PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

ANÁLISIS, IMPLEMENTACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA FILOSOFÍA "LEAN CONSTRUCTION" EN LA PRODUCTIVIDAD VERSUS SISTEMAS TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN. CASO DE ESTUDIO: "MEJORAMIENTO VIAL CALLE JAVIER DONOSO ENTRE CALLE 12 DE OCTUBRE Y 11 DE NOVIEMBRE", EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PROVICIA DE CHIMBORAZO.

RENATO NICOLÁS GUAMÁN VELOZ

GUIDO ARIEL ZAMBRANO FUSTILLOS

DIRECTOR: ING. JORGE BUCHELI

QUITO DM, 2022

AGRADECIMIENTOS

Quisiera iniciar agradeciendo a Dios y a la Virgen Dolorosa, por guiarme y estar junto a mí, cada día de mi vida, sin su guía nada de esto hubiera sido posible.

A mis padres ya que, con todo su amor, apoyo y compresión, he logrado cumplir un sueño más en mi vida.

A mi hermana Camila, que pese a la distancia siempre ha estado conmigo en cada paso y decisión que he tomado.

A mi compañero de disertación, Guido Zambrano por ser un gran amigo y compañero a lo largo de estos años de estudio.

A todos mis abuelitos y tíos por ser una parte fundamental de mi vida, gracias por sus consejos y apoyo

A la Facultad de Ingeniería de la PUCE y a todos sus docentes que, con mucho esfuerzo y dedicación, ayudan a formar buenos profesionales y excelentes personas. De manera especial al Ingeniero Jorge Bucheli, director de esta disertación y a los ingenieros Gonzalo Moya y Pablo Ayala correctores de la misma.

A la Residencia Universitaria Ilinizas, por ser mi hogar y mi familia la mayor parte de mi vida universitaria, gracias por todo su apoyo, enseñanzas y experiencias las cuales hicieron de mi formación personal y profesional una experiencia inolvidable.

A todos mis amigos de vida, los cuales, pese a no haber estado juntos a lo largo de este tiempo, siempre han estado ahí para apoyarme y animarme a cumplir mis metas.

Y a todos mis amigos y compañeros de carrera que siempre han estado para mí, aprendiendo y apoyándonos en el camino de la ingeniería civil.

Renato Guamán Veloz

Primero quiero agradecer a mis padres por siempre recordarme que nada es imposible si te esfuerzas lo necesario, por creer en mí y estar a mi lado durante toda mi vida dándome una guía.

Agradecer a toda mi familia que me apoyo a lo largo de toda esta carrera. Sobre todo, agradecer a mi Abuelita Charo ya que sin su confianza nada de esto hubiera sido posible y sé que sé que desde el cielo siempre me cuida.

A mi compañero de disertación Renato Guaman por su apoyo y por ser un gran amigo a lo largo de toda nuestra vida universitaria.

A todos mis amigos, compañeros y futuros colegas de la P.U.C.E con quienes a lo largo de la carrera eh compartido experiencias inolvidables.

A todos los Docentes de la P.U.C.E por tomarse el tiempo de transmitir su conocimiento y buscan cada día el formar grandes profesionales, un agradecimiento especial al Ing. Jorge Bucheli por toda la ayuda dada al dirigir esta disertación.

Guido Ariel Zambrano F.

DEDICATORIA

Encomiendo este trabajo de disertación y mi futura carrera profesional a Dios y la Virgen Dolorosa, por todas sus bendiciones, las mismas que me han acompañado a lo largo de mi vida.

A mi madre por ser un pilar fundamental en mi vida y una persona incondicional con la que siempre voy a poder contar, que con su infinito amor, consejos y apoyo me han ayudado a ser una mejor persona, acercándome cada día más a cumplir mis sueños.

A mi padre por todo el cariño y apoyo que me ha brindado en este camino, siendo siempre para mí un ejemplo de personal y profesional y por haberme enseñado a lo largo de mi vida, lo bonita que es esta profesión.

A mi hermana Camila, por todo ese amor y esa amistad tan grande que hemos ido construyendo a lo largo de estos años, gracias por siempre estar conmigo y ser esa persona incondicional con la que sé que voy a contar toda la vida.

A toda mi familia y amigos que, a lo largo de toda mi vida, han dejado su huella en mí, impulsándome a cumplir mis sueños.

Renato Guamán Veloz

A mis Papá y Mamá por el apoyo incondicional por el amor, el cariño y la sabiduría con la que han sabido llenarme durante todos estos años, por ser cada uno un ejemplo y un modelo a seguir tanto como profesionales y como personas mi trabajo de grado es dedicado a ustedes porque sin ustedes esto no hubiera sido posible

A mi abuelita Charo por la confianza que siempre tuvo en mí y por todo el amor que siempre me dio durante todo el tiempo que estuvo a mi lado apoyándome.

A toda mi familia ya que cada uno me ha dado una parte de su sabiduría la cual estará conmigo siempre

A todos mis amigos y compañeros de la P.U.C.E ya que gracias a todos ustedes mi etapa universitaria se volvió inolvidable

Guido Ariel Zambrano F.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación denominado "*ANÁLISIS, IMPLEMENTACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA FILOSOFÍA "LEAN CONSTRUCTION" EN LA PRODUCTIVIDAD VS SISTEMAS TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN*". Aplicado al caso de estudio *"MEJORAMIENTO VIAL CALLE JAVIER DONOSO ENTRE CALLE 12 DE OCTUBRE Y 11 DE NOVIEMBRE", EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PROVICIA DE CHIMBORAZO***".** Tiene como objetivo principal analizar, implementar y comparar la productividad de sistemas tradicionales de construcción con la filosofía "Lean Construction".

Para cumplir con los objetivos planteados se utilizó varias herramientas, la primera fue la "Ley de Pareto", la cual nos ayudó a identificar los rubros más relevantes del proyecto. Para la obtención de datos se utilizó planillas de inspección de campo en conjunto con la herramienta de los 5 minutos, las cuales nos sirvieron a obtener datos tanto del sistema de construcción tradicional, como de la filosofía "Lean Construction".

Una vez que obtuvimos dichos datos se los proceso y mediante la utilización de cálculos matemáticos se obtuvo la productividad de los rubros analizados, bajo ambos casos de estudio, al final con todos los datos obtenidos y analizados, se realizó una comparación entre ambas productividades, en donde nos pudimos dar cuenta que con la aplicación de la filosofía "Lean Construction" se obtuvo mayor productividad, lo que representa una mejora en calidad ya que se optimiza tiempo, recursos y dinero.

Palabras clave:

Productividad, "Lean Construction", Construcción tradicional, Pareto, 5S, Tiempo, Calidad, Recursos.

ABSTRACT

In the present dissertation "ANALYSIS, IMPLEMENTATION AND COMPARATION OF THE "LEAN CONSTRUCTION" PHILOSOPHY VS TRADITIONAL CONSTRUCTION SYSTEMS" apply to the study case *"MEJORAMIENTO VIAL CALLE JAVIER DONOSO ENTRE CALLE 12 DE OCTUBRE Y 11 DE NOVIEMBRE", EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PROVICIA DE CHIMBORAZO"*

Has as main objective analyze, implement, and compare de productivity under traditional construction systems and the productivity under the "Lean Construction" Philosophy

To accomplish the objectives, several tools were used first was "Pareto Law" which help us to identify the more relevant items of the project. For the data collection inspection sheets were use on field and together with the tool of the "five minutes test" help to collect data from de traditional construction systems and the "Lean Construction" Philosophy

With all the data collected we proceed to process all of it using math calculations we obtain the productivity of the analyze items under both systems of study at the end with all the data analyzed a comparation is made between both systems in which it is noticed that there is a productivity improvement under the "Lean Construction" philosophy representing an improvement in time, resources, and money.

Key Words:

Productivity, "Lean Construction", Traditional Construction Systems, Pareto, 5S, Time, Quality, Resources

