2001) se puede observar mejores niveles de sistemas de gestión; en esta investigación se encontraron niveles aceptables en diferentes criterios considerados en el análisis de las obras ejecutadas por la UNAP mediante la OEI. A continuación, se presenta una discusión de los criterios considerados más relevantes.

Diseño de procedimientos constructivos: Se ha observado que, en los proyectos ejecutados por la OEI, no se diseñan procedimientos constructivos a menos que estos sean

complicados. El diseño de estos procedimientos se deja en mano de los trabajadores y la experiencia de estos. Además, se observa que es mínima la intervención por parte de especialistas o de residentes y asistentes en el diseño de procedimientos constructivos.

Información transmitida al personal obrero y los medios usados: Se observa que la información que se le hace llegar al personal obrero es toda en forma oral, lo que genera información mal entendida y esto a su vez genera que se tenga que pedir instrucciones de forma repetida.

Herramientas que se usan para la planificación: Se observa que la planificación se realiza de forma empírica en la tres de las cuatro obras, mientras que una de ellas intenta implementar el uso de nuevas metodologías de planificación y gestión como la filosofía *Lean construction*.

Controles que se le realiza a la obra: Se observa que los controles que se le realiza a la obra, en tres de las cuatro obras, son solamente los que se presentan de forma mensual a la OEI.

Información con la que se actualiza la planificación: Se observa que, en dos de las cuatro obras evaluadas, no se actualiza la planificación de ninguna forma. Lo que se clasifica como un aspecto deficiente y que es un aspecto que es necesario mejorar de forma urgente.

Información con la que se realiza la planificación: Se observa que, para realizar la planificación, se usa solamente la experiencia del residente y del maestro de obra, mas no la información que se va registrando en obra, como podrían ser los informes de rendimientos o informes de productividad.

Herramientas para el control de recursos materiales: Se observa que sólo una de las cuatro obras realiza controles como inventarios, controles de rendimientos y de mantenimiento a los equipos, maquinarias y materiales.

Como se pudo apreciar en el capítulo anterior los sistemas de gestión mejor organizados presentan un mayor nivel de productividad. Esto también se ve reflejado en los mejores resultados de productividad obtenidos con respecto al estudio realizada en 2005 en obras ejecutadas por la OAC. De acuerdo con estos resultados, y observando que la mayoría de obras se encuentran en un Nivel regular (Nivel 3) de sistema de gestión, se puede esperar que estos niveles de productividad mejoren aún más.

El empirismo de los maestros de obra y capataces

El empirismo se define como todo procedimiento o sistema basado “únicamente” en la experiencia o rutina. La mayoría de organizaciones de obra incluyen en sus organigramas posiciones para los maestros de obras y capataces. Por diferentes razones, son pocos los que han podido especializarse en temas relacionados con la construcción, siendo la mayoría los que trabajan sobre la base de experiencias anteriores.

Algunos ingenieros suelen delegar demasiadas responsabilidades a los maestros. Muchas veces son los maestros quienes toman decisiones de ingresos de personal a obra sin precisar cuál es su requerimiento exacto. Las decisiones tomadas por los maestros, son en su mayoría producto de la experiencia a través de muchos años de trabajo. Nadie discute cuán importante es que los maestros de obra tengan experiencia, el problema surge cuando los ingenieros dejan que los maestros decidan por ellos.

4.2.3. Discusión de resultados de la evaluación del nivel de industrialización

Mecanización del trabajo: A pesar de que las maquinarias y equipos con los que se cuenta en las obras que ejecuta la UNAP son de características similares, la cantidad es diferente en cada obra. Por lo que muchas veces para un mismo trabajo se puede observar cuadrillas usando equipos y otras cuadrillas realizando el mismo trabajo de forma manual.

Elementos prefabricados: Se observa que, por diferentes razones, las obras no adquieren elementos prefabricados. Y que los elementos que se prefabrican en obra, como, por ejemplo, paneles para encofrados, mallas para zapatas, etc. no son más de dos o en el mejor de los casos cuatro elementos.

Diseño modular y estandarización: Se observa que, en la obra de la construcción del pabellón de minas, es la única de las cuatro obras evaluadas en la que se tomaron criterios de diseños modulares y estandarización, lo que se hizo con el objetivo de mejorar la productividad.

Capacitación de la mano de obra: En un inicio se planteó evaluar la capacitación de la mano de obra en nuevas metodologías y filosofías de construcción, pero de acuerdo a las entrevistas realizadas, los responsables de obra y los trabajadores no están actualizados ni capacitados en estas nuevas metodologías. Por lo que se optó por evaluar la opinión de los responsables de obra respecto a la calificación de la mano de obra y al flujo de trabajo entre actividades.

Como se observó en el capítulo anterior, cuando el nivel de industrialización es mayor la productividad también se incrementa. Esto se hace mucho más evidente cuando se sabe que un trabajador al usar una maquinaria aumenta su productividad ya que realiza mayor trabajo en una menor cantidad de tiempo, necesita de menos descansos. Al usar elementos prefabricados se realizan trabajos en mucho menor tiempo. Si se tienen diseños modulares, un trabajador repite su trabajo por lo que su productividad aumenta a medida que realiza la misma tarea más veces.

Flujo de trabajo: Cuando existe una organización entre actividades, sincronización y correlación entre actividades, las pérdidas de tiempo se reducen. Por lo que el trabajo productivo aumenta.

4.3. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

4.3.1. Cumplimiento del objetivo general

El objetivo general planteado en esta investigación fue evaluar el impacto del nivel de gestión e industrialización en la productividad de la mano de obra en proyectos ejecutados por la UNAP. Para evaluar el impacto se analizó la productividad en cada uno de los cuatro (4) proyectos en ejecución a la vez que se evaluaron los niveles de sistema de gestión y el nivel de industrialización en cada uno de los proyectos en ejecución; y se verificó que estos aspectos tienen un impacto positivo en la productividad de la mano. Los resultados mostrados en este capítulo muestran que existe una correlación positiva entre las variables independientes (Nivel de sistema de gestión y Nivel de industrialización) y la variable dependiente (Productividad de la mano de obra). En la Tabla 17 podemos observar la correlación positiva entre el nivel de sistema de gestión y la productividad de la mano de obra. Para observar la correlación positiva entre la industrialización y la productividad de la mano de obra podemos revisar la Tabla 19.

4.3.2. Cumplimiento de objetivos específicos

Se analizó la productividad de la mano de obra en los proyectos en ejecución objeto de esta investigación, producto de este análisis se obtuvieron resultados que se pueden observar en la Tabla 9 y que se puede comparar en la Figura 16. Los resultados obtenidos muestran una mejora respecto a las investigaciones previas en obras ejecutadas por la UNAP, como se muestra en la Figura 20.

Al evaluar los niveles de sistema de gestión mediante las herramientas descritas en el capítulo anterior se encontró que dos de las obras tenían un nivel regular, de acuerdo a los criterios establecidos en este trabajo de investigación, mientras que las otras dos obras tenían un nivel aceptable. Estos resultados mostraron tener un impacto correlacional positivo en la productividad de la mano de obra. (Figura 23 y Tabla 17)

En la evaluación de los niveles de industrialización se encontró que sólo una de las cuatro obras tenía un nivel regular de industrialización mientras que el resto de obras tiene un nivel insuficiente de industrialización, de acuerdo a los criterios establecidos en este trabajo de investigación. Y estos resultados muestran un impacto correlacional positivo en la productividad de la mano de obra. (Figura 24 y Tabla 19)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Se analizó la productividad de la mano de obra en los proyectos que ejecuta la UNAP y se obtuvo que la distribución del tiempo de trabajo es la siguiente: Trabajo productivo = 50%, Trabajo contributorio = 34% y Trabajo No Contributorio = 16%.
- Se encontró que en los proyectos que ejecuta la UNAP, el 50% de las obras tiene un nivel regular de sistema de gestión mientras que el otro 50% tiene un nivel aceptable de sistema de gestión, además estos niveles de sistema de gestión tienen un impacto correlacional positivo en la productividad de la mano de obra.
- Se encontró que en los proyectos que ejecuta la UNAP, el 75% de las obras tienen un nivel insuficiente de industrialización mientras que el 25% tiene un nivel regular industrialización, además estos niveles de industrialización tienen un impacto correlacional positivo en la productividad de la mano de obra.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

Recordemos que producir es fácil, pero ser productivo no lo es. Solo aquellas obras que desarrollen e implementen nuevos sistemas de gestión con un control detallado de los trabajos y que además los sepan manejar, verán su productividad incrementarse.

En este trabajo de investigación se ha podido observar que, en los proyectos ejecutados por la UNAP, el espacio para mejorar los sistemas de gestión y el nivel de industrialización es amplio y si futuras investigaciones del tipo experimental asumen ese reto, tendrán resultados positivos.

En caso de que alguna investigación futura pretenda usar como instrumento de evaluación las entrevistas, se debe tener en cuenta la posibilidad extender la evaluación al personal obrero común. Para tener una visión más completa del sistema de gestión en una obra.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS

- Allmon, F. (2011). Construction labor Productivity trends. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Arboleda Lopez, S. A. (2014). *Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación*. Medellín, Colombia.
- Arbulú Rivera, R. (2005). Produccion y Productividad: Dos conceptos inseparables. *El Ingeniero Civil*.
- Ballard, G., & Howell, G. (1994). *Implementing lean construction: Stabilizing Work Flow*. Lean Construction, A.A. Balkema, The Netherlands.
- Bjornfot, A., & Stehn, L. (2004). INDUSTRIALIZATION OF CONSTRUCTION - A LEAN MODULAR APPROACH. *Building Research & Information*.
- Bosques Brugada, L. E., Camacho Ruíz, E. J., & Rodríguez Hernández, G. (2017). Relación entre variables: una cualitativa categórica y una cuantitativa. En F. Gonzáles, *Estadística aplicada en psicología y ciencias de la salud* (págs. 125-156). Ciudad de México: Manual Moderno.
- Buleje Revilla, K. (2012). *PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCION DE UN CONDOMINIO APLICANDO CONCEPTOS DE LA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCCION*. Lima.
- Cano, E. (2015). LAS RÚBRICAS COMO INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN EDUCACIÓN SUPERIOR: ¿USO O ABUSO? *Profesorado*, 266-267.
- Caña, C., & Escajadillo, P. (2006). *Diagnóstico y evaluación de la relación entre el tipo Estructural y la Integración de los Contratistas y Subcontratistas con el Nivel de Productividad en Obras de Construcción*. Lima.
- Clarkson, H. (2013). *Productivity Improvement in construction*. EE.UU.
- Del Águila García, A. (1973). La industrialización de la edificación y sus influencias multiples. *Hogar y arquitectura: revista bimestral de la obra sindical del hogar*.
- Esteba Avalos, E. R., & Vilca Huayta, R. (2018). *Aplicación del Lean Construction y algoritmos de flujo de redes en la evaluación del costo y duración de proyectos de edificación*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Flores, R., Salízar, C., & Torres, O. (2000). *Diagnóstico y Evaluación de la Productividad en la Construcción de Obras Civiles a Nivel de Lima Metropolitana*. Lima.
- Fundación Agustín de Bethencourt. (2012). *Nuevas oportunidades en la prefabricación - del Curso de sostenibilidad, Eficiencia energética*.