INDICE

AGRADECIMIENTOS II

DEDICATORIA IV

RESUMEN VI

ABSTRACT VII

ÍNDICE DE CUADROS XIV

ÍNDICE DE GRAFICOS XVI

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS XVIII

CAPÍTULO I._ GENERALIDADES 19

1.1._ Alcance 19

1.2._ Objetivos 19

1.2.1_ Objetivo General 19

1.2.2_ Objetivos Específicos 19

1.3._ Problemática Planteada 20

1.4._ Justificación del Problema 21

CAPITULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 23

2.1._Conceptos Generales 23

2.2._ Ley de Pareto 25

2.3._Lineamientos de la Construcción tradicional 26

2.3.1._ Lineamientos Construcción Tradicional en Ecuador 27

2.4_ "*Lean*" 29

2.4.1._Objetivos de la filosofía "*Lean*" 29

2.4.2._Evolución de la filosofía “Lean” 30

2.4.3._ “*Lean Production*” 31

2.4.4._Principios de producción y gestión 32

2.4.5._Desarrollo y diseño de productos 32

2.4.6._ “*Lean Construction*” 32

2.4.7._Proyecto 33

2.4.8._Gerencia de Proyectos 33

2.4.9._Gestión de Proyectos 34

2.5._ Metodología Utilizada 35

2.5.1_ Encuesta de conocimiento Filosofía “*Lean Construction”* 35

2.5.1.1_ Número aproximado de encuestados 35

2.5.2_ Encuesta Realizada 36

2.5.2.1._ Formato de Encuesta Usado 37

2.5.3._Resultado obtenidos de la Encuesta 38

2.5.4._ Medición de Tiempos 43

2.5.5._ Herramientas “*Lean*” Utilizadas 44

2.3.5.1._Método de las 5S 45

2.5.5.2._Objetivos de las 5S 46

2.5.5.3._Beneficios de las 5S 46

2.5.5.4._Definiciones de las 5S 46

2.5.5.5._ Gemba y Genchi Genbutsu 47

2.5.4.2_ Metodología P.C.D.A 48

CAPÍTULO III.- SELECCIÓN DE RUBROS MÁS RELEVANTES 51

3.1._Ley de Pareto 51

3.1.2_Análisis de Pareto en el proyecto..... 52

3.1.3._Cronograma valorado de actividades..... 53

3.2_Curva de Inversión del proyecto..... 54

3.3._Gráfica de aplicación de Ley de Pareto 55

3.4._Rubros seleccionados..... 55

CAPITULO IV. _ CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL..... 57

4.1._ Parámetros utilizados..... 57

4.1.1._ Categorías de Tiempo 57

4.2._ Rubros Analizados según la Ley de Pareto 57

4.2.1._Descripción de rubros analizados 57

4.3._ Productividad por Rubro bajo la Construcción Tradicional 59

4.4._ Productividad por Rubro bajo la Construcción Tradicional 62

4.4.1._Volúmenes de Obra en los rubros analizados..... 62

4.4.2._Cálculo de Productividad por Rubro 62

4.4.2.1._ Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (A) 63

4.4.2.2._ Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm² Rubro (B) 66

4.5._ Resumen de Productividad en la Construcción Tradicional..... 73

CAPITULO V._ IMPLEMENTACIÓN FILOSOFÍA "*LEAN CONSTRUCTION*"..... 74

5.1. Determinación de pérdidas en la construcción tradicional 74

5.2._Implementación de la filosofía "*Lean Construction*" en cada rubro 76

5.2.1._Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm² 76

5.2.2._Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm² 77

5.2.3._Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm² 78

5.2.4._Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm² 79

5.3._Aplicación del Método 5S en la Filosofía "*Lean Construction*" 80

5.3.1. Falta de planificación 80

5.3.2. Falta de control 80

5.3.3. Falta de gestión de materiales 81

5.3.4. Falta de gestión de equipo y herramientas 81

5.3.5. Personal inexperto 82

5.3.6. Mala distribución de actividades 82

5.3.7. Distracciones/Conversaciones/ Necesidades fisiológicas 83

5.3.8. Agotamiento (Sobreesfuerzos) 83

5.3.9. Mala ubicación de materiales 84

5.3.10. Falta de orden y limpieza en la obra 84

5.3.11. Falta de calidad en materiales pétreos 85

5.3.12. Falta de gestión de transporte de material 85

5.3.13. Falta de uso de EPPs adecuados 86

CAPITULO. _VI "*LEAN CONSTRUCTION*" 87

6.1._ Parámetros Usados 87

6.2._ Distribución de Tiempo bajo la Filosofía "*Lean Construction"* 87

6.3._ Productividad por Rubro bajo la Filosofía *"Lean Construction"* 91

6.3.1._Cálculo de Productividad por Rubro 91

6.3.1.1._ Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (A) 92

6.4.1.2._ Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm² Rubro (B) 94

6.4.1.3._ Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (C)..... 96

6.4.1.4._ Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm² Rubro (D) 99

6.4._ Resumen de Productividad bajo la Filosofía "*Lean Construction*"..... 102

CAPITULO VII.- COMPARATIVA METODOLOGIAS DE CONSTRUCCION 103

7.1._ Comparación realizada 103

7.1.1._Comparación de Productividad Rubro (A) 103

7.1.1.1._ Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (A) 103

7.1.1.2._ Aumento porcentual de Productividad Rubro (A)..... 104

7.1.2._Comparación de Productividad Rubro (B) 105

7.1.2.1._ Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm² Rubro (B) 105

7.1.2.2._ Aumento porcentual de Productividad Rubro (B) 105

7.1.3._Comparación de Productividad Rubro (C) 106

7.1.3.1._ Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (C)..... 106

7.1.3.2._ Aumento porcentual de Productividad Rubro (C) 106

7.1.4._Comparación de Productividad Rubro (D) 107

7.1.4.1._ Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm² Rubro (D) 107

7.1.2.4.1_ Aumento porcentual de Productividad Rubro (D)..... 107

7.2._ Análisis y variación de la Productividad 108

CAPÍTULO VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 109

8.1. Conclusiones 109

8.2. Recomendaciones 111

CAPÍTULO IX.- BIBLIOGRAFIA 112

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Cronograma Valorado-Elaboración Propia 53

Cuadro 2 Rubros Seleccionados-Elaboración Propia 55

Cuadro 3 Volúmenes de Obra Construcción Tradicional- Elaboración Propia..... 62

Cuadro 4 Tiempos Rubro (A) Construcción Tradicional-Elaboración Propia 63

Cuadro 5 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (A) -Elaboración Propia 64

Cuadro 6 Tiempos Rubro (B) Construcción Tradicional-Elaboración Propia 66

Cuadro 7 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (B) -Elaboración Propia 67

Cuadro 8 Tiempos Rubro (C) Construcción Tradicional-Elaboración Propia 68

Cuadro 9 Trabajo Construcción Tradicional Rubro (C) -Elaboración Propia..... 69

Cuadro 10 Tiempos Rubro (D) Construcción Tradicional-Elaboración Propia 71

Cuadro 11 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (D) -Elaboración Propia 72

Cuadro 12 Resumen Productividad Construcción Tradicional-Elaboración Propia 73

Cuadro 13 Pérdidas Construcción Tradicional-Elaboración Propia..... 74

Cuadro 14 Implementación "Lean Construction" Rubro (A)-Elaboración Propia..... 76

Cuadro 15 Implementación "Lean Construction" Rubro (B)-Elaboración Propia 77

Cuadro 16 Implementación "Lean Construction" Rubro (C)-Elaboración Propia 78

Cuadro 17 Implementación "Lean Construction" Rubro (D)-Elaboración Propia..... 79

Cuadro 18 Volúmenes de Obra "Lean Construction"- Elaboración Propia 91

Cuadro 19 Tiempos Rubro (A) "Lean Construction"-Elaboración Propia..... 92

Cuadro 20 Cuadrilla "Lean Construction" Rubro (A) -Elaboración Propia..... 93

Cuadro 21 Tiempos Rubro (B) "Lean Construction"-Elaboración Propia 94

Cuadro 22 Cuadrilla "Lean Construction" Rubro (B) -Elaboración Propia 95

Cuadro 23 Tiempos Rubro (C) "Lean Construction"-Elaboración Propia 96

Cuadro 24 Cuadrilla "Lean Construction" Rubro (C) -Elaboración Propia 98

Cuadro 25 Tiempos Rubro (D) "Lean Construction"-Elaboración Propia 99

Cuadro 26 Cuadrilla "Lean Construction" Rubro (D) -Elaboración Propia 100

Cuadro 27 Resumen Productividad "Lean Construction"-Elaboración Propia 102

Cuadro 28 Aumento Porcentual de Productividad Rubro (A)-Elaboración Propia..... 104

Cuadro 29 Aumento Porcentual de Productividad Rubro (B)-Elaboración Propia..... 105

Cuadro 30 Aumento Porcentual de Productividad Rubro (C)-Elaboración Propia..... 106

Cuadro 31 Aumento Porcentual de Productividad Rubro (D)-Elaboración Propia..... 107

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Plantilla Encuesta Realizada-Elaboración Propia 37

Gráfico 2 Resultado Pregunta 1-Elaboración Propia..... 38

Gráfico 3 Resultado Pregunta 2-Elaboración Propia..... 39

Gráfico 4 Resultado Pregunta 3-Elaboración Propia..... 40

Gráfico 5 Resultado Pregunta 4-Elaboración Propia..... 41

Gráfico 6 Resultado Pregunta 5-Elaboración Propia..... 42

Gráfico 7 Plantilla Prueba 5 Minutos-Elaboración Propia 43

Gráfico 8 Mapa Conceptual 5S-Elaboración Propia 45

Gráfico 9 Mapa Conceptual PDCA-Elaboración Propia..... 50

Gráfico 10 Curva de Inversión-Elaboración Propia 54

Gráfico 11 Aplicación Ley de Pareto-Elaboración Propia 55

Gráfico 12 Distribución Rubros Seleccionados-Elaboración Propia 56

Gráfico 13 Tiempos Construcción Tradicional Rubro (A)-Elaboración Propia..... 59

Gráfico 14 Tiempos Construcción Tradicional Rubro (B)-Elaboración Propia..... 60

Gráfico 15 Tiempos Construcción Tradicional Rubro (C)-Elaboración Propia..... 60

Gráfico 16 Tiempos Construcción Tradicional Rubro (D)-Elaboración Propia..... 61

Gráfico 17 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (A) -Elaboración Propia..... 64

Gráfico 18 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (B) -Elaboración Propia..... 67

Gráfico 19 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (C) -Elaboración Propia..... 69

Gráfico 20 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (D) -Elaboración Propia..... 72

Gráfico 21 Distribución de Pérdidas Construcción Tradicional-Elaboración Propia..... 75

Gráfico 22 Tiempos "Lean Construction" Rubro (A)-Elaboración Propia 87

Gráfico 23 Tiempos "Lean Construction" Rubro (B)-Elaboración Propia..... 88

Gráfico 24 Tiempos "Lean Construction" Rubro (C)-Elaboración Propia..... 89

Gráfico 25 Tiempos "Lean Construction" Rubro (D)-Elaboración Propia 90

Gráfico 26 Cuadrilla "Lean Construction" Rubro (A) -Elaboración Propia 93

Gráfico 27 Cuadrilla "Lean Construction" Rubro (B) -Elaboración Propia..... 95

Gráfico 28 Cuadrilla "Lean Construction" Rubro (C) -Elaboración Propia..... 98

Gráfico 29 Cuadrilla "Lean Construction" Rubro (D) -Elaboración Propia 100

Gráfico 30 Comparación Productividad Rubro (A)- Elaboración Propia 103

Gráfico 31 Comparación Productividad Rubro (B)- Elaboración Propia..... 105

Gráfico 32 Comparación Productividad Rubro (C)- Elaboración Propia..... 106

Gráfico 33 Comparación Productividad Rubro (D)- Elaboración Propia 107

Gráfico 34 Aumento de Productividad Porcentual-Elaboración Propia..... 108

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia..... 80

Fotografía 2 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia..... 80

Fotografía 3 Aplicación Herramienta 5S (Seiri)-Elaboración Propia 81

Fotografía 4 Aplicación Herramienta 5S (Seiso)-Elaboración Propia 81

Fotografía 5 Aplicación Herramienta 5S (Seiri)-Elaboración Propia 82

Fotografía 6 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia..... 82

Fotografía 7 Aplicación Herramienta 5S (Seiri)-Elaboración Propia 83

Fotografía 8 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia..... 83

Fotografía 9 Aplicación Herramienta 5S (Seiri)-Elaboración Propia 84

Fotografía 10 Aplicación Herramienta 5S (Seiso)-Elaboración Propia 84

Fotografía 11 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia..... 85

Fotografía 12 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia..... 85

Fotografía 13 Aplicación Herramienta 5S (Seiso)-Elaboración Propia 86

CAPÍTULO I._ GENERALIDADES

1.1._ Alcance

Realizar un análisis y comparación entre la productividad que se tiene en el desarrollo de una obra civil bajo el sistema de construcción convencional y la productividad obtenida implementando la filosofía *"Lean Construction"* aplicado al proyecto ofrecido en licitación por el GADMR "Mejoramiento Vial Calle Javier Donoso entre Calle 12 de octubre y 11 de noviembre" cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