- Ghio Castillo, V. (2001). *Productividad en obras de construcción*. Lima: Fondo editoria de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ghio Castillo, V. (2001). *Productividad en Obras de Construcción - Diagnóstico, crítica y propuesta*. Lima: Fondo Editorial.
- Gilbreth, F., & Gilbreth, L. (1911). *Motion study : a method for increasing the efficiency of the workman*.
- Gómez Botero, P. A. (2010). Lean Manufacturing: flexibilidad, agilidad y productividad. . *Gestión & Sociedad*.
- Gómez Jáuregui, V. (2009). Habidite: viviendas modulares industrializadas. *Informes de la Construcción*.
- Grandoso, O. (2008). Industrialización vs. Prefabricacion.
- Griffith, A. (1986). "Concept of Buildability" Proceedings of the IABSE Workshop. *Organisation of the Design Process*, 53.
- Guzmán Tejada, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. Lima.
- Guzmán Tejada, A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. Lima.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. USA: CIFE Technical.
- Lauri Koskela, Glenn Ballard, Greg Howell. (2003). Achieving change in construction. *Proceedings of the International Group of Lean Construction 11th Annual Conference (IGLC-11)*, 22, 24.
- Lean Construction Institute*. (2017). Obtenido de <https://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-design-construction/history/>
- Lima, R. A. (2005). *Análisis y Medición de la Productividad para su Mejoramiento en las Construcciones de la OAC UNA Puno*. Puno.
- Marshall, R., & Leaney, P. G. (1999). *A systems engineering approach to product modularity*.
- Monden, Y. (1987). *El sistema de producción Toyota*. Madrid.
- Morillo, T., & Lozano, M. (2007). *Estudio de la productividad en una obra de edificación*. Lima.
- Niebel, B. (2001). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño de trabajo*. México: Alfaomega.
- Ohno, T. (1991). *El sistema de producción Toyota: más allá de la producción a gran escala*. Barcelona.

- Poh, P., & Chen, J. (1998). "The Singapore Buildable Design Appraisal System: a Preliminary Review of the Relationship between buildability, Site Productivity and Cost. *Constr. Mgmt. and Econ.*, 681-692.
- Porras Díaz, H. S. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *Investigación en Ingeniería*.
- Rampersad, H. (1996). *Integrated and Assembly Oriented Product Design*.
- Serpell, A. (2002). *Administración de Operaciones de Construcción*. México D.F: Alfaomega.
- Shingo, S. (1993). *El sistema de producción de Toyota: desde el punto de vista de la ingeniería*. Madrid.
- Taylor, F. (1911). *The Principles of Scientific Management*.

ANEXOS

ANEXO A. FORMATO DE NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD

ANEXO B. RESUMEN DE MEDICIONES REALIZADAS DEL NIVEL
GENERAL DE ACTIVIDAD

ANEXO C. INFORMES DE PRODUCTIVIDAD ENTREGADOS A CADA
OBRA

ANEXO D. FORMATO DE ENTREVISTAS REALIZADAS AL PERSONAL
TÉCNICO ADMINISTRATIVO

ANEXO A

**FORMATO DE NIVEL GENERAL
DE ACTIVIDAD**

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD									
OBRA:					INICIO:				
FECHA:					FIN:				
TESISTA:									

N°	TP	TC	TNC	OBS.	N°	TP	TC	TNC	OBS.
1					51				
2					52				
3					53				
4					54				
5					55				
6					56				
7					57				
8					58				
9					59				
10					60				
11					61				
12					62				
13					63				
14					64				
15					65				
16					66				
17					67				
18					68				
19					69				
20					70				
21					71				
22					72				
23					73				
24					74				
25					75				
26					76				
27					77				
28					78				
29					79				
30					80				
31					81				
32					82				
33					83				
34					84				
35					85				
36					86				
37					87				
38					88				
39					89				
40					90				
41					91				
42					92				
43					93				
44					94				
45					95				
46					96				
47					97				
48					98				
49					99				
50					100				

TRABAJO PRODUCTIVO	
TP	Trabajo Productivo
HM	Habilitación de Materiales

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
TM	Transporte de Materiales
I	Recibir/dar instrucciones
M	Mediciones
L	Limpeza
A	Andamios
OTC	Otros trabajos contributivos

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
TE	Tiempo de espera
TO	Tiempo de ocio
TR	Trabajo rehecho
VI	Viaje Improductivo
D	Descanso
SH	Servicios Higienicos
ONC	Otros trabajos no contributivos

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD									
OBRA:					INICIO:				
FECHA:					FIN:				
TESISTA:									

N°	TP	TC	TNC	OBS.	N°	TP	TC	TNC	OBS.
101					151				
102					152				
103					153				
104					154				
105					155				
106					156				
107					157				
108					158				
109					159				
110					160				
111					161				
112					162				
113					163				
114					164				
115					165				
116					166				
117					167				
118					168				
119					169				
120					170				
121					171				
122					172				
123					173				
124					174				
125					175				
126					176				
127					177				
128					178				
129					179				
130					180				
131					181				
132					182				
133					183				
134					184				
135					185				
136					186				
137					187				
138					188				
139					189				
140					190				
141					191				
142					192				
143					193				
144					194				
145					195				
146					196				
147					197				
148					198				
149					199				
150					200				

TRABAJO PRODUCTIVO	
TP	Trabajo Productivo
HM	Habilitación de Materiales

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
TM	Transporte de Materiales
I	Recibir/dar instrucciones
M	Mediciones
L	Limpieza
A	Andamios
OTC	Otros trabajos contributivos

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
TE	Tiempo de espera
TO	Tiempo de ocio
TR	Trabajo rehecho
VI	Viaje improductivo
D	Descanso
SH	Servicios Higienicos
ONC	Otros trabajos no contributivos

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD									
OBRA:					INICIO:				
FECHA:					FIN:				
TESISTA:									

N°	TP	TC	TNC	OBS.	N°	TP	TC	TNC	OBS.
201					251				
202					252				
203					253				
204					254				
205					255				
206					256				
207					257				
208					258				
209					259				
210					260				
211					261				
212					262				
213					263				
214					264				
215					265				
216					266				
217					267				
218					268				
219					269				
220					270				
221					271				
222					272				
223					273				
224					274				
225					275				
226					276				
227					277				
228					278				
229					279				
230					280				
231					281				
232					282				
233					283				
234					284				
235					285				
236					286				
237					287				
238					288				
239					289				
240					290				
241					291				
242					292				
243					293				
244					294				
245					295				
246					296				
247					297				
248					298				
249					299				
250					300				

TRABAJO PRODUCTIVO	
TP	Trabajo Productivo
HM	Habilitación de Materiales

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
TM	Transporte de Materiales
I	Recibir/dar instrucciones
M	Mediciones
L	Limpieza
A	Andamios
OTC	Otros trabajos contributivos

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
TE	Tiempo de espera
TO	Tiempo de ocio
TR	Trabajo rehecho
VI	Viaje improductivo
D	Descanso
SH	Servicios Higienicos
ONC	Otros trabajos no contributivos

NIVEL GENERAL DE ACTIVIDAD									
OBRA:					INICIO:				
FECHA:					FIN:				
TESISTA:									

N°	TP	TC	TNC	OBS.	N°	TP	TC	TNC	OBS.
301					351				
302					352				
303					353				
304					354				
305					355				
306					356				
307					357				
308					358				
309					359				
310					360				
311					361				
312					362				
313					363				
314					364				
315					365				
316					366				
317					367				
318					368				
319					369				
320					370				
321					371				
322					372				
323					373				
324					374				
325					375				
326					376				
327					377				
328					378				
329					379				
330					380				
331					381				
332					382				
333					383				
334					384				
335					385				
336					386				
337					387				
338					388				
339					389				
340					390				
341					391				
342					392				
343					393				
344					394				
345					395				
346					396				
347					397				
348					398				
349					399				
350					400				

TRABAJO PRODUCTIVO	
TP	Trabajo Productivo
HM	Habilitación de Materiales

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
TM	Transporte de Materiales
I	Recibir/dar instrucciones
M	Mediciones
L	Limpieza
A	Andamios
OTC	Otros trabajos contributivos

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
TE	Tiempo de espera
TO	Tiempo de ocio
TR	Trabajo rehecho
VI	Viaje improductivo
D	Descanso
SH	Servicios Higienicos
ONC	Otros trabajos no contributivos

ANEXO B

**RESUMEN DE MEDICIONES
REALIZADAS DEL NIVEL
GENERAL DE ACTIVIDAD**

Construcción del nuevo pabellón de Ingeniería de Minas – Obra A

Actividad	Frecuencia	F. Relativa
TP	2097	40.33%
HM	555	10.67%
TM	797	15.33%
I	166	3.19%
M	95	1.83%
L	305	5.87%
A	107	2.06%
B	56	1.08%
SEG	7	0.13%
OTC	82	1.58%
TE	406	7.81%
TO	107	2.06%
TR	9	0.17%
VI	102	1.96%
D	115	2.21%
SH	91	1.75%
DES	83	1.60%
ONC	20	0.38%
TOTAL	5200	100.00%

**Remodelación del pabellón de la Facultad de Ingeniería Geológica y
Metalúrgica – Obra B**

Actividad	Frecuencia	F. Relativa
TP	3370	38.91%
HM	1052	12.15%
TM	1463	16.89%
I	361	4.17%
M	306	3.53%
L	224	2.59%
A	74	0.85%
B	65	0.75%
SEG	9	0.10%
OTC	522	6.03%
TE	501	5.79%
TO	67	0.77%
TR	17	0.20%
VI	77	0.89%
D	230	2.66%
SH	60	0.69%
DES	202	2.33%
ONC	60	0.69%
TOTAL	8660	100.00%

Construcción del nuevo pabellón de Ingeniería de Sistemas - Obra C


Actividad	Frecuencia	F. Relativa
TP	2982	29.24%
HM	2155	21.13%
TM	1392	13.65%
I	553	5.42%
M	270	2.65%
L	225	2.21%
A	177	1.74%
B	282	2.76%
SEG	20	0.20%
OTC	344	3.37%
TE	823	8.07%
TO	124	1.22%
TR	2	0.02%
VI	60	0.59%
D	297	2.91%
SH	41	0.40%
DES	413	4.05%
ONC	40	0.39%
TOTAL	10200	100.00%

Construcción del nuevo pabellón de Educación Primaria - Obra D

Actividad	Frecuencia	F. Relativa
TP	3085	32.14%
HM	1576	16.42%
TM	1635	17.03%
I	395	4.11%
M	219	2.28%
L	121	1.26%
A	190	1.98%
B	152	1.58%
SEG	54	0.56%
OTC	848	8.83%
TE	504	5.25%
TO	84	0.88%
TR	87	0.91%
VI	30	0.31%
D	103	1.07%
SH	52	0.54%
DES	374	3.90%
ONC	91	0.95%
TOTAL	9600	100.00%

ANEXO C

**INFORMES DE
PRODUCTIVIDAD
ENTREGADOS A CADA OBRA**

OBRA: Recuperacion del servicio academico de la facultad de Ingenieria de Minas de la UNAP	
FECHA: 20 de enero del 2019	
TESISTAS: ARCAYA HUACASI WILLIAM – MAMANI LUPACA PAMELA	

1. MARCO TEÓRICO:

El Nivel General de Obra es una herramienta que propone el Lean Construction para tener un resultado general de la productividad en la obra y que puede servir como un indicador de la eficiencia con la que se están realizando los trabajos en obra.