1.2._ Objetivos

1.2.1_ Objetivo General

→ Analizar, implementar y comparar la productividad en el caso de estudio: "Mejoramiento Vial Calle Javier Donoso entre Calle de 12 de octubre y 11 de noviembre", aplicando la filosofía "*Lean Construction"* versus sistemas tradicionales de construcción

1.2.2_ Objetivos Específicos

→ Identificar los rubros más significativos aplicando el principio de ley de Pareto

→ Analizar la productividad bajo la filosofía de construcción tradicional en los rubros previamente identificados.

→ Implementar la filosofía "*Lean Construction"* en los rubros previamente identificados.

→ Analizar la productividad en los rubros a los que se les implementó la filosofía "*Lean Construction"*

→ Comparar la productividad en los rubros analizados entre el sistema de construcción tradicional y la filosofía *"Lean Construction".*

1.3._ Problemática Planteada

La construcción es una de las principales actividades financieras y económicas del país y constituye uno de los sectores que más plazas de empleo genera en el territorio nacional. Según datos del Banco Central el sector de la construcción aporta el 7.22% del Producto Interno Bruto (PIB) en 2021, en el Ecuador se calcula que por cada 40 metros cuadrados de construcción se generan aproximadamente 18 empleos según datos del Banco Central.

Últimamente la construcción se ha visto comprometida por la crisis económica que se vive a nivel mundial y si a esto le sumamos la alta competitividad hace que la construcción pierda plazas de empleo y la rentabilidad sea menor.

Esto ha obligado a que las empresas dedicadas a la construcción innoven sus estrategias para mejorar sus procesos y planificación, buscando que la construcción tenga mayor rentabilidad, mejorando día a día y siendo más competitivas en el entorno. Esto hace que se aplique filosofías relacionada a la gestión de proyectos, en las cuales se busca mejorar la eficiencia y eficacia de estas.

Una de estas filosofías es el *"Lean Construction"*, un sistema de gerencia el cual nace en Japón en 1950, para las grandes industrias y de a poco se ha ido consolidando como una de las corrientes más utilizadas en la construcción a nivel mundial, la cual se centra en reducir y optimizar los recursos buscando procesos más eficientes en el trabajo.

En el presente trabajo se analizará, aplicará y comparará la productividad que tiene un proyecto de construcción vial, aplicando a este la filosofía *"Lean"* versus los métodos de construcción tradicional, aquí se utilizará las herramientas que esta nos brinda con el fin de obtener mejores resultados en este proyecto real.

1.4._ Justificación del Problema

El sector de la construcción en el Ecuador, es caracterizado usualmente por tener un pensamiento tradicionalista acerca de la forma de realizar las actividades laborales en los distintos proyectos constructivos, esto se debe a que la cultura de trabajo está estandarizada en formas poco eficientes de realizar las distintas actividades que pueden presentarse en el construcción, esto afecta directamente a la productividad y rentabilidad de la obra civil por consecuente desde los años 1990 se llevan desarrollando nuevos sistemas metodológicos y estrategias para mejorar los procesos constructivos. (Araque,2010)

El sistema *"Lean"* proporciona herramientas que contribuyen a una mayor integración entre los diferentes agentes sociales y empresas que intervienen a lo largo del ciclo de vida de un proyecto en el cual intervienen gerentes, técnicos, personal administrativo y personal obrero. Para que el sistema "*Lean*" pueda ser implementado se debe adoptar un nuevo enfoque en la gestión del proyecto. (Pons, 2014)

Desde principios de los años 1990 se empezó a ver un cambio en el sistema productivo global con el *"Lean Manufacturing"* principalmente en la industria automovilística, a principios de los años 2000 la metodología "*Lean*" fue adaptándose a diferentes sectores e industrias, una de las industrias que más se benefició del desarrollo de la metodología *"Lean"* fue el sector de la construcción y en 2007 se desarrolló el *"Lean Construction",* principalmente en Estados Unidos, mostrando altos niveles de incremento en el rendimiento y rentabilidad del proyecto. En Ecuador el interés de las empresas hacia el *"Lean Construction"* ha ido creciendo en estos últimos años, pero aún hace falta investigarlo e implementarlo en más proyectos. (Pons, 2014)

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Riobamba GADMR, ofertó a través del Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP), la

obra “Mejoramiento Vial Calle Javier Donoso entre Calle de 12 de octubre y 11 de noviembre”. La obra corresponde a la categoría de menor cuantía ya que su presupuesto es de 48.607.39 USD y su plazo de ejecución es de 60 días.

Se pretende realizar un análisis del sistema de construcción tradicional que maneja este proyecto, posteriormente implementar la filosofía *“Lean Construction”* y evaluar la misma, para comparar los resultados obtenidos y visualizar si esta planificación es óptima para mejorar la productividad del proyecto, con lo que se pretende obtener un proyecto con mejor planificación, seguridad y rentabilidad

CAPITULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1._Conceptos Generales

Productividad. -Es la relación entre lo producido y lo invertido en ello, es una de las formas más explícitas para la medición de eficiencia en el desarrollo de un rubro específico.

Mano de obra directa. - Es aquella que se emplea para el desarrollo directo del proyecto, es usualmente agrupada en cuadrillas de uno o varios oficiales que desarrollaran cada uno de los rubros correspondientes.

Mano de obra indirecta. - Se define como la mano de obra que se necesita para el desarrollo de actividades complementarias o que no tiene una relación directa con el desarrollo de la obra esta no puede ser definida dentro de un análisis de precios unitarios (A.P.U) por lo que se la considera en los costos indirectos.

Rendimiento de mano de obra. - Se define como la cantidad de obra ejecutada por una cuadrilla compuesta por uno o varios operarios en un tiempo definido usualmente expresada como [um/h·H] unidad de media sobre hora hombre

Tiempo Productivo. - Aquel trabajo que aporta en forma directa a la producción, incluyendo actividades tales como la colocación de ladrillos, el pintado de un muro o la colocación de la armadura.

Tiempo Contributivo. - aquel trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Algunos ejemplos de actividades en esta categoría: recibir o dar instrucciones, leer planos, retirar materiales, ordenar o limpiar, descargar un camión, etc.

Tiempo No Contributivo. - cualquier actividad que no corresponda a alguna de las categorías anteriores, por ejemplo: esperar que otro obrero termine su trabajo

Falta Planificación en Transporte. – Se da al momento que se tiene una logística deficiente para el desarrollo de una obra, lo que produce pérdidas de tiempo productivo debido a la espera de: (material, maquinaria, etc.)

Tiempo Muerto. - Es el tiempo de espera o inactividad que ocurre por la falta de datos, materiales, información o especificaciones lo cual realiza una pérdida de tiempo considerable y sobrecosto no planificado.

Transporte Innecesario. - Se refiere al movimiento interno de material en la obra debido a una mala distribución junto con una falta de planificación en el flujo de materiales durante el desarrollo del proyecto.

Falta Equipo Mínimo. – Se da al momento que en el desarrollo de una obra no existe el equipo necesario para el desarrollo de éste, lo que lleva a realizar varios trabajos de forma manual, sin permitir optimizar la productividad y rendimiento.

Falta de Calidad de Materiales. - Se refiere al adquirir materiales que no cumplen con las especificaciones necesarias para el correcto desarrollo de diferentes actividades lo cual deriva en una pérdida económica ya que aumenta el tiempo de desarrollo de una actividad.

Falta control de calidad. - Son los errores de diseño, medidas que causan un desajuste en los planos pueden ser de diseño o estructurales que derivan en un desarrollo incorrecto que tendrá como consecuencia la repetición de la actividad.

Calidad Mano de Obra. - Es la contratación de mano de obra poco calificada que no garantiza el correcto desarrollo de las actividades dando como resultado en una demora en las actividades realizadas con la posibilidad de que estas deban repetirse para garantizar su calidad.

2.2._ Ley de Pareto

La ley o principio de Pareto describe el fenómeno estadístico en el que una pequeña parte de la población contribuye a la mayor parte del efecto, recibe su nombre en honor a Vilfredo Pareto quien lo enunció por primera vez en 1986 como parte de su curso de economía política, la ley se basa en un conocimiento empírico en base a un estudio de la propiedad de la tierra en Italia descubriendo que el 20% de los propietarios poseían el 80% de las tierras. Pareto aplicó su principio únicamente a estudios de riqueza, pero la aplicación universal la realizó Josep Juran quien aplico la relación 80/20 a otros campos.

La Ley de Pareto permite trabajar con grandes volúmenes de información, la Ley de Pareto también es conocida como la ley 80/20 en base a que el 80% del resultado lo genera el 20% de las causas, el 80/20 es la relación matemática entre las variables de causa y efecto.

La ley establece que *"20% de algo siempre es responsable del 80% de resultados"* (Pareto,1986). La ley no es exacta ya que está basada en un conocimiento empírico, en ocasiones las proporciones pueden variar llegando a ser 70/30 pero siempre se mantiene la premisa que hay un "poco" que representa un "mucho".