Esta herramienta consiste en una serie de mediciones en las que se especifica el tipo de trabajo que está realizando cada obrero al momento de la medición (TP, TC, TNC), si se desea entrar en mayor detalle se puede mencionar el tipo de trabajo contributivo y no contributivo de manera específica en la que se visualizó, mas no se puede hacer esto en el trabajo productivo debido a que se tendría una lista enorme que solo entorpecería el proceso. (Guzmán Tejada, 2014).

Las mediciones se pueden realizar de distintas maneras dependiendo de la persona que las realice, pero lo importante de estas es que se llegue a medir a todos los trabajadores de la obra. La metodología empleada consiste en recorridos de obra, en los cuales se observa y anota la actividad que realiza cada obrero hasta completar 400 mediciones, durante 12 días en un periodo de 2 meses. Cada actividad es clasificada según su aporte a la obra, de la siguiente manera:

- **TRABAJO PRODUCTIVO (TP):** Es aquella actividad que aporta en forma directa a la producción.
- **TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC):** Es aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción.
- **TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC):** Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto, se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias.

Las mediciones en campo se deben de realizar en escenarios normales de obra (no situaciones atípicas) y de preferencia en diferentes días de la semana para minimizar los efectos de la variabilidad y tener resultados más acordes a la realidad, esto basado en el criterio de algunos autores que sostienen que la productividad del personal es mayor los días entre semana y es menor los días viernes y sábado.

OBRA: Recuperación del servicio académico de la facultad de Ingeniería de Minas de la UNAP

FECHA: 20 de enero del 2019

TESISTAS: ARCAÑA HUACASI WILLIAM – MAMANI LUPACA PAMELA



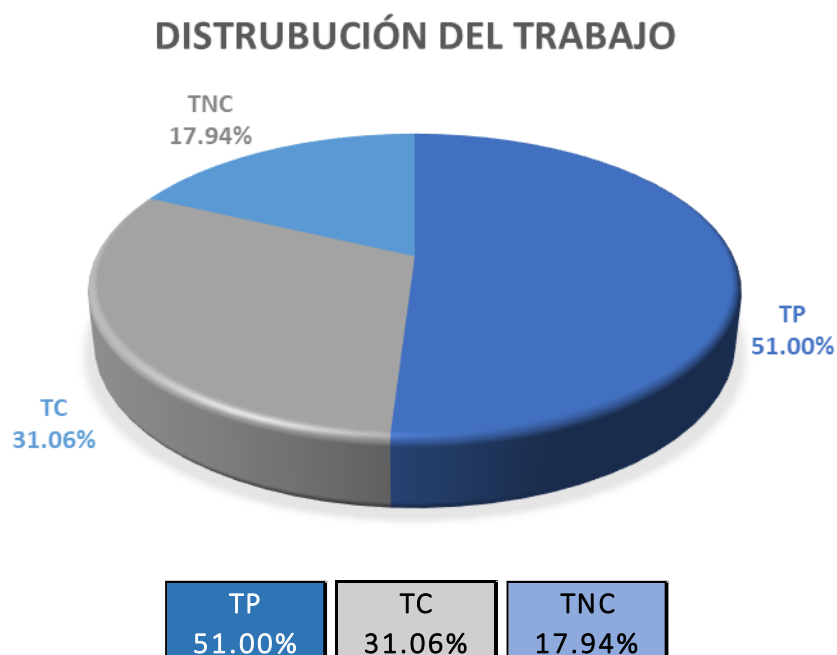
2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

2.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

	DESCRIPCION	ABREV.	TOTAL	%PARCIAL	%TOTAL
TP	Trabajo productivo	TP	2097	40.33%	51.00%
	Habilitación de material	HM	555	10.67%	
TC	Transporte de mat. y/o Eq.	TM	797	15.33%	31.06%
	Recibir/dar instrucciones	I	166	3.19%	
	Mediciones	M	95	1.83%	
	Limpieza	L	305	5.87%	
	Andamios	A	107	2.06%	
	Búsqueda de Materiales	B	56	1.08%	
	Seguridad en el trabajo	SEG	7	0.13%	
	Otros trabajos contributivos	OTC	82	1.58%	
	TNC	Tiempo de espera	TE	406	
Tiempo de ocio		TO	107	2.06%	
Trabajo rehecho		TR	9	0.17%	
Viaje improductivo		VI	102	1.96%	
Descanso		D	115	2.21%	
Servicios Higiénicos		SH	91	1.75%	
Desplazamiento		DES	83	1.60%	
Otros trabajos no contributivos		ONC	20	0.38%	
TOTAL			5200	100.00%	100.00%

2.2. NIVEL GENERAL DE OBRA

Gráfica de la distribución del trabajo



2.3. INCIDENCIA DE ACTIVIDADES EN EL NGO

OBRA: Recuperación del servicio académico de la facultad de Ingeniería de Minas de la UNAP

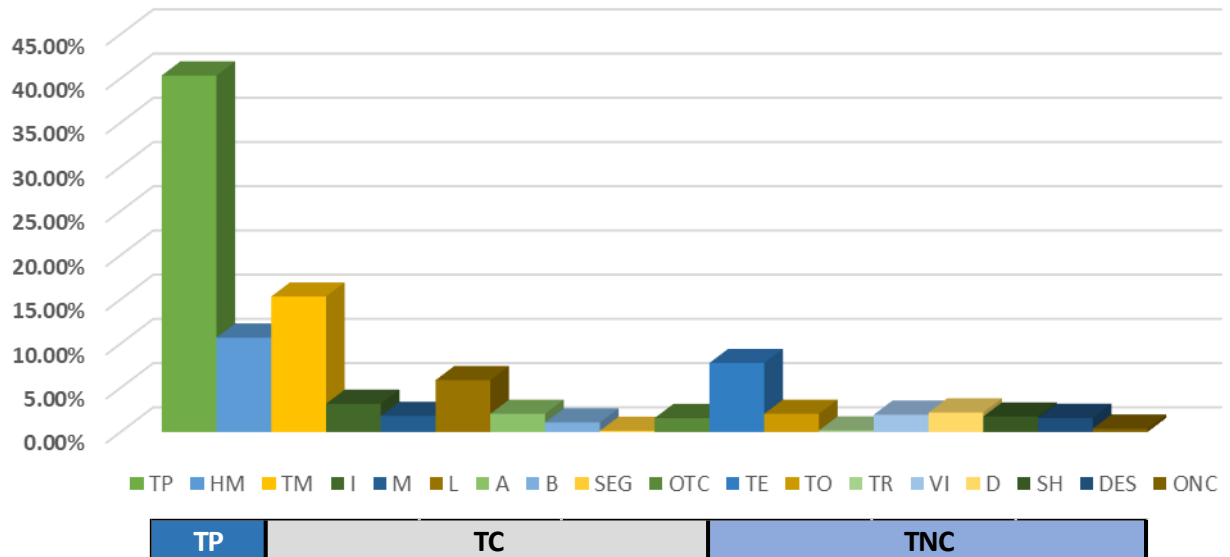
FECHA: 20 de enero del 2019

TESISTAS: ARDAYA HUACASI WILLIAM – MAMANI LUPACA PAMELA



Incidencia de cada actividad en el nivel general de obra:

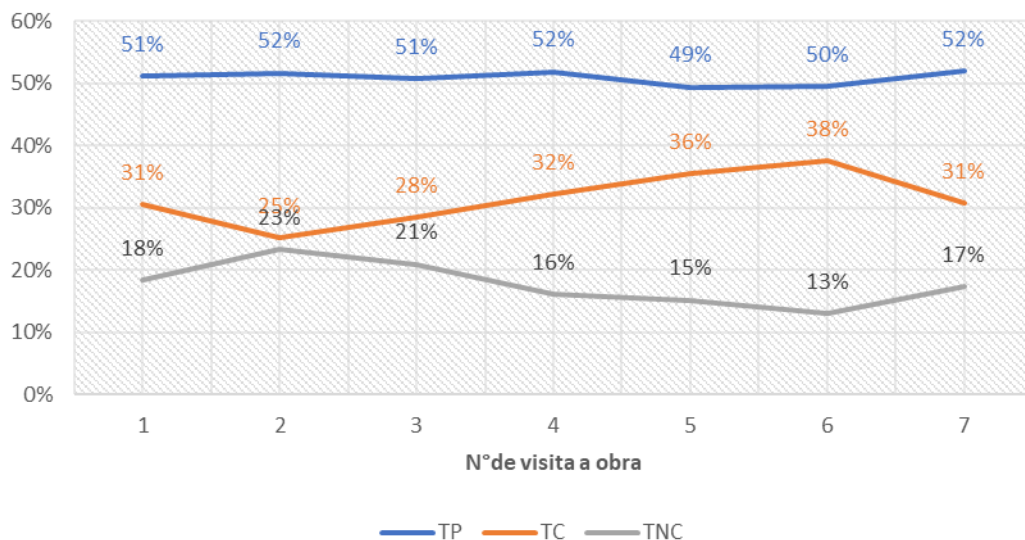
DIAGRAMA DE ACTIVIDADES



2.4. EVOLUCIÓN DEL TRABAJO

A continuación, se presenta la evolución que tuvieron los 3 tiempos de trabajo a lo largo de las 13 visitas a obra realizadas:

EVOLUCIÓN DEL TRABAJO



2.5. DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO CONTRIBUTIVO Y NO CONTRIBUTIVO

Se ha observado que son tres las actividades más importantes que componen el tiempo contributivo, siendo la más incidente el transporte de materiales que representa casi el 50% del

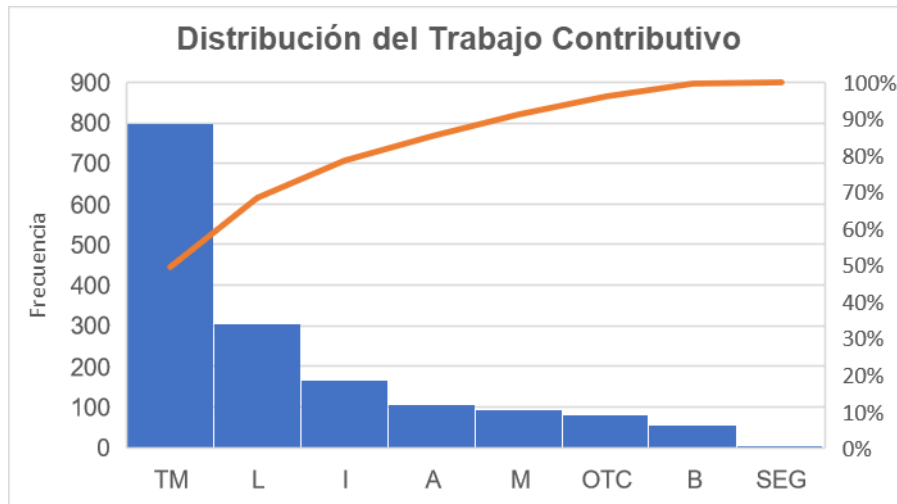
OBRA: Recuperación del servicio académico de la facultad de Ingeniería de Minas de la UNAP

FECHA: 20 de enero del 2019

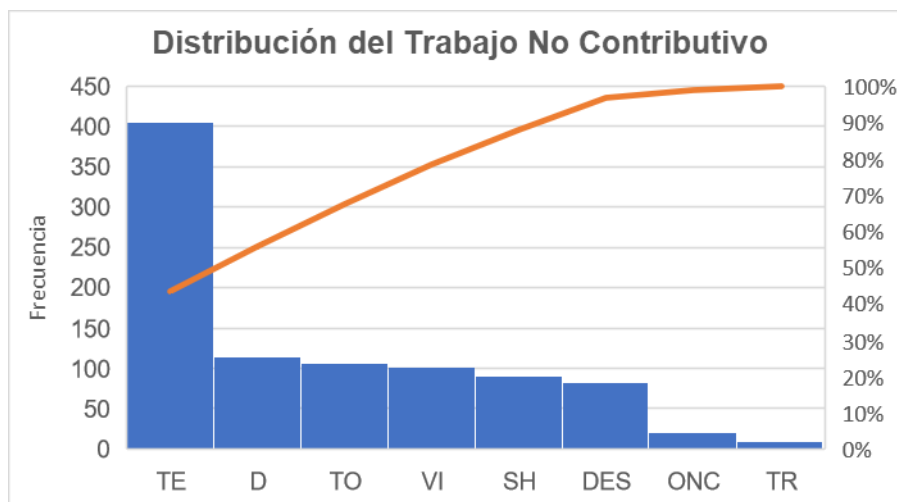
TESISTAS: ARCAYA HUACASI WILLIAM – MAMANI LUPACA PAMELA



trabajo contributivo. Le siguen las actividades de “limpieza” y “dar y/o recibir instrucciones” las cuales juntas representan el 30% del trabajo contributivo.



El trabajo no contributivo que se pudo observar en la obra estuvo compuesto en un 44% por “tiempo de espera”. Seguido, en menores pero similares proporciones, por “descansos”, “tiempos de ocio” y “viajes improductivos”. Estas cuatro actividades juntas representan el 80% del trabajo no contributivo, siendo las más importantes a tener en cuenta.



2.6. CONCLUSIONES

Se ha observado que la incidencia del traslado de materiales y la limpieza se deben, en gran parte, a la etapa en la que se encontraba la obra durante el periodo de visitas a obra. Siendo estas actividades comunes durante la etapa de acabados.

El tiempo de espera se debe, de acuerdo a lo observado, al tiempo que espera un trabajador mientras otro termina su tarea, y a la espera de materiales entre miembros de una misma cuadrilla. Sin embargo, cabe resaltar que la incidencia de las actividades del tiempo no contributivo es notoriamente bajas.

OBRA: Remodelación del Pabellón de Ingeniería Geológica y Metalúrgica de la UNAP	
FECHA: 16 de enero del 2019	
TESISTAS: ARDAYA HUACASI WILLIAM – MAMANI LUPACA PAMELA	

1. MARCO TEÓRICO:

El Nivel General de Obra es una herramienta que propone el Lean Construction para tener un resultado general de la productividad en la obra y que puede servir como un indicador de la eficiencia con la que se están realizando los trabajos en obra.

Esta herramienta consiste en una serie de mediciones en las que se especifica el tipo de trabajo que está realizando cada obrero al momento de la medición (TP, TC, TNC), si se desea entrar en mayor detalle se puede mencionar el tipo de trabajo contributivo y no contributivo de manera específica en la que se visualizó, mas no se puede hacer esto en el trabajo productivo debido a que se tendría una lista enorme que solo entorpecería el proceso. (Guzmán Tejada, 2014).

Las mediciones se pueden realizar de distintas maneras dependiendo de la persona que las realice, pero lo importante de estas es que se llegue a medir a todos los trabajadores de la obra. La metodología empleada consiste en recorridos de obra, en los cuales se observa y anota la actividad que realiza cada obrero hasta completar 400 mediciones, durante 12 días en un periodo de 2 meses. Cada actividad es clasificada según su aporte a la obra, de la siguiente manera:

- **TRABAJO PRODUCTIVO (TP):** Es aquella actividad que aporta en forma directa a la producción.
- **TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC):** Es aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción.
- **TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC):** Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto, se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias.

Las mediciones en campo se deben de realizar en escenarios normales de obra (no situaciones atípicas) y de preferencia en diferentes días de la semana para minimizar los efectos de la variabilidad y tener resultados más acordes a la realidad, esto basado en el criterio de algunos autores que sostienen que la productividad del personal es mayor los días entre semana y es menor los días viernes y sábado.

OBRA: Remodelación del Pabellón de Ingeniería Geológica y Metalúrgica de la UNAP

FECHA: 16 de enero del 2019

TESISTAS: ARCAÑA HUACASI WILLIAM – MAMANI LUPACA PAMELA

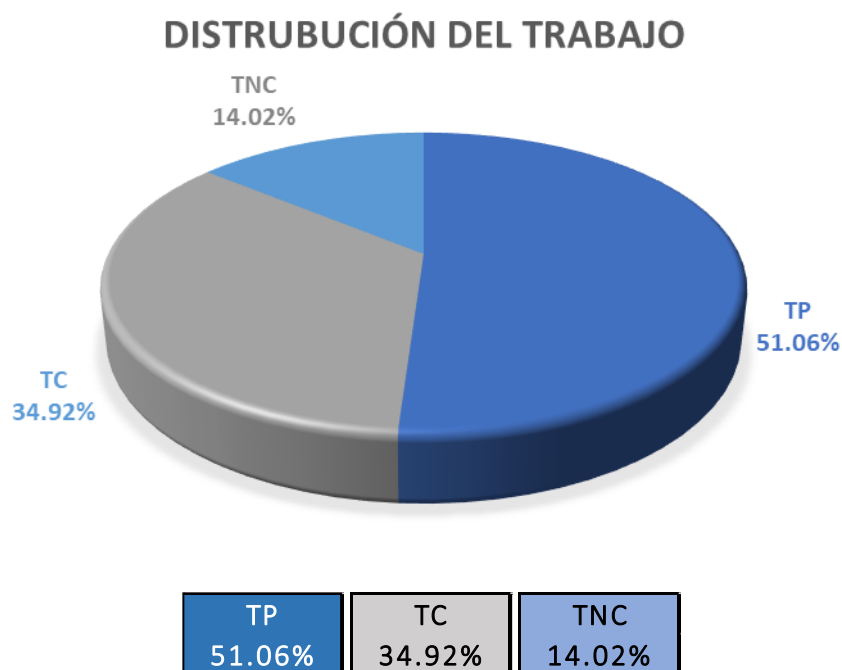
2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

2.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

	DESCRIPCION	ABREV.	TOTAL	%PARCIAL	%TOTAL
TP	Trabajo productivo	TP	3370	38.91%	51.06%
	Habilitación de material	HM	1052	12.15%	
TC	Transporte de mat. y/o Eq.	TM	1463	16.89%	34.92%
	Recibir/dar instrucciones	I	361	4.17%	
	Mediciones	M	306	3.53%	
	Limpieza	L	224	2.59%	
	Andamios	A	74	0.85%	
	Búsqueda de Materiales	B	65	0.75%	
	Seguridad en el trabajo	SEG	9	0.10%	
	Otros trabajos contributivos	OTC	522	6.03%	
TNC	Tiempo de espera	TE	501	5.79%	14.02%
	Tiempo de ocio	TO	67	0.77%	
	Trabajo rehecho	TR	17	0.20%	
	Viaje improductivo	VI	77	0.89%	
	Descanso	D	230	2.66%	
	Servicios Higiénicos	SH	60	0.69%	
	Desplazamiento	DES	202	2.33%	
	Otros trabajos no contributivos	ONC	60	0.69%	
TOTAL			8660	100.00%	100.00%