La ley proporciona varias ventajas y beneficios reduciendo esfuerzo y tiempo en gestionar ese 20% que permitirá controlar el 80%, una de las principales ventajas que ofrece la ley de Pareto es la posibilidad de administrar el tiempo y direccionarlo a las

actividades que proporcionan la mayor cantidad de resultados, en síntesis, la ley permite descubrir aspectos prioritarios que deben ser atendidos para lograr un objetivo o resolver un problema determinado.

2.3._Lineamientos de la Construcción tradicional

La construcción tradicional puede ser definida como el sistema de construcción más difundido a lo largo de la historia en el cual la mayoría de trabajos realizados son "in situ" es decir realizados en la obra en función de las necesidades que ésta va adquiriendo, para materializar cualquier obra civil dentro del campo de la construcción tradicional los trabajos son realizados de forma manual esto bajo los parámetros convencionales genera una gran cantidad de pérdidas tanto en tiempo como en material y es conocido que en el ámbito de la construcción las pérdidas tanto de tiempo como materiales derivan en pérdidas económicas que reducen la rentabilidad del proyecto.(Saenz,2017)

Otro punto importante de la construcción tradicional está sujeta a que la producción de la mayoría de sus trabajos o actividades sean realizados en la obra misma, estas tareas deben ser realizadas por un personal calificado en la mayoría de los casos dentro de los lineamientos de la construcción tradicional esto no sucede dado que la mayoría de los oficiales tienen un conocimiento empírico el cual es usualmente heredado. El sistema constructivo tradicional está regido por la improvisación y el uso de herramientas primitivas al momento de realizar cualquier obra civil, estos dos factores que dominan el sistema constructivo tradicional son los principales causantes de las falencias de éste, volviéndolo un sistema lento y de baja rentabilidad cuando se lo implementa en el desarrollo de un proyecto. (Saenz,2017)

En síntesis, la construcción tradicional se basa en realizar sus partes de forma unitaria según el avance del proyecto lo que da como resultado un alto porcentaje de

pérdidas en materiales junto con una alta inversión de mano de obra por improvisaciones en el desarrollo del trabajo y el bajo rendimiento por el uso de herramientas primitivas. Los trabajos son ejecutados en condiciones inseguras las cuales obligan a los operarios a fragmentar su atención para realizar la tarea y simultáneamente resguardar su integridad física. (Saenz,2017)

El conjunto de todos los factores que existen en la construcción tradicional da como resultado otro problema en el sistema de construcción tradicional el cual es el retraso por requerir una sucesión obligada de operaciones ya que varias de las actividades no pueden realizarse simultáneamente este problema genera no solo pérdidas de tiempo también genera pérdidas económicas en la obra.

2.3.1._ Lineamientos Construcción Tradicional en Ecuador

La construcción tradicional en el Ecuador no ha sufrido grandes cambios desde que se formalizó durante la conquista española y principios de la República, la construcción tradicional se basaba en el uso de materiales como la piedra o el ladrillo luego se fue introduciendo sistemas más elásticos, menos rígidos y pesados esto como sistema de respuesta ante los movimientos sísmicos, esto se mantuvo hasta finales del siglo XIX y principios del siglo XX la recuperación económica del país provocó una innovación en la construcción debido a la necesidad de grandes edificios administrativos. A mediados del siglo XX se cambió el tradicional adobe en viviendas a los sistemas de mampostería y hormigón armado que perduran hasta el día de hoy. (Reyes,2018)

En la actualidad varios problemas del sistema de construcción aún se mantienen en el Ecuador, entre los más comunes esta la falta de organización al momento de realizar la obra, la mala logística esto provoca un significativo aumento de los tiempos muertos en la obra. debido a que los materiales usualmente están ubicados a grandes

distancias de los puntos en los que se realiza el trabajo, el tiempo que le toma a un oficial recorrer las distancias del punto de trabajo al punto donde se encuentran los materiales es considerado un tiempo muerto, de igual forma la falta de oficiales y operarios calificados generan un gran retraso en la obra esto se debe a una falta de conocimiento en los procesos constructivos que se deben realizar, esto deriva en un aumento del tiempo y una baja productividad causando así un aumento de gastos y menor rentabilidad del proyecto, estos dos factores junto a una mala planificación desde el anteproyecto en la que no se consideran variables que son muy comunes dentro del campo de la construcción en el Ecuador las cuales son los posibles retrasos por el clima o debido a una falta de recursos económicos para el desarrollo de la obra.

En el campo de la construcción tradicional en el Ecuador los problemas que más se presentan es la falta de planificación, en campos de transporte y compra de materiales es muy común que en una obra realizada bajo la construcción tradicional no se realice una cuantificación de la cantidad de materiales que van a ser necesarios en cada etapa durante el desarrollo del proyecto, por este motivo es común que la cantidad de materiales adquirida sea insuficiente lo que da como resultado en un aumento del tiempo no contributivo de la obra y deriva en una pérdida económica debido a que la cantidad de transporte necesaria se duplica.

En la construcción tradicional no se busca la optimización de procesos por lo que varios procesos constructivos se siguen realizando con trabajadores de forma manual, lo cual no permite realizar los procesos de manera óptima evitando que se pueda registrar un aumento en la productividad de la obra.

Todos estos factores son los lineamientos que forman parte de la construcción tradicional haciendo de esta un proceso demoroso y no tan rentable como puede llegar a

ser, debido a esto se busca una racionalización de la construcción implementando nuevas filosofías de construcción para un mejor desarrollo de las obras civil.

2.4_ "*Lean*"

El concepto de "*Lean*", es una filosofía que se ha ido adoptando a lo largo de los años y se ha consolidado por los buenos resultados en diferentes tipos de industrias, esta filosofía busca: reducir los desperdicios, aumentar la velocidad de producción y la mejora continua innovando día a día.

La filosofía "*Lean*" fue desarrollada en Japón en la década de 1950 principalmente para la implementación en sectores de fabricación industrial y automovilístico, pero poco a poco está se ha ido utilizando en otros campos llegando incluso al mundo empresarial y al sector de la construcción, esto se da ya que esta filosofía obtuvo una gran popularidad y esto hizo que no solo este centrada en empresas dedicadas a la manufactura.

Con todo este desarrollo que ha atravesado "*Lean*" en las últimas décadas y con su transición a áreas como servicios, comercio, sector público y privado, entre otros, este se desarrolló y busco la mejora continua en materia de seguridad, calidad, tiempos de entrega y los costos finales del producto.

2.4.1._Objetivos de la filosofía "*Lean*"

"*Lean*" define objetivos muy claros los cuales nos conducen al desarrollo e implementación de la filosofía de manera correcta. Los mismos que de acuerdo con Pinto (2014) son:

→ Calidad total inmediata. - ir en busca de "cero defectos", y la detección y solución de problemas en la fuente.

- → La minimización de residuos. - eliminación de todas las actividades que no tienen redes de valor añadido y de seguridad, el uso de la optimización de los escasos recursos (capital, gente y espacio).
- → La mejora continua. - reducir los costos, mejorar la calidad, aumentar la productividad y el intercambio de información
- → Procesos "*pull*" - los productos son retirados por el cliente final, y no empujados hasta el final de la cadena de producción.
- → Flexibilidad. - producir rápidamente un montón de diferente variedad de productos sin comprometer la eficiencia debido a menores volúmenes de producción.
- → Construir y mantener una relación a largo plazo con los proveedores que toman acuerdos para compartir los riesgos, los costos y la información.

2.4.2._Evolución de la filosofía “Lean”

Los inicios de la filosofía “*Lean*” se remonta a Japón en operaciones industriales, esto nació como un conjunto de herramientas y prácticas que consiste en una aplicación conjunta entre gerencia y trabajadores con el fin de eliminar desperdicios y buscar que los procesos de producción sean más eficientes y por ende se mejore la calidad y los precios de producción sean menores, siempre manteniendo e incluso mejorando la calidad y fiabilidad del producto.

Una de las primeras factorías en aplicar esta filosofía es Toyota Motors y hasta hoy en día la calidad y el rendimiento de sus autos es uno de los mayores atractivos en el mercado automovilístico en el mundo, siendo una de las marcas más cotizadas y siguen perfeccionando sus técnicas empresariales las cuales van aplicando por más de cinco décadas.

Gracias a los buenos resultados, estas técnicas han ido emigrando a otros campos laborales y hoy en día la filosofía "Lean" se ha logrado instalar en casi todos los principales sectores económicos y financieros y la construcción no ha sido la excepción.

2.4.3._ "*Lean Production*"

Según Pinto (2014) el "*Lean Production*" tiene puntos claves como:

- → Detectar y eliminar todos los defectos hasta llegar a una calidad total.
- → Optimizar los recursos (Personal, capital, espacio) y minimizar los residuos, alcanzando esto mientras se elimina las actividades que no poseen valor añadido.
- → Mejora continua, buscando reducir los costos de producción, aumentando la calidad y mejorando la productividad.
- → Cambiar la filosofía de producción a una filosofía "*Pull*".
- → Desarrollar una base de datos de proveedores variados los cuales puedan cumplir con el ritmo de trabajo, riegos, costos y retos en la producción.
- → Flexibilizar procesos y siempre estar abiertos a una variedad de procesos y productos que nos pueda ayudar a mejorar el volumen de producción

El "*Lean Production*" es una filosofía de trabajo la cual se base en sistemas de producción y su objetivo es buscar la calidad total, optimizando recursos, eliminando pérdidas y reduciendo los tiempos de producción con un aprendizaje diario para una mejora continua. De acuerdo con Torres (2018) el "*Lean*" se basa en los siguientes sistemas de producción:

- → Gestión de calidad Total
- → Mejora continua ("*Kaisen*")
- → Teoría de restricciones
- → Reingeniería de procesos

2.4.4._Principios de producción y gestión

Uno de los aspectos más relevantes que comparten el sector constructivo con la filosofía "*Lean*" es la importancia que tiene la producción y gestión, pero una de las grandes diferencias de los mismo es que "*Lean*" se centra en el valor del producto más que en el costo propio del mismo, su principal función es eliminar todo proceso o factor que no agregue valor a la producción o procesos del mismo. Aquí es donde entra la gestión empresarial la cual juega un papel muy importante para poder mejorar la producción de un producto final.