2.2. NIVEL GENERAL DE OBRA

Gráfica de la distribución del trabajo



OBRA: Remodelación del Pabellón de Ingeniería Geológica y Metalúrgica de la UNAP

FECHA: 16 de enero del 2019

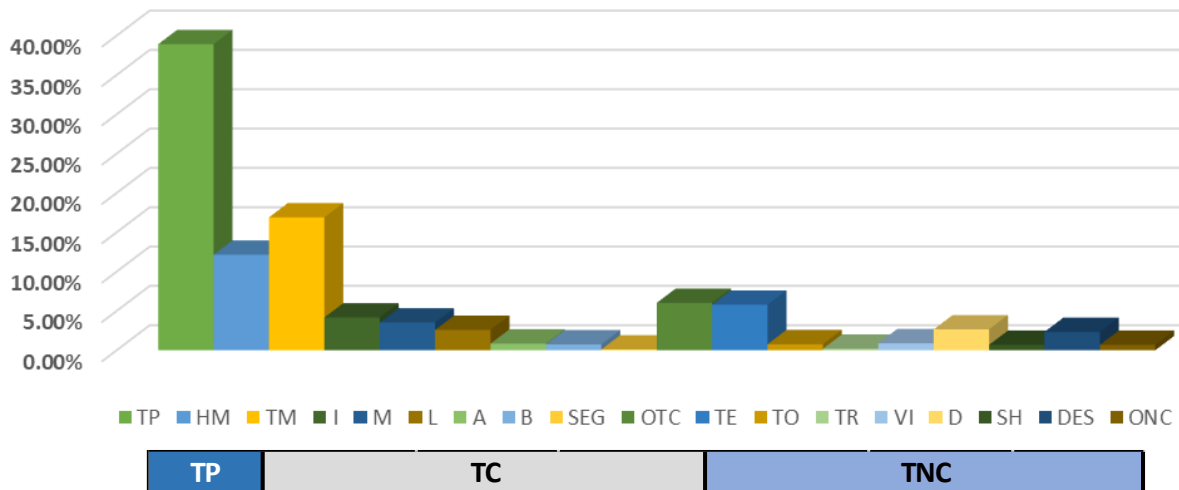
TESISTAS: ARCAJA HUACASI WILLIAM – MAMANI LUPACA PAMELA



2.3. INCIDENCIA DE ACTIVIDADES EN EL NGO

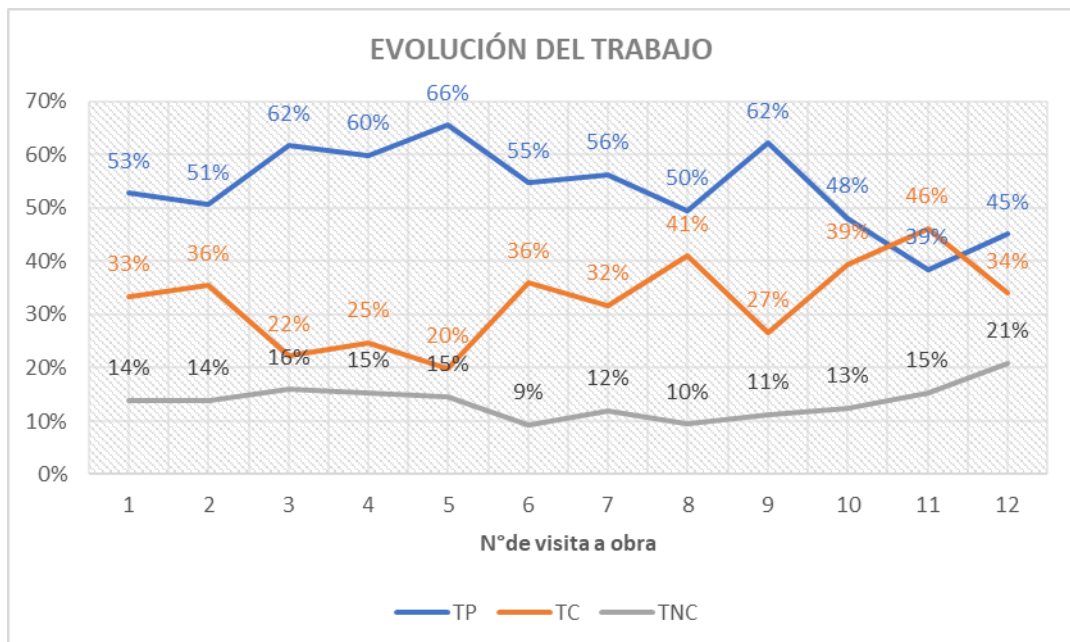
Incidencia de cada actividad en el nivel general de obra:

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES



2.4. EVOLUCIÓN DEL TRABAJO

A continuación, se presenta la evolución que tuvieron los 3 tiempos de trabajo a lo largo de las 13 visitas a obra realizadas:



2.5. DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO CONTRIBUTIVO Y NO CONTRIBUTIVO

Se ha observado que son tres las actividades más importantes que componen el tiempo contributivo, siendo la más incidente el transporte de materiales. Mientras que Otros Trabajos

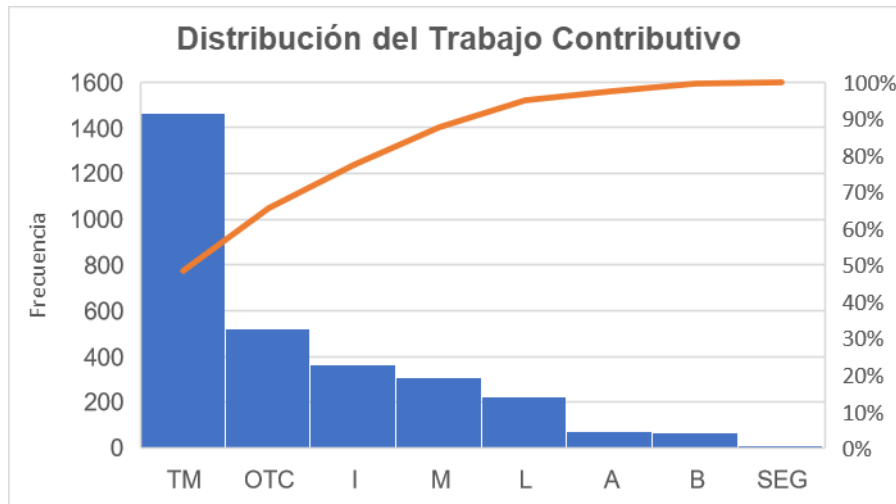
OBRA: Remodelación del Pabellón de Ingeniería Geológica y Metalúrgica de la UNAP

FECHA: 16 de enero del 2019

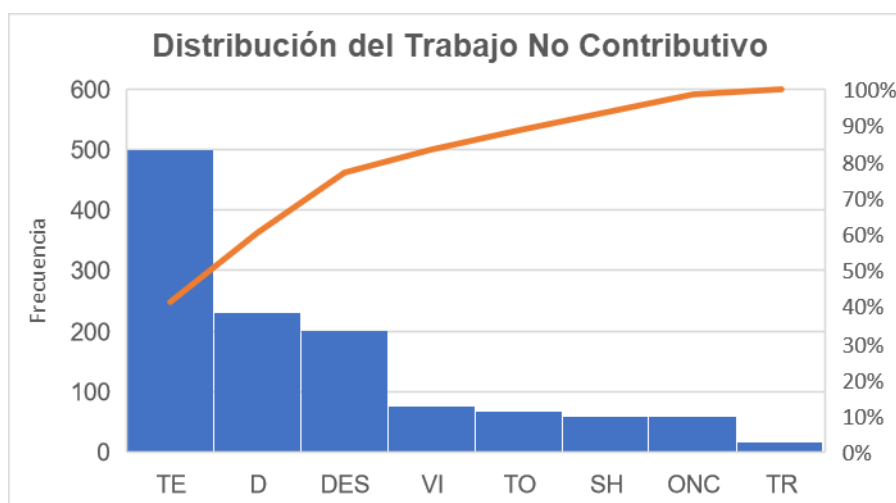
TESISTAS: ARDAYA HUACASI WILLIAM – MAMANI LUPACA PAMELA



Contributivos, están compuestos en un 60% por el desencofrado y el curado del concreto. Finalmente, la última actividad de estas tres más importantes es el dar y recibir instrucciones.



Las actividades más importantes que componen el trabajo no contributivo, en orden de importancia, son: Tiempo de espera, descansos, desplazamientos en un mismo lugar de trabajo y los viajes improductivos. El tiempo de espera representa un 42% de todo el trabajo no contributivo.



2.6. CONCLUSIONES

Se ha observado que la incidencia del traslado de materiales se debe en gran parte a que el personal no cuenta con todo el material necesario para realizar sus tareas al iniciar la jornada y las distancias que recorren, entre niveles, en cada viaje.

El tiempo de espera se debe, de acuerdo a lo observado, al tiempo que espera un trabajador mientras otro termina su tarea, al sobredimensionamiento de las cuadrillas y a la espera de materiales entre miembros de una misma cuadrilla.

1. MARCO TEÓRICO:

El Nivel General de Obra es una herramienta que propone el Lean Construction para tener un resultado general de la productividad en la obra y que puede servir como un indicador de la eficiencia con la que se están realizando los trabajos en obra.

Esta herramienta consiste en una serie de mediciones en las que se especifica el tipo de trabajo que está realizando cada obrero al momento de la medición (TP, TC, TNC), si se desea entrar en mayor detalle se puede mencionar el tipo de trabajo contributivo y no contributivo de manera específica en la que se visualizó, mas no se puede hacer esto en el trabajo productivo debido a que se tendría una lista enorme que solo entorpecería el proceso. (Guzmán Tejada, 2014).

Las mediciones se pueden realizar de distintas maneras dependiendo de la persona que las realice, pero lo importante de estas es que se llegue a medir a todos los trabajadores de la obra. La metodología empleada consiste en recorridos de obra, en los cuales se observa y anota la actividad que realiza cada obrero hasta completar 400 mediciones, estas mediciones se realizó 2 veces por semana durante 2 meses. Cada actividad será clasificada según su aporte a la obra, de la siguiente manera:

- **TRABAJO PRODUCTIVO (TP):** Es aquella actividad que aporta en forma directa a la producción.
- **TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC):** Es aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción.
- **TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC):** Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto, se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias.

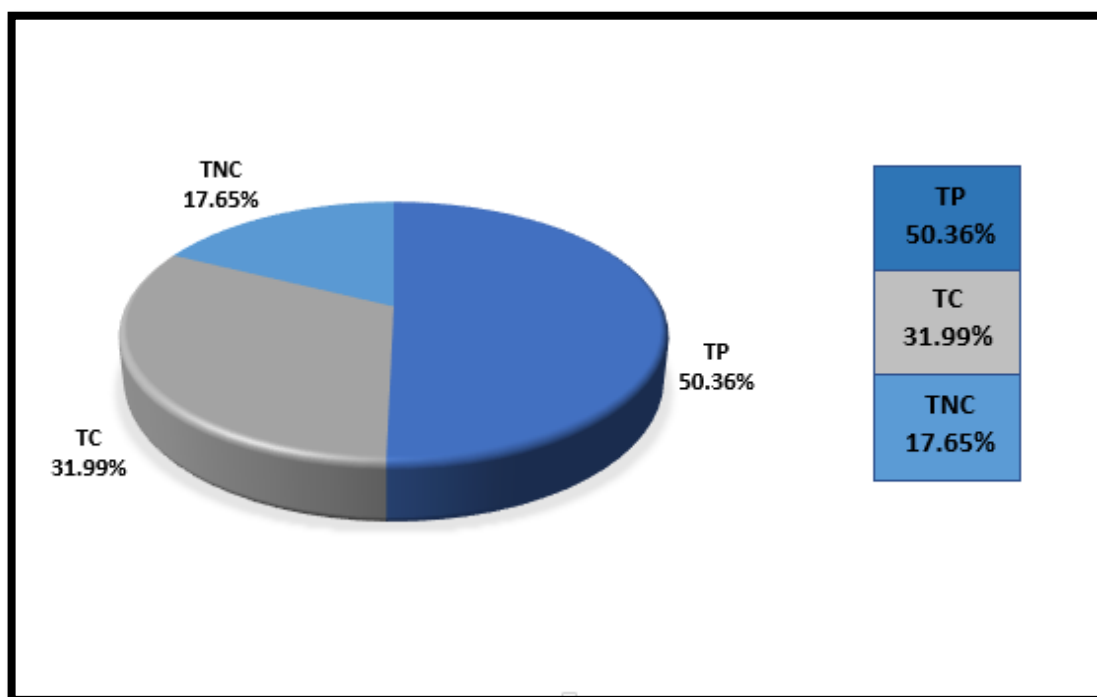
Las mediciones en campo se deben de realizar en escenarios normales de obra (no situaciones atípicas) y de preferencia en diferentes días de la semana para minimizar los efectos de la variabilidad y tener resultados más acordes a la realidad, esto basado en el criterio de algunos autores que sostienen que la productividad del personal es mayor los días entre semana y es menor los días viernes y sábado.

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

2.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

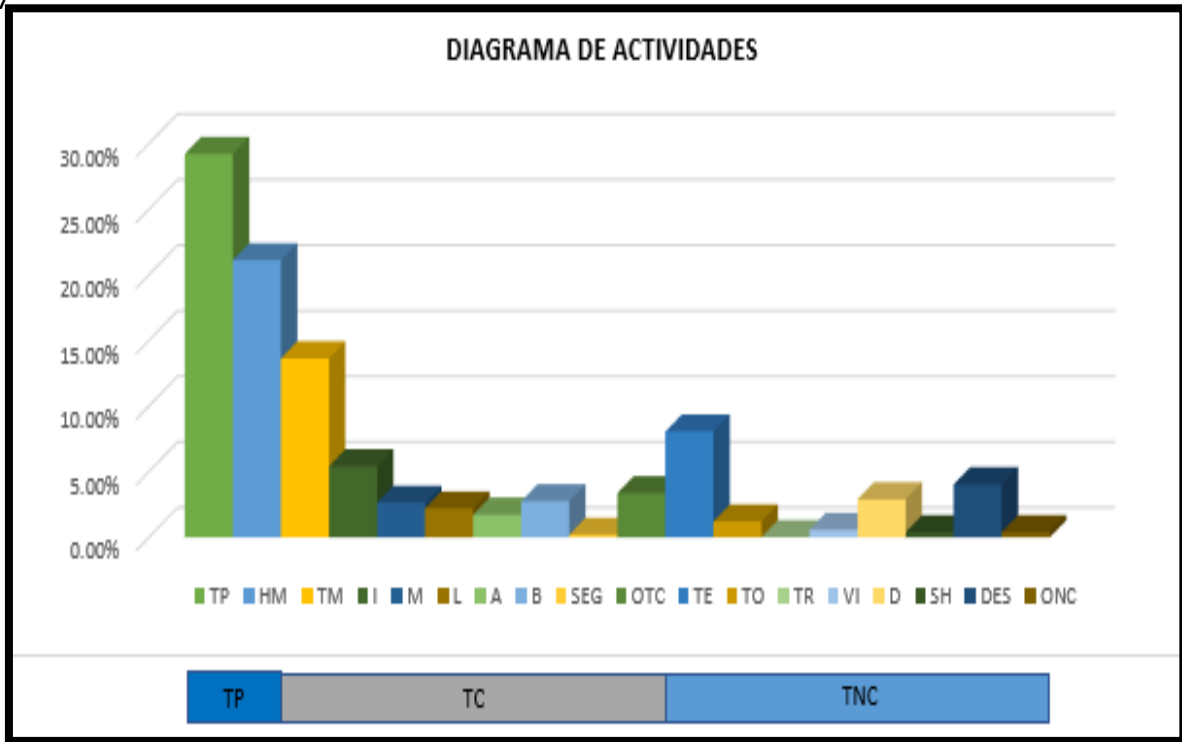
	DESCRIPCION	ABREV.	TOTAL	%PARCIAL	%TOTAL
TP	Trabajo productivo	TP	2982	29.24%	50.36%
	Habilitación de material	HM	2155	21.13%	
TC	Transporte de mat. y/o Eq.	TM	1392	13.65%	31.99%
	Recibir/dar instrucciones	I	553	5.42%	
	Mediciones	M	270	2.65%	
	Limpieza	L	225	2.21%	
	Andamios	A	177	1.74%	
	Búsqueda de Materiales	B	282	2.76%	
	Seguridad en el trabajo	SEG	20	0.20%	
	Otros trabajos contributivos	OTC	344	3.37%	
TNC	Tiempo de espera	TE	823	8.07%	17.65%
	Tiempo de ocio	TO	124	1.22%	
	Trabajo rehecho	TR	2	0.02%	
	Viaje improductivo	VI	60	0.59%	
	Descanso	D	297	2.91%	
	Servicios Higiénicos	SH	41	0.40%	
	Desplazamiento	DES	413	4.05%	
	Otros trabajos no contributivos	ONC	40	0.39%	
TOTAL			10200	100%	100%

2.2. NIVEL GENERAL DE OBRA



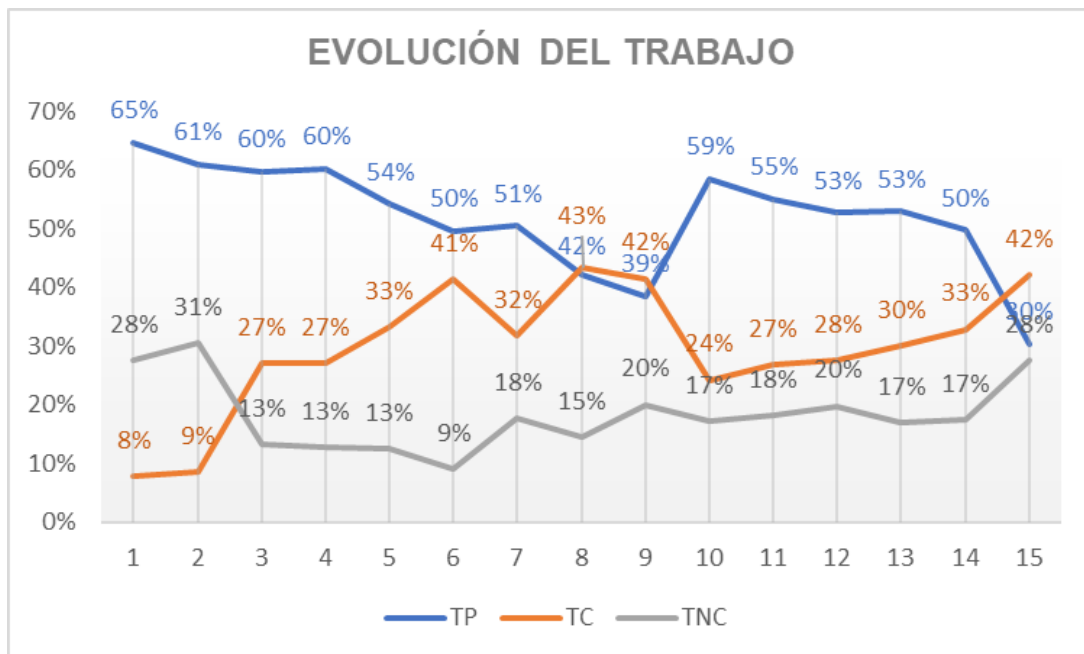
2.3. INCIDENCIA DE ACTIVIDADES EN EL NGO.

7



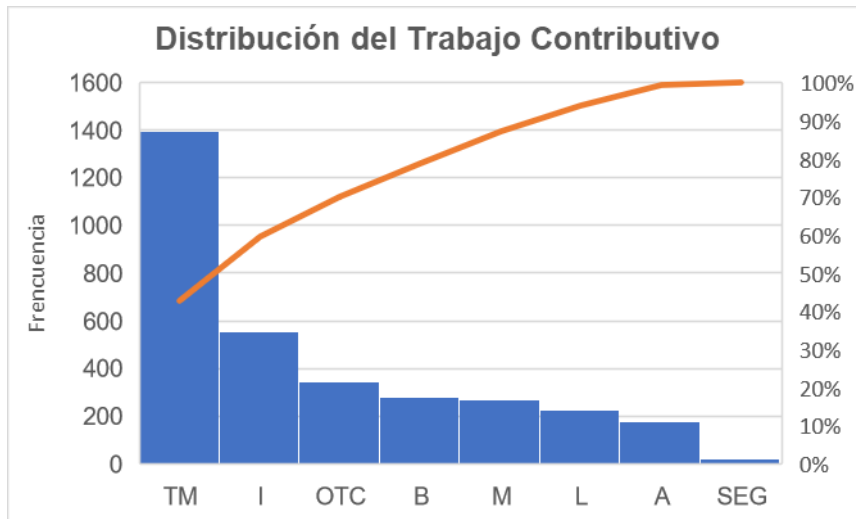
2.4. EVOLUCIÓN DEL TRABAJO

A continuación, se presenta la evolución que tuvieron los 3 tiempos de trabajo a lo largo de las 15 visitas a obra realizadas:

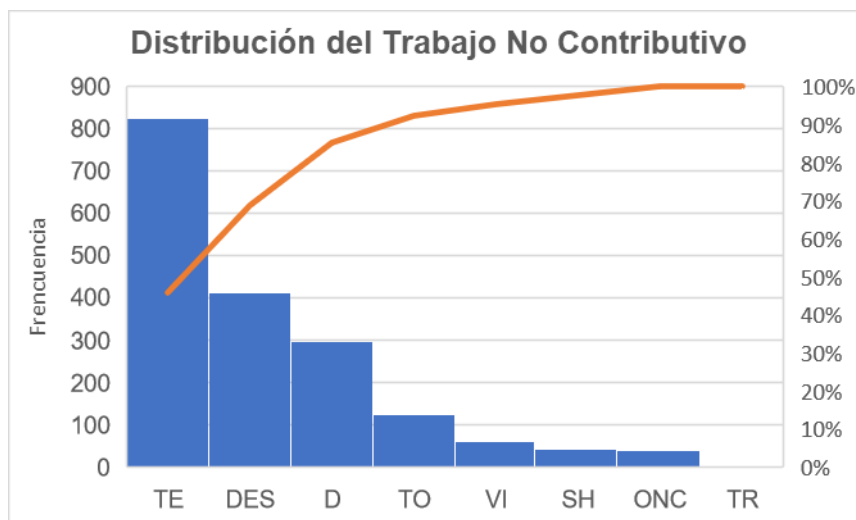


2.5. DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO CONTRIBUTIVO Y NO CONTRIBUTIVO

Se ha observado que son cuatro las actividades más importantes que componen el tiempo contributivo, siendo la más incidente el “transporte de materiales” que representa el 43% del total del Trabajo Contributivo. Seguida por la actividad de “recibir/dar instrucciones” y en menor medida por “Otros trabajos contributivos” y la “búsqueda de materiales”. Estas 4 actividades representan el 80% del trabajo contributivo.



Las actividades más importantes que componen el trabajo no contributivo, en orden de importancia, son: “Tiempo de espera”, “desplazamientos” en un mismo lugar de trabajo y en menor medida los “descansos”. El tiempo de espera representa un 46% de todo el trabajo no contributivo.



3. CONCLUSIONES

Se ha observado que la incidencia del traslado de materiales se debe en gran parte a que el personal debe trasladar los materiales y/o herramientas que requiere desde los talleres o vestuarios/almacenes realizando estos viajes a medida que sus tareas lo requieran. El tiempo de espera se debe, de acuerdo a lo observado, al tiempo que espera un trabajador mientras otro termina su tarea y a la espera de materiales entre miembros de una misma cuadrilla.

1. MARCO TEÓRICO:

El Nivel General de Obra es una herramienta que propone el Lean Construction para tener un resultado general de la productividad en la obra y que puede servir como un indicador de la eficiencia con la que se están realizando los trabajos en obra.

Esta herramienta consiste en una serie de mediciones en las que se especifica el tipo de trabajo que está realizando cada obrero al momento de la medición (TP, TC, TNC), si se desea entrar en mayor detalle se puede mencionar el tipo de trabajo contributivo y no contributivo de manera específica en la que se visualizó, mas no se puede hacer esto en el trabajo productivo debido a que se tendría una lista enorme que solo entorpecería el proceso. (Guzmán Tejada, 2014).

Las mediciones se pueden realizar de distintas maneras dependiendo de la persona que las realice, pero lo importante de estas es que se llegue a medir a todos los trabajadores de la obra. La metodología empleada consiste en recorridos de obra, en los cuales se observa y anota la actividad que realiza cada obrero hasta completar 400 mediciones, estas mediciones se realizaron 3 veces por semana durante 2 meses. Cada actividad será clasificada según su aporte a la obra, de la siguiente manera:

- **TRABAJO PRODUCTIVO (TP):** Es aquella actividad que aporta en forma directa a la producción.
- **TRABAJO CONTRIBUTIVO (TC):** Es aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción.
- **TRABAJO NO CONTRIBUTIVO (TNC):** Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto, se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias.