2.4.5._Desarrollo y diseño de productos

Para el diseño y desarrollo de productos se fundamentó en el siguiente principio "los fabricantes "Lean" han desarrollado sistemas para el desarrollo de productos que primero identifican el producto correcto (en términos de necesidades del cliente), y luego lo diseñan correctamente para que pueda ser fabricado eficientemente". (Cuatrecasas, L, 2012, pág. 70)

2.4.6._ "*Lean Construction*"

Como ya se describió, con el paso del tiempo la filosofía "*Lean*" ha ido llegando a más campos y le construcción no ha sido la excepción, así nace el "*Lean Construction*" la cual es una combinación de años de investigación y desarrollo práctico aplicado a la construcción está hace referencia a las diferentes etapas de un proyecto de esta envergadura, ya que empieza a ser aplicado desde la concepción del proyecto o consultoría hasta su etapa de construcción.

Según Villaseñor (2013), "la construcción "*Lean*" es una forma de diseñar sistemas de producción para minimizar el desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzo para generar la máxima cantidad posible de valor" (pág. 184).

Una de las grandes diferencias entre el "*Lean Production*" y el "*Lean Construction*" es que en éste la filosofía debe estar aplicada al desarrollo de proyectos, buscando mejoras continuas en todas las fases del proyecto: Diseño, construcción, operación y mantenimiento. Esto genera una mejora en la administración lo que deriva a resultados de costos más bajos y valores más altos y apegados a las necesidades del cliente.

Es importante tener presente que la implementación del "*Lean Construction*" considera varios enfoques en los proyectos de construcción, como: gestión de tiempo, gestión de mano de obra, gestión de materiales, entre los más básicos. Una vez considerado todo esto lo que se busca es establecer sistemas de producción en las construcciones las cuales nos garanticen buena calidad, en menores plazos de tiempos y con menos recursos.

2.4.7._Proyecto

Proyecto es una actividad, la cual tiene un tiempo definido, un incio y un final, en donde se lleva a cabo diferentes tipos de actividades utilizando recursos para poder obtener un resultado, producto o servicio.

En el sector de la construcción todo se maneja mediante proyectos, esto se da ya que toda construcción es única y debe ser manejada como tal, en los proyectos de construcción desde su concepción, diseño, construcción y hasta su fase de operación se debe manejar mediante una planificación y monitoreo único para poder alcanzar los objetivos del proyecto.

2.4.8._Gerencia de Proyectos

(Monsalve, 2018)." El PMI define la gerencia de proyectos como «la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos de éste». Partiendo de esta definición se pueden

identificar algunas competencias que trazan el comportamiento del gerente de proyectos: debe ser una persona con liderazgo capaz de tomar buenas decisiones enfocado en los resultados y con una gran habilidad técnica que le permite trabajar bajo presión" (pág. 22).

La gerencia de proyectos es un conjunto de herramientas y equipos multidisciplinarios, el cual busca desarrollar habilidades y obtener experiencia para poder lograr los objetivos planteados en los proyectos y metas propias de la compañía.

2.4.9._Gestión de Proyectos

Martínez (2012), "la gestión de proyectos es la disciplina de iniciar, planificar, ejecutar, controlar y cerrar el trabajo de un equipo para alcanzar objetivos específicos y cumplir con criterios específicos de éxito" (pág. 64).

La gestión de proyectos es el conjunto de técnicas, prácticas y experiencias, con las cuales buscamos desarrollar una metodología para obtener habilidades que nos sirvan para terminar u obtener mejores resultados en nuestros proyectos

(Guamán, 2018), "Tradicionalmente (dependiendo de qué metodología de gestión de proyectos se utiliza), la gestión de proyectos incluye una serie de elementos: cuatro a cinco grupos de procesos de gestión de proyectos y un sistema de control. Independientemente de la metodología o terminología utilizada, se utilizarán los mismos procesos básicos de gestión de proyectos o etapas de desarrollo. Los principales grupos de procesos generalmente incluyen:" (pág. 12).

- → Iniciación
- → Planificación
- → Producción o ejecución
- → Monitoreo y control

→ Clausura o fin de la Obra

2.5._ Metodología Utilizada

2.5.1_ Encuesta de conocimiento Filosofía "*Lean Construction"*

2.5.1.1_ Número aproximado de encuestados

En el Muestreo Aleatorio todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser elegidos, el Muestreo Aleatorio Simple (MAS) es el método que proporcionara una cantidad aproximada de participantes que debemos considerar para tener una muestra representativa del universo de análisis con un nivel de confianza deseado, adicionalmente el MAS permite una reducción de costo y aumenta la rapidez del estudio (Casal 2003).

En base a un Muestreo Aleatorio Simple se obtuvieron los siguientes resultados

$N = 450$ *Universo Ingenieros Civiles de Chimborazo*

$P = 0.2$ *Probabilidad de Variables*

$Q = 0.8$ *Individuos que no cumplen las caracterisiticas*

$E = 0.15$ *Margen de Error* 15 %

$Z = 1.645$ *Factor de Confiabilidad*

$$n = \frac{Z^2 \cdot P \cdot Q \cdot N}{Z^2 \cdot P \cdot Q + E^2(N-1)}$$

$$n = \frac{1.645^2 \cdot 0.2 \cdot 0.8 \cdot 450}{1.645^2 \cdot 0.2 \cdot 0.8 + 0.15^2(450-1)} = 17.23 \approx 17$$

2.5.2_ Encuesta Realizada

La encuesta se realizó con el propósito de conocer el porcentaje de Ingenieros Civiles de la provincia de Chimborazo que tienen conocimiento de la Filosofía "*Lean Construction*" y que herramientas de esta han implementado en sus diferentes proyectos.

La encuesta realizada toma en consideración el número de años de experiencia por parte de cada uno de los encuestados esto permite el identificar si las diferentes filosofías de gerencia de proyectos como "*Lean Construction*" han sido acogidas aun por los profesionales con una mayor cantidad de años de experiencia. La encuesta realizada se la presenta a continuación.

2.5.2.1._ Formato de Encuesta Usado

Indique cuantos años de experiencia lleva en el sector de la construcción
0-5 años ☐ 5-10 años ☐ 10-15 años ☐ 15-20 años ☐ 20-25 años ☐ mas de 25 años ☐
Seleccione los tipos de perdidas que considera usted son los mas importantes en el desarrollo de una obra
Tiempos Muertos ☐ Falta de Planificación en Transporte ☐ Falta de Equipo mínimo o adecuado ☐ Falta de planificación en materiales ☐ Defectos de Calidad en Materiales ☐ Falta de Mano de Obra Calificada ☐ Falta de control de calidad en mano de obra ☐
Alguna vez ha leído, escuchado o investigado sobre la filosofía "*Lean Construcción*"
Si ☐ No ☐
Si su respuesta anterior fue "si" usted ha aplicado la filosofía "*Lean Construction*" en el desarrollo de algún proyecto
Si ☐ No ☐
Si ha implementado la filosofía "Lean Construction" indique que herramientas y técnicas ha utilizado en el desarrollo de sus proyectos

Gráfico 1 Plantilla Encuesta Realizada-Elaboración Propia

En el Gráfico 1 se presenta el formato de la encuesta que fue realizada a Ingenieros Civiles la encuesta evalúa los años de experiencia de cada uno de los encuestados y el conocimiento de estos sobre la filosofía "*Lean Construction"*

2.5.3._Resultado obtenidos de la Encuesta

a) Indique cuantos años de experiencia lleva en el sector de la construcción

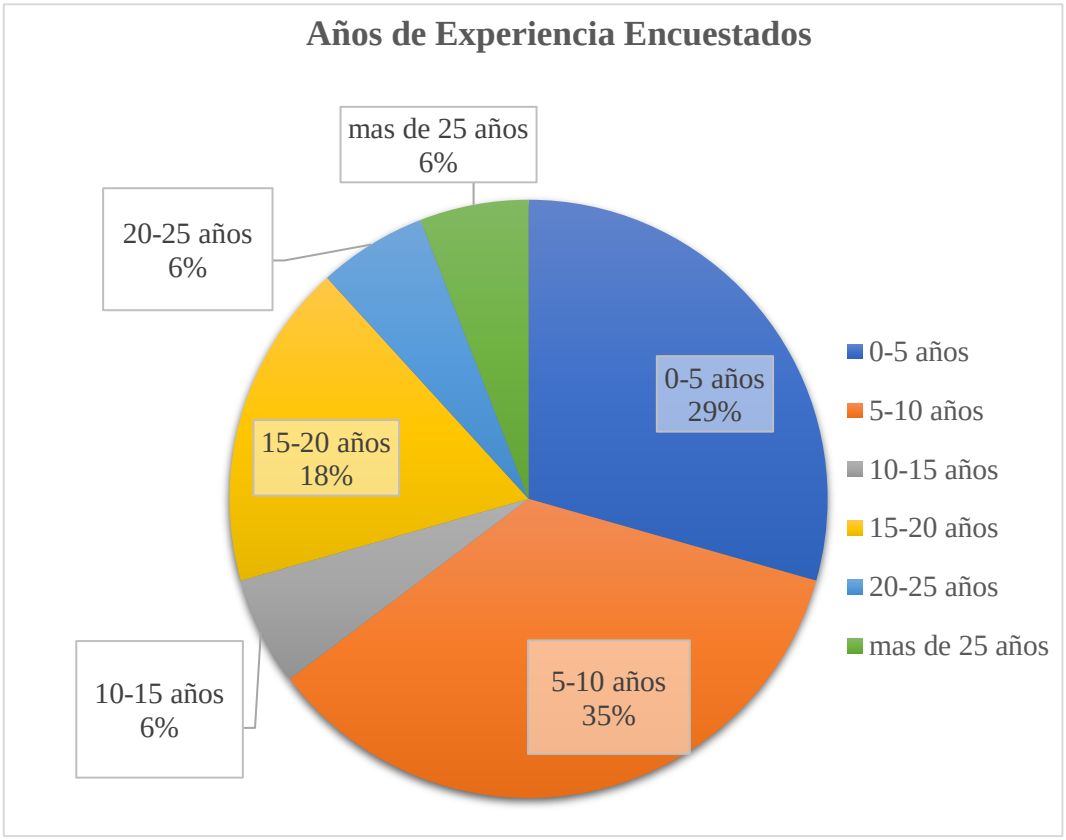


Gráfico 2 Resultados Pregunta 1-Elaboración Propia

En la pregunta número 1 se pudo identificar los rangos de años de experiencia en la cual se encuentran los profesionales encuestados en base a los resultados obtenidos mostrados en el Grafico 2 se tiene que: el 29% tiene de entre 0 y 5 años, el 35% entre 5 y 10 años, el 6% entre 10 y 15 años, el 18% entre 15 y 20 años de experiencia, un 6% tiene entre 20 y 25 años y el 6% restante tiene más de 25 años de experiencia.

b) Seleccione los tipos de pérdidas que considera usted son los más importantes en el desarrollo de una obra

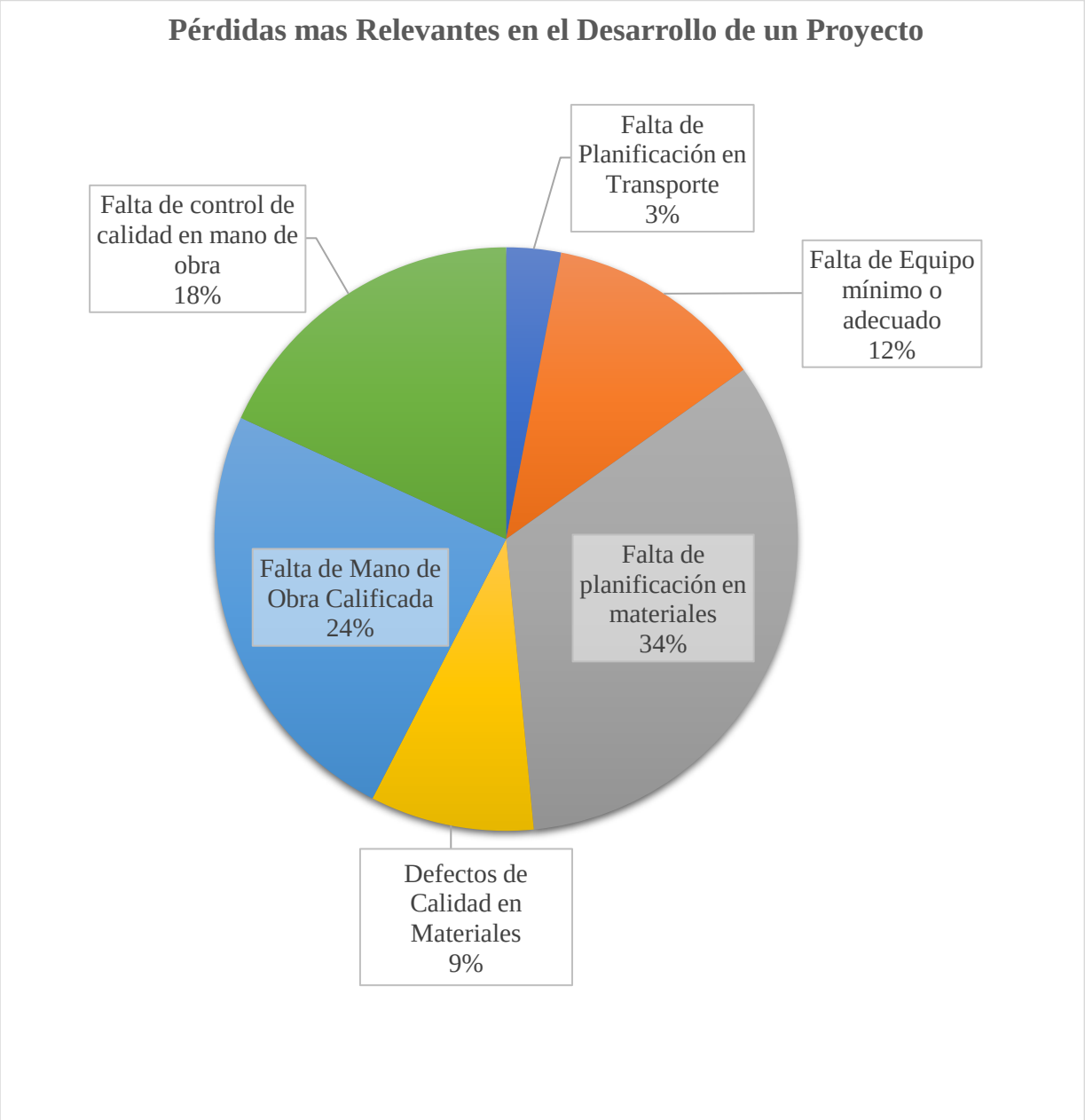


Gráfico 3 Resultados Pregunta 2-Elaboración Propia

En base a las respuestas obtenidas en la respuesta número 2 se obtuvo las que los diferentes profesionales encuestados consideran que las pérdidas más relevantes en el desarrollo de un proyecto son: el 34% es debido a la falta de planificación en materiales el 24% es la falta de mano de obra calificada, 18% es la fata de control, 12% es la falta de equipo mínimo o adecuado, un 9% debido a defectos en los materiales y únicamente un 3% debido a la falta de planificación en transporte.

c) Alguna vez ha leído, escuchado o investigado sobre la filosofía "*Lean Construcción*"

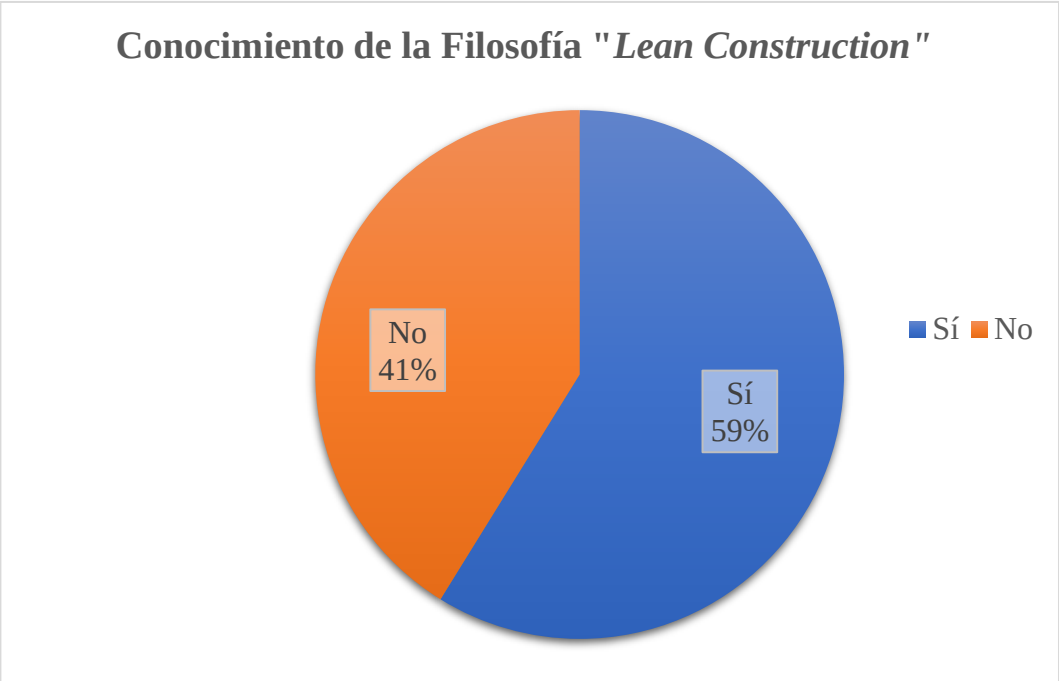


Gráfico 4 Resultados Pregunta 3-Elaboración Propia

Con la respuesta obtenida en la pregunta número 3 se pudo conocer que el 59% de los encuestados tienen conocimiento sobre la Filosofía "*Lean Construction"* mientras que el 41% restante nunca ha escuchado de ella

d) Si su respuesta anterior fue "si" usted ha aplicado la filosofía "*Lean Construction*" en el desarrollo de algún proyecto

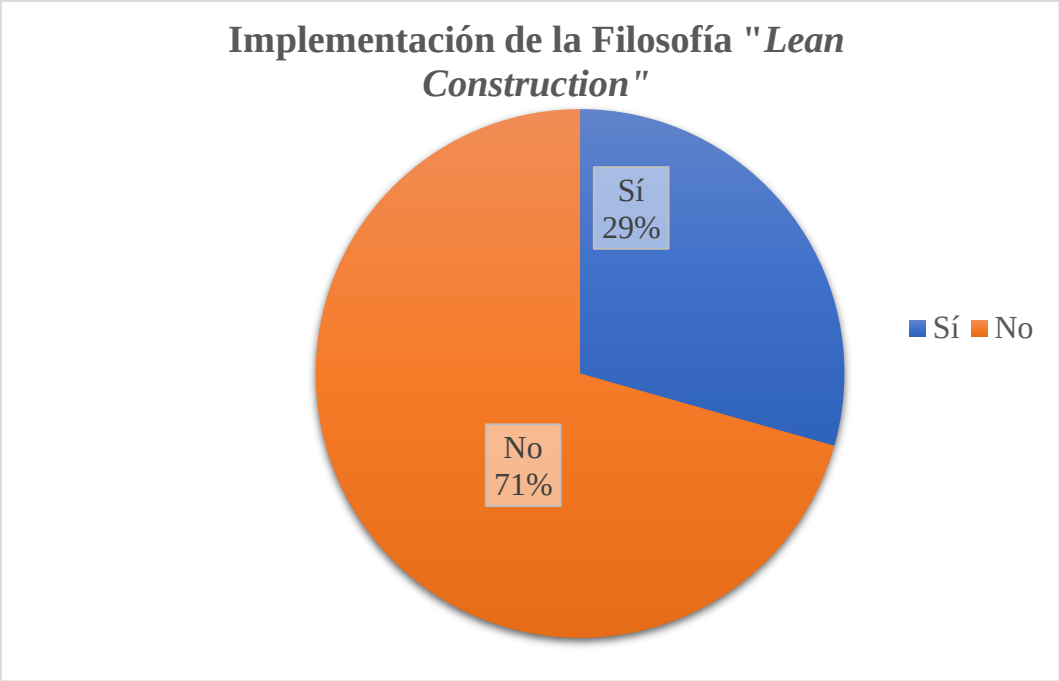


Gráfico 5 Resultados Pregunta 4-Elaboración Propia

Con la respuesta obtenida en la pregunta número 4 se pudo conocer que únicamente el 21% de los profesionales encuestados ha implementado la Filosofía "*Lean Construction"* en el desarrollo de sus proyectos mientras que el 71% restante de los encuestados nunca ha usado esta filosofía.

e) Si ha implementado la filosofía "*Lean Construction*" indique que herramientas y técnicas ha utilizado en el desarrollo de sus proyectos.