Las mediciones en campo se deben de realizar en escenarios normales de obra (no situaciones atípicas) y de preferencia en diferentes días de la semana para minimizar los efectos de la variabilidad y tener resultados más acordes a la realidad, esto basado en el criterio de algunos autores que sostienen que la productividad del personal es mayor los días entre semana y es menor los días viernes y sábado.

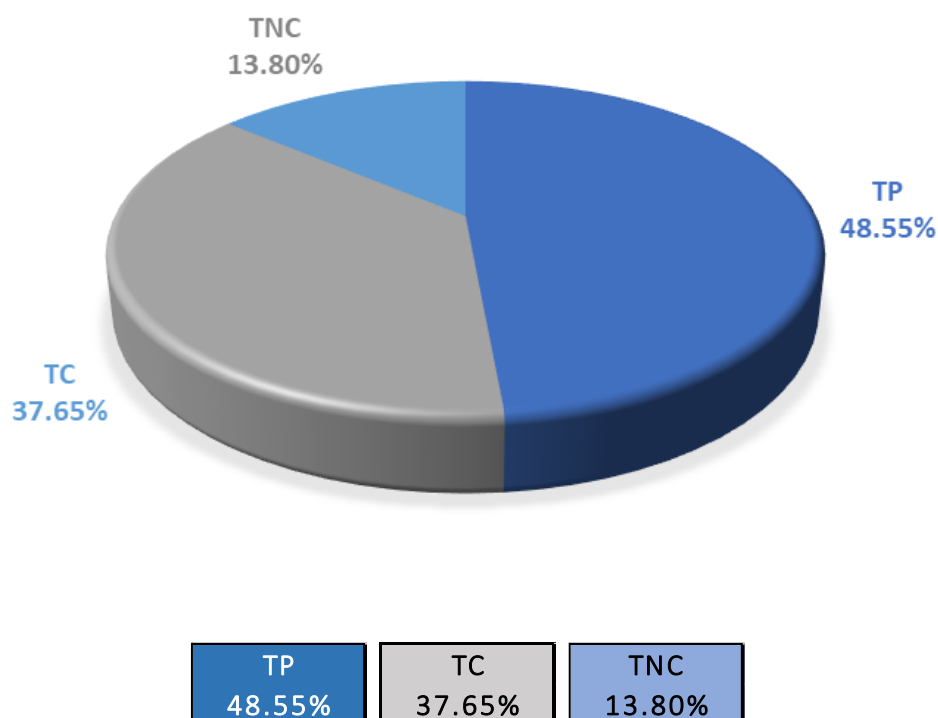
2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

2.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

	DESCRIPCION	ABREV.	TOTAL	%PARCIAL	%TOTAL
TP	Trabajo productivo	TP	3085	32.14%	48.55%
	Habilitación de material	HM	1576	16.42%	
TC	Transporte de mat. y/o Eq.	TM	1635	17.03%	37.65%
	Recibir/dar instrucciones	I	395	4.11%	
	Mediciones	M	219	2.28%	
	Limpieza	L	121	1.26%	
	Andamios	A	190	1.98%	
	Búsqueda de Materiales	B	152	1.58%	
	Seguridad en el trabajo	SEG	54	0.56%	
	Otros trabajos contributivos	OTC	848	8.83%	
	TNC	Tiempo de espera	TE	504	
Tiempo de ocio		TO	84	0.88%	
Trabajo rehecho		TR	87	0.91%	
Viaje improductivo		VI	30	0.31%	
Descanso		D	103	1.07%	
Servicios Higiénicos		SH	52	0.54%	
Desplazamiento		DES	374	3.90%	
Otros trabajos no contributivos		ONC	91	0.95%	
		TOTAL	9600	100.00%	100.00%

2.2. NIVEL GENERAL DE OBRA

Distribución del trabajo

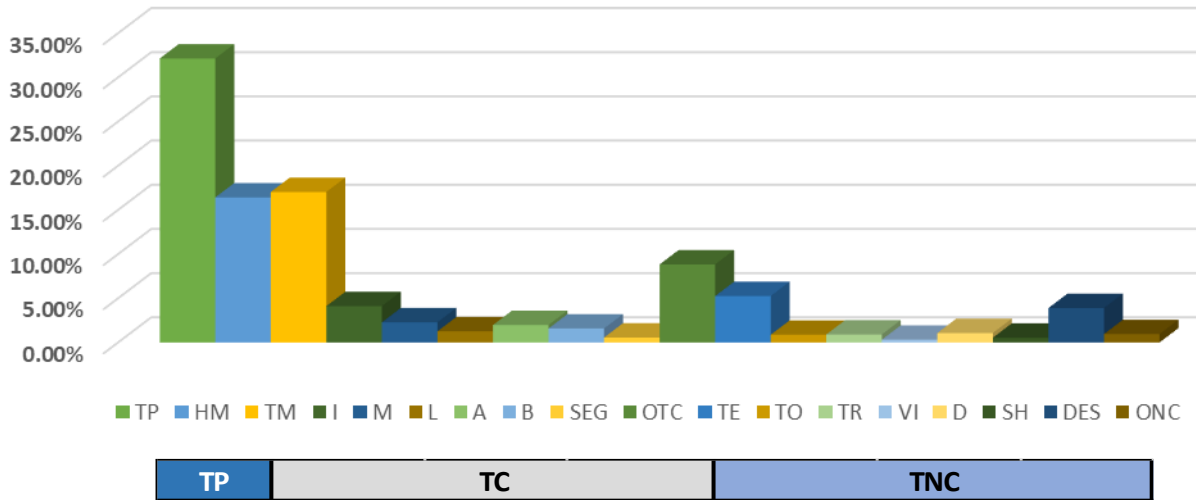


OBRA: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE LA EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UNAP
 FECHA: 15 DE ENERO DEL 2019

2.3. INCIDENCIA DE ACTIVIDADES EN EL NGO

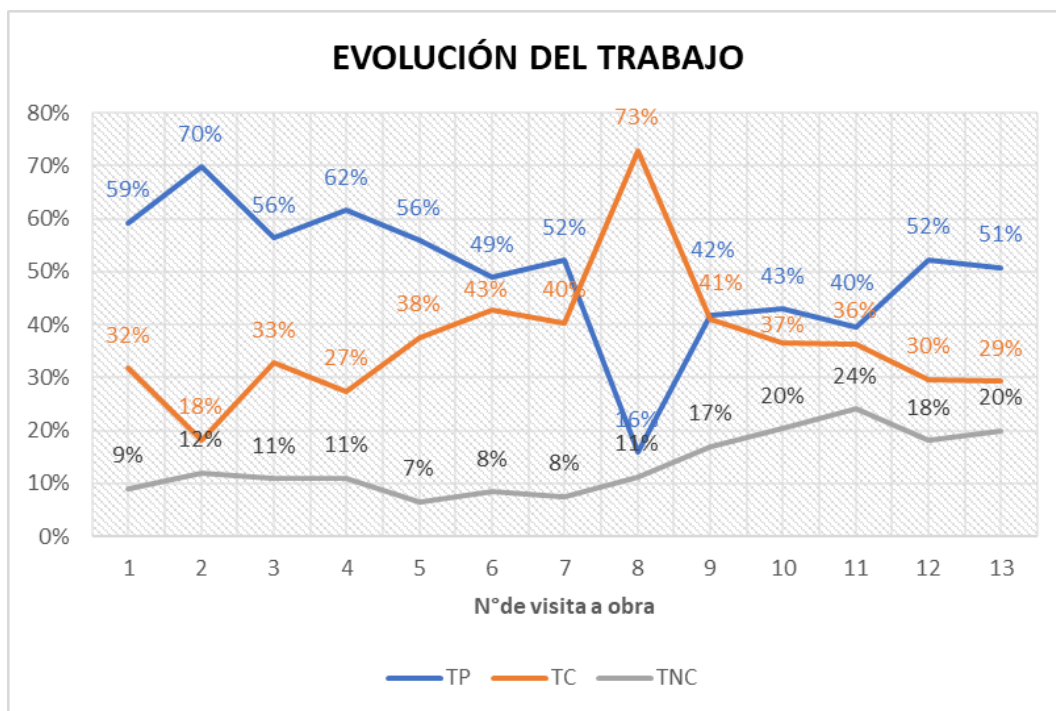
Incidencia de cada actividad en el nivel general de obra:

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES



2.4. EVOLUCIÓN DEL TRABAJO

A continuación, se presenta la evolución que tuvieron los 3 tiempos de trabajo a lo largo de las 13 visitas a obra realizadas:

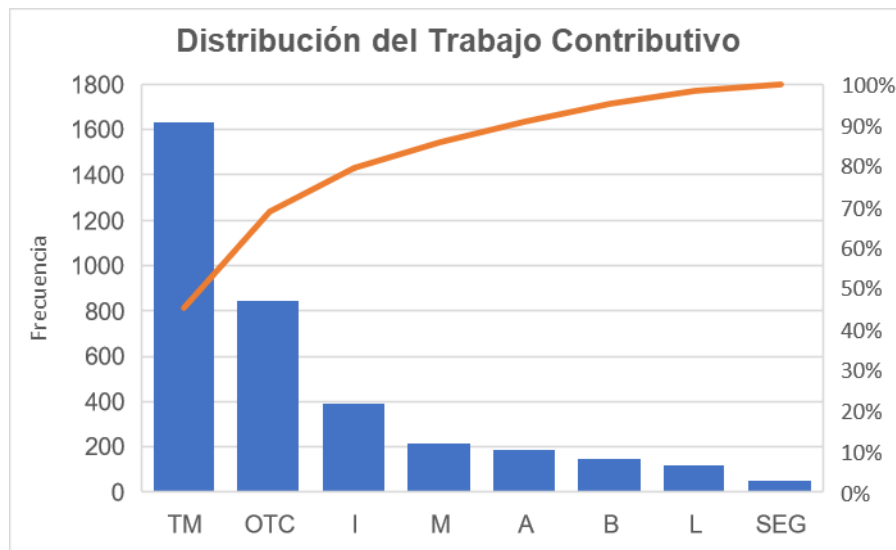


2.5. DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO CONTRIBUTIVO Y NO CONTRIBUTIVO

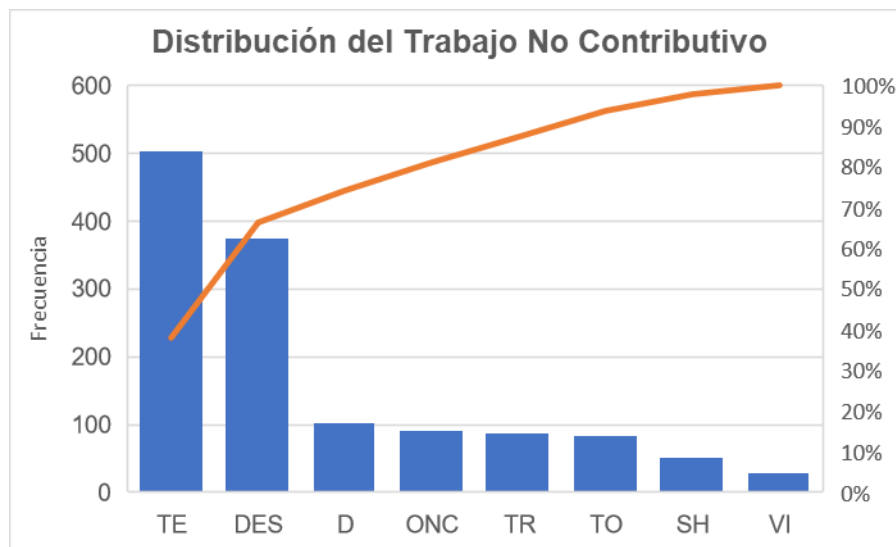
Se ha observado que son tres las actividades más importantes que componen el tiempo contributivo, siendo la más incidente el “transporte de materiales” que representa el 45% del total del Trabajo Contributivo. Seguida por “Otros trabajos contributivos” (qué a su vez está compuesto por trabajos como; desencofrado, curado, habilitación de caminos para vaciados,

OBRA: MEDICIÓN DEL SERVICIO DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE LA EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA UNAL
 FECHA: 15 DE ENERO DEL 2019

etc.) y finalmente por la actividad de “recibir y/o dar instrucciones”. Estas 3 actividades representan el 80% del trabajo contributivo.



Las actividades más importantes que componen el trabajo no contributivo, en orden de importancia, son: “Tiempo de espera”, “desplazamientos” en un mismo lugar de trabajo y en menor medida los “descansos” y “otros trabajos no contributivos”, los cuales en conjunto representan un 80% del trabajo no contributivo.



3. CONCLUSIONES

Se ha observado que la incidencia del traslado de materiales se debe en gran parte a que el personal debe trasladar los materiales y/o herramientas que requiere desde los talleres o vestuarios/almacenes realizando estos viajes a medida que sus tareas lo requieran.

El tiempo de espera representa un 38% del Trabajo No Contributivo. Se debe, en mayor parte y de acuerdo a lo observado, al tiempo que espera un trabajador mientras otro termina su tarea y a la espera de materiales entre miembros de una misma cuadrilla. En el caso particular del armado de acero para columnas se pudo observar que las cuadrillas asignadas a esta tarea contaban con 3 personas, de las cuales sólo 2 realizaban trabajo productivo de forma simultánea mientras el otro trabajador se mantenía en tiempo de espera.

ANEXO D

FORMATO DE ENTREVISTAS REALIZADAS AL PERSONAL TÉCNICO ADMINISTRATIVO

ENCUESTAS AL PERSONAL TECNICO - ADMINISTRATIVO

CODIGO DE LA OBRA: _____ ENCUESTA NÚMERO: _____



PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN

- A. CARGO DEL ENCUESTADO: _____
- B. ¿QUIÉNES INTERVIENEN EN LA PLANIFICACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA? INDIQUE EL GRADO DE INTERVENCIÓN DURANTE LA PLANIFICACIÓN (indicar con un valor del 1 al 5, donde 1 es muy bajo y 5, muy alto)

CARGO	¿INTERVIENE? (SI/NO)	GRADO DE INTERVENCIÓN
Residente de Obra		
Asistente Técnico		
Administrador		
Almacenero		
Maestro de Obra		
Otro:		

- C. CON RESPECTO A LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS, Y CONSIDERANDO A LA ÚLTIMA PERSONA EN LA LÍNEA DE MANDO ¿QUIÉN ESTÁ A CARGO DE LA PLANIFICACIÓN DE ESTOS RECURSOS? (marcar con una X)

CARGO	MANDO DE OBRA	MATERIALES	MAQUINARIA Y/O EQUIPOS
Residente de Obra			
Asistente Técnico			
Administrador			
Almacenero			
Maestro de Obra			
Otro:			

- D. ¿QUÉ TIPOS DE PLAZO DE PLANIFICACIÓN EXISTE EN LA OBRA Y EN QUÉ CONSISTE CADA UNO? (marcar y detallar)
- General:
 - Mediano plazo:
 - Corto plazo:
 - Otro:

E. CON RESPECTO A LA NECESIDAD DE PLANIFICAR O DISEÑAR UN PROCESO CONSTRUCTIVO EN PARTICULAR, ¿CON QUÉ FRECUENCIA SE PLANIFICAN ESTOS DISEÑOS?

Casi nunca Ocasionalmente Regularmente Frecuentemente

¿QUIÉNES ESTÁN A CARGO DE ESTOS DISEÑOS?

Residente Maestro de obra
Asistente T. Otro

¿PARA QUÉ CLASE DE PROCEDIMIENTOS?

- Procedimientos complicados
- Partidas de larga duración
- Partidas con un alto % del presupuesto

Procedimientos como:

F. ¿CUÁL ES LA INFORMACIÓN CON LA QUE SE ELABORA LA PLANIFICACIÓN? ¿En qué porcentaje?

- Experiencia del Residente
- Rendimientos del Expediente Técnico
- Rendimientos registrados en la obra
- Otros

G. RESPECTO A LA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN, ¿QUÉ CLASE DE INFORMACIÓN SE LE HACE LLEGAR AL PERSONAL OBRERO? ¿DE QUÉ FORMA? (oral, escrita)

	Maestro de Obra	Jefe de cuadrilla
Materiales/Herramientas a utilizar		
Personal a utilizar		
Área de trabajo		
Duración de actividad		
Otros		

H. ¿QUÉ HERRAMIENTAS SE USAN PARA REALIZAR LA PLANIFICACIÓN? (marcar y especificar)

Experiencia adquirida
Software

- Métodos conocidos
- Herramientas de planificación
- Otros

I. ¿CUÁL DIRÍA USTED QUE SON LOS PRINCIPALES OBSTÁCULOS PARA CUMPLIR CON LA PLANIFICACIÓN Y QUÉ ACCIONES SE TOMAN PARA EVITAR ESTOS OBSTÁCULOS?

SEGUIMIENTO Y CONTROL

A. ¿QUÉ CONTROLES SE REALIZAN EN LA OBRA? (marcar con una x)

	FRECUENCIA				
	SEMANTAL	QUINCENAL	MENSUAL	FIN DE OBRA	OTRO
Informe Financiero <input type="checkbox"/>					
Informe Avance Físico <input type="checkbox"/>					
Informe de Calidad <input type="checkbox"/>					
Informe de Rendimientos <input type="checkbox"/>					
Inspección Visual en obra <input type="checkbox"/>					
Reuniones <input type="checkbox"/>					
Otros: <input type="checkbox"/>					

B. ¿SE ACTUALIZA LA PLANIFICACIÓN LUEGO DE TERMINADA? _____

SI LA RESPUESTA ES "NO", ¿POR QUÉ?:

SI LA RESPUESTA ES SI, ¿QUÉ DATOS SE USAN PARA ACTUALIZAR LA PLANIFICACIÓN?

- Informe Financiero
- Informe avance
- Rendimientos
- Otro

C. SI DURANTE EL AVANCE DE OBRA SURGE UN RETRASO, ¿QUÉ MEDIDAS SE TOMAN AL RESPECTO? ¿SE RECUPERAN LAS HORAS PERDIDAS?

D. ¿CUÁLES DIRÍA UD. QUE SON LOS PROBLEMAS QUE GENERAN ATRASOS MÁS

FRECUENTEMENTE? (marcar con una x)

- Abastecimiento
- Descordinaciones
- Subcontratos
- Rendimientos
- Prob. Con trabajadores
- Maquinaria
- Otros:

E. SI DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA OCURRE UN PROBLEMA ¿QUÉ MEDIDAS CORRECTIVAS O PREVENTIVAS SE TOMAN AL RESPECTO PARA EVITAR PROBLEMAS SIMILARES EN EL FUTURO?

F. ¿QUÉ HERRAMIENTAS O TÉCNICAS SE USAN PARA EL CONTROL DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS?

G. ¿QUÉ HERRAMIENTAS O TÉCNICAS SE USAN PARA EL CONTROL DE MAQUINARIA Y EQUIPOS?

H. EN UNA ESCALA DEL 1 AL 5, ¿CÓMO CALIFICARÍA USTED LA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN DENTRO DE LA OBRA?

De Residencia al personal obrero	1	2	3	4	5
Del personal obrero a Residencia	1	2	3	4	5

- 1 : Mala
- 2 : Insuficiente
- 3 : Regular
- 4 : Buena
- 5 : Excelente

I. ¿CÓMO PODRÍA MEJORAR LA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN?

ENTREVISTAS AL PERSONAL TECNICO Y ADMINISTRATIVO

CODIGO DE LA OBRA: _____

ENCUESTA NÚMERO: _____



MECANIZACIÓN DEL TRABAJO

1. ¿Qué equipos o maquinarias se usaron en la obra?

	Cantidad	
	Propia	Préstamo
Winche Eléctrico		
Mezcladora		
Vibradora de Concreto		
Cortadora de Concreto		
Otro:		
Otro:		
Otro:		
Otro:		

2. ¿Eran los equipos adecuados? ¿Se requerían otros equipos?
3. Si se requerían otros equipos, ¿Cuál es la razón por la que no se cuenta con esos equipos?
4. ¿Alguno de los equipos no tuvo los resultados esperados?, ¿Por qué?

ELEMENTOS PREFABRICADOS

1. ¿Qué elementos prefabricados utiliza la obra?
2. ¿Considera beneficioso el uso de estos elementos prefabricados? ¿Por qué?
3. Los resultados obtenidos con los elementos prefabricados, ¿Fueron los esperados?

DISEÑO MODULAR Y ESTANDARIZACIÓN

1. **¿Se tuvo en cuenta diseños modulares para la ejecución del proyecto?** (Marcos de puertas y ventanas, puertas de madera, etc.)
2. **¿Se tuvo en cuenta criterios de estandarización?** (Paneles con medidas predeterminadas, detalles típicos, ejecución repetitiva)
3. **En caso de haber aplicado criterios de modulación y/o estandarización, ¿Se obtuvieron mejores resultados?**
4. **¿Qué dificultades se encontraron al aplicar estos criterios?**
5. **En caso de no haber aplicados estos criterios, ¿Cuál es la razón?**

PRODUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

1. **¿Se consideraron metodologías o métodos para optimizar el trabajo? De ser así, ¿Cuáles fueron?**
2. **De haber aplicado alguna metodología, ¿Los resultados fueron los esperados? ¿Por qué?**
3. **¿Qué criterios se toman en cuenta para la contratación de mano de obra?**
4. **Respecto a contar con mano de obra calificada, ¿Cómo calificaría Ud. al personal obrero con el que cuenta la obra? (Valorar del 1 al 10)**

5. **¿Cómo calificaría el flujo de trabajo en el desarrollo de la obra hasta ahora?**
(Valorar del 1 al 10)

6. **¿En qué aspectos se ha trabajado el flujo de trabajo dentro de la obra?**