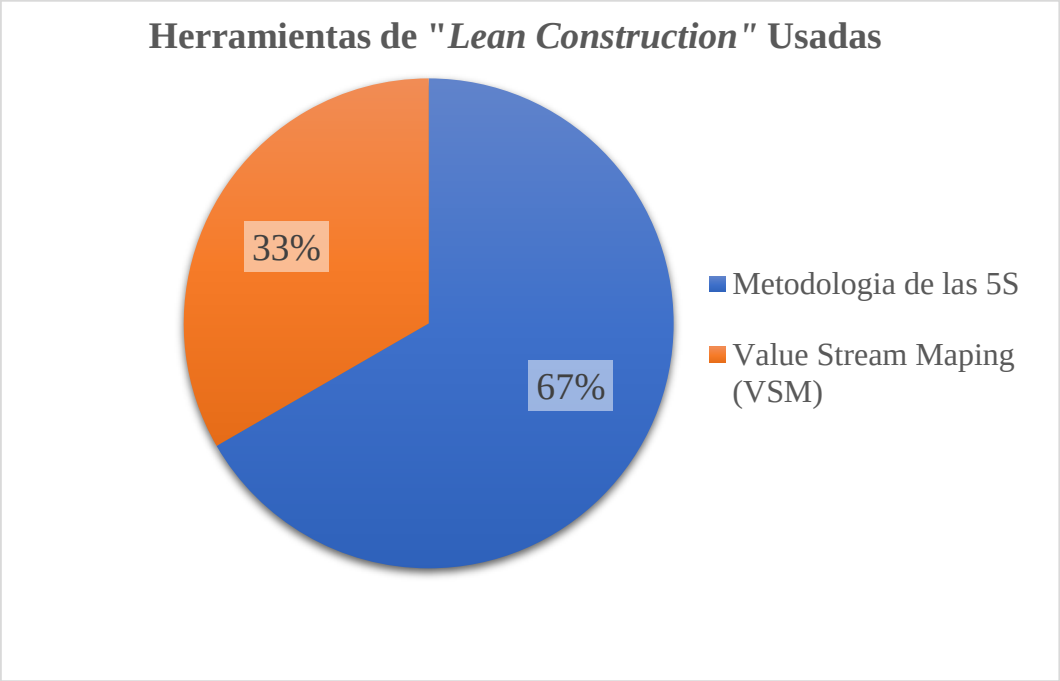


Gráfico 6 Resultados Pregunta 5-Elaboración Propia

En base a las respuestas obtenidas se identificó las herramientas que son más usadas por los profesionales encuestados que han aplicado la filosofía "*Lean Construction"* un 33% hace uso de la herramienta "*Value Stream Mapping"* y un 66% usa la herramienta conocida como metodología de las 5S.

2.5.4._ Medición de Tiempos

Para la medición de los diferentes tiempos se utilizó la técnica denominada como prueba de los cinco minutos la cual nos permite por medio de la observación lograr una estimación de manera porcentual de cuánto tiempo le toma a un trabajador realizar una actividad y como se divide este tiempo. La prueba de los cinco minutos fue aplicada a cada cuadrilla que realizó los rubros previamente definidos en el Capítulo 3 bajo la Ley de Pareto.

La herramienta utilizada para la medición del tiempo bajo la técnica de prueba de cinco minutos es la plantilla que se muestra a continuación, la prueba fue realizada a un integrante por cuadrilla que participó en el desarrollo de cada rubro. Los tiempos obtenidos serán proyectados a cada cuadrilla dependiendo el número de integrantes que está sujeto al rubro que se encuentre en desarrollo.

Proyecto: *Trabajo de titulación Guamán -Zambrano* Observador: Obra: *Mejoramiento vial calle Javier Donoso entre calle 12 de octubre y 11 de noviembre*			
Fecha:			**Hora de inicio:**
Actividad			**Hora de Finalización:**
Oficio:			
Tiempo productivo		Observaciones:	
Tiempo contributivo		Observaciones:	
Tiempo no contributivo		Observaciones:	
Comentarios			

Gráfico 7 Plantilla Prueba 5 Minutos-Elaboración Propia

2.5.5._ Herramientas "*Lean*" Utilizadas

Para poder implementar la filosofía "Lean Construction" se tiene varias herramientas y principios los cuales nos sirven para poder desarrollar está filosofía en nuestros proyectos, cabe recalcar que, para poder implementar la filosofía en los casos particulares, no es necesario aplicar todas las herramientas, esto depende del tipo de proyecto (Costo, duración, equipo técnico, etc.) y la experiencia de la empresa con los mismos, las herramientas "Lean" más conocidas son las siguientes:

→ "*Value Stream Mapping*" (VSM)

→ Método de las 5S

→ Visual Management o Gestión Visual

→ Ciclo PDCA.

→ Técnica de los 5 "Por qué"

→ "*Last Planner Sistem*"

Estas son las herramientas más comunes que se aplican para desarrollar el "Lean Construction", para el pleno desarrollo de todas estas herramientas es necesario el uso de varias técnicas, toma de datos o de aplicación, entre las más comunes tenemos:

→ Planillas de inspección u hojas de verificación

→ Diagramas causa – efecto (Diagrama de Ishikawa)

→ Diagramas de control

→ Diagramas de flujo

→ Histograma

→ Diagramas de Pareto

→ Diagramas de dispersión

En nuestra aplicación se utilizó dos herramientas, las cuales son: “Método de las 5S” y “Ciclo de PDCA”, decidimos utilizar estos dos métodos ya que estos son los que más se adaptaron a nuestro tipo de proyecto, a estas herramientas las complementamos con la técnica de planillas de inspección.

2.3.5.1._Método de las 5S

El método de las 5S nació en Japón, y se componen de 5 principios los cuales en japonés todos estos comienzan con la letra S, de ahí su nombre. Este es una herramienta que busca limpieza y orden, esta puede ser aplicada en proyectos, empresas, incluso en la vida cotidiana y es una herramienta muy práctica ya que puede ser aplicada individualmente o en equipo, a la final lo que busca las 5S es mejorar la productividad y producción.

Al ser una herramienta japonésa al igual que la filosofía “Lean” se puede ver ciertas similitudes entre estos dos conceptos e incluso las 5S es una herramienta para implementar “Lean” en nuestros proyectos. En resumen, las 5S buscan. “Un lugar para todo y todo en su lugar”.



Gráfico 8 Mapa Conceptual 5S-Elaboración Propia

2.5.5.2._Objetivos de las 5S

→ Identificar ineficiencias y problemas

→ Disminuir tiempos muertos o tiempos de espera

→ Aumentar la motivación y reducir la frustración en la empresa o proyecto

→ Reducir costos y tiempo

→ Mejorar la calidad y aumentar los estándares de esta

→ Aumentar la seguridad

2.5.5.3._Beneficios de las 5S

→ Aumenta y fomenta la organización, orden y la creatividad en el trabajo

→ Hace que el trabajo sea más grato y satisfactorio

→ Ayuda a vencer y erradicar frustraciones y obstáculos laborales

→ Ayuda a tener una visión más clara y conocer los resultados de lo que se espera del trabajo

→ Ayuda a disminuir la variabilidad e incertidumbre

→ Aumenta y mejora la comunicación

→ Disminuye plazo de entrega, mejora la rentabilidad y aumenta la calidad

→ Mejora la productividad, reduciendo costos y conduce a un crecimiento corporativo

2.5.5.4._Definiciones de las 5S

Seiri (Organizar).- El término "*Seiri*" proviene del japonés y es "Organizar y seleccionar", este es el primer paso de las 5S, este es el encargado de identificar todos los recursos del proyecto y organizarlos en necesarios e innecesario y en el caso de los necesarios clasificarlos según su importancia para el proyecto y los innecesarios desecharlos.

Seiton (Ordenar).-El término "*Seiton*" proviene del japonés y es "Ordenar", el segundo paso se refiere que en base al "*Seiri*" obtenemos los recursos necesarios para el proyecto, con estos se establece una ubicación e identificación exacta, para facilitar el rápido acceso a los mismos. Para este paso se utiliza mucho el análisis visual.

Seiso (Limpiar).-El término "*Seiso*" proviene del japonés y es "Limpiar", el tercer paso este busca que todo el espacio que vamos a utilizar se encuentre limpio y en óptimas condiciones para no generar retrasos u accidentes.

Seiketsu.-El término "*Seiketsu*" proviene del japonés y es "Estandarizar", el cuarto paso se asemeja mucho a un control de calidad, el cual busca controlar todos los procesos en el proyecto, en base a los tres principios anteriores y ver los que están desarrollándose de manera correcta y buscar su estandarización.

Shitsuke.-El término "*Shitsuke*" proviene del japonés y es "Diciplina" y es el quinto y último paso y esta trata sobre la aplicación de las 4S anteriores para poder elaborar un plan de mejora continua, es importante tener en cuenta que este paso debe ser muy riguroso ya que si este falla, el método de las 5S pierde eficacia.

2.5.5.5._ Gemba y Genchi Genbutsu

Para aplicar el método de las 5S, es importante la visita al "*Gemba"*. Ya que es necesario entender y empaparnos en primera persona del proyecto, ya que no se visualizará ni comprenderá de la mejor manera si solo nos basamos en datos y opiniones de los demás.

Gemba.-Lugar en donde ocurre o desarrolla el proyecto, el término refiere a la visita personal del proyecto y percatar por uno mismo, los puntos fuertes a mejorar y los débiles a trabajar.

Genchi Genbutsu.-Este término es complementario al Gemba y hace referencia que el estar en el lugar donde ocurren las cosas, compromete la observación, apreciación y palpar el desarrollo del proyecto o empresa, esto con el fin de detectar cosas a mejorar y cosas a eliminar

2.5.4.2_ Metodología P.C.D.A

La metodología P.C.D.A es una estrategia que busca una mejora continua que se fundamenta en cuatro pasos esta metodología tiene un gran impacto en los sistemas de gestión de calidad. Las siglas P.C.D.A son un acrónimo correspondiente a la traducción en ingles de Planificar, Hacer, Verificar, Actuar (Empresas, 2012)

Los resultados de la implementación de la metodología de mejora continua P.C.D.A son un aumento en la eficiencia y efectividad con la que son realizadas las diferentes actividades en un proceso de producción.

Planificar (*Plan*).-Establece los objetivos y procesos necesarios para obtener un resultado esperado. Busca basar las acciones a realizar en un resultado esperado, las principales acciones que se realizan en este paso son:

→ Identificar procesos que se desean mejorar

→ Detallar especificaciones de resultados esperados

→ Definir los procesos necesarios para conseguir los objetivos

Hacer (*Do*).-Durante este paso es donde se implementan los distintos procesos que fueron previamente definidos en el paso anterior (Planificar). Se debe recolectar datos que generen indicadores de rendimiento para ser usados posteriormente. Este paso debe tener previamente definidas fechas de inicio y culminación.

Verificar (*Check*).-Este paso se desarrolla posterior al paso previo (Hacer),en este paso se monitorea la implementación del plan de ejecución definido en el paso (Planificar)

durante este paso se recopila datos que nos generan indicadores y se los compara con los objetivos iniciales, se refiere si el proceso está siguiendo el curso adecuado y se evalúa si se ha producido una mejora.

Actuar (*Act*).-Posterior a la documentación de todo el desarrollo de la actividad y en base a los indicadores generados se deben realizar las siguientes actividades

- → Si se detectaron errores, realizar un nuevo ciclo P.D.C.A
- → Si no se han detectado errores continuar con el mismo proceso y aplicarlo a mayor escala de ser posible
- → Si hay errores a gran escala abandonar el proceso y repetir el P.D.C.A
- → Ofrecer retroalimentación al primer paso (Planificar)

En el campo de la construcción la metodología P.C.D.A es considerada como una herramienta de mejora dentro de la filosofía *"Lean Construction"*, al momento de implementar este sistema de mejora continua en desarrollo de una obra civil se obtiene como resultado aumentos en el rendimiento y productividad en cada actividad perteneciente a un rubro de la obra civil lo cual genera una reducción de costos al disminuir el tiempo necesario por actividad dando como resultado mayor rentabilidad para la organización contratista.

Mediante el uso de la metodología P.C.D.A la organización contratista puede establecer objetivos a un plazo definido y haciendo uso de distintos indicadores de rendimiento y productividad para verificar si estos fueron logrados. Los objetivos que fueron cumplidos se someten a un monitoreo *(Check)* en la que se controla el desempeño y se modifican las acciones que no tiene un desempeño óptimo, por este motivo se considera que la metodología P.C.D.A es un proceso de mejora continua.

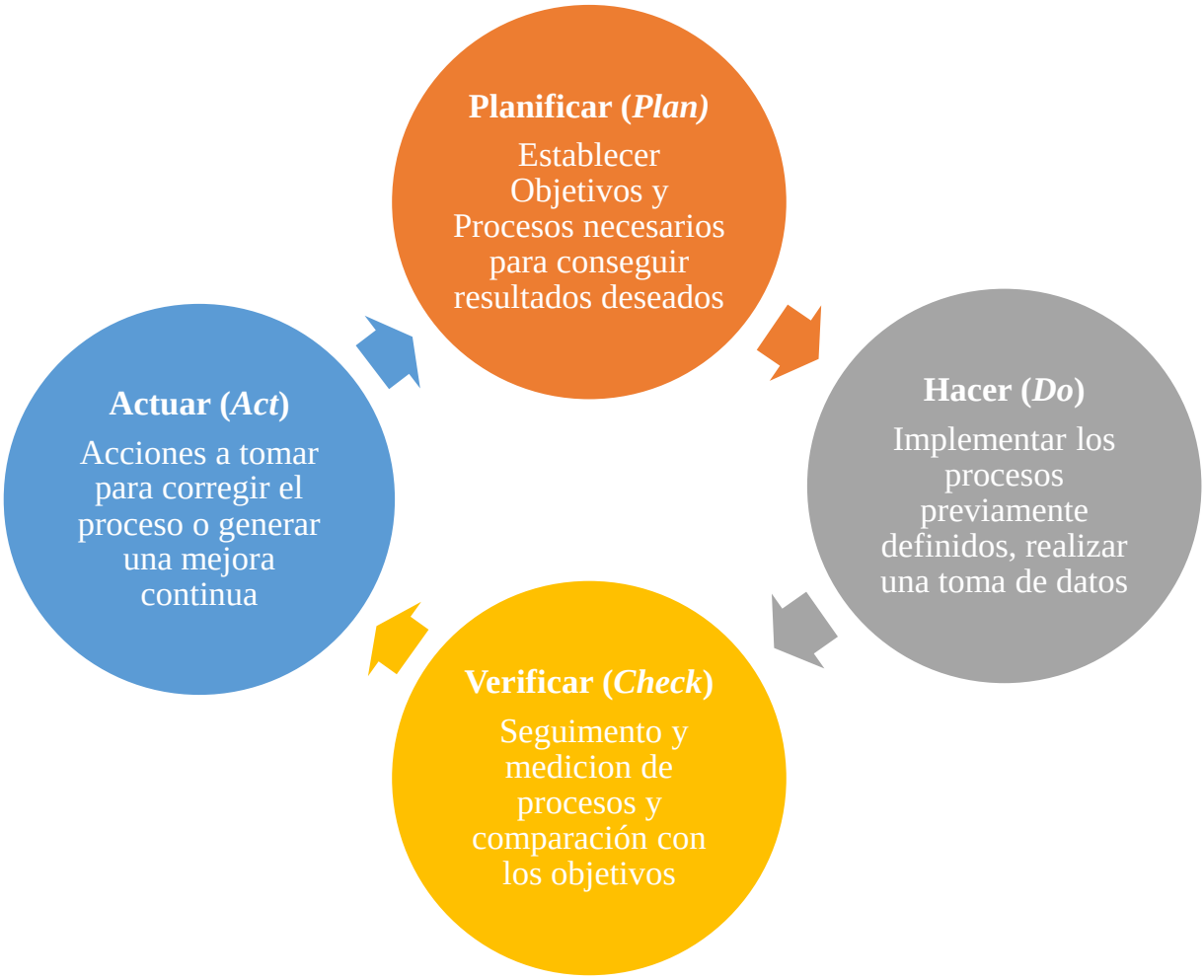


Gráfico 9 Mapa Conceptual PDCA-Elaboración Propia

CAPÍTULO III.- SELECCIÓN DE RUBROS MÁS RELEVANTES

3.1._Ley de Pareto

La ley o principio de Pareto describe el fenómeno estadístico en el que una pequeña parte de la población contribuye a la mayor parte del efecto, recibe su nombre en honor a Vilfredo Pareto quien lo enuncio por primera vez en 1986 como parte de su curso de economía política, la ley se basa en un conocimiento empírico en base a un estudio de la propiedad de la tierra en Italia descubriendo que el 20% de los propietarios poseían el 80% de las tierras. Pareto aplico su principio únicamente a estudios de riqueza, pero la aplicación universal la realizó Josep Juran quien aplico la relación 80/20 a otros campos

La Ley de Pareto permite trabajar con grandes volúmenes de información, la Ley de Pareto también es conocida como la ley 80/20 en base a que el 80% del resultado lo genera el 20% de las causas, el 80/20 es la relación matemática entre las variables de causa y efecto.

La ley establece que *"20% de algo siempre es responsable del 80% de resultados"* (Pareto,1986). La ley no es exacta ya que está basada en un conocimiento empírico, en ocasiones las proporciones pueden variar llegando a ser 70/30 pero siempre se mantiene la premisa que hay un "poco" que representa un "mucho".

La ley nos proporciona varias ventajas y beneficios, reduciendo nuestro esfuerzo y tiempo en gestionar ese 20% que nos permitirá controlar el 80%, una de las principales ventajas que nos ofrece la ley es la posibilidad de administrar nuestro tiempo y direccionarlo a las actividades que facilitaran mayor cantidad de resultados, en síntesis, la ley nos permite descubrir aspectos prioritarios que deben ser atendidos para lograr un objetivo o resolver un problema determinado

3.1.2_Análisis de Pareto en el proyecto

Para el análisis del proyecto bajo el principio de Pareto en la selección de rubros más relevantes, se utilizó un cronograma de actividades el cual es el siguiente:

3.1.3._Cronograma valorado de actividades

PROYECTO: MEJORAMIENTO VIAL CALLE JAVIER DONOSO ENTRE CALLE 12 DE OCTUBRE Y 11 DE NOVIEMBRE

CRONOGRAMA VALORADO

ITEM	RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	1 7 Días	2 7 Días	3 7 Días	4 7 Días	5 7 Días	6 7 Días	7 7 Días	8 7 Días	9 4 Días	%
1	REPLANTEO Y NIVELACION	215	0.8	172	172									0.35
2	EXCAVACION DE LA CALZADA	601.56	1.93	1161.0108			812.708	348.303						2.39
3	TERMINACION DE LA SUBRASANTE	2005.2	0.71	1423.692			996.584	427.108						2.93
4	CONSTRUCCIÓN DE SUBBASE COMPACTADA E= 15cm CLASE 3 (INCLUYE TRANSPORTE)	300.78	12.73	3828.9294				3828.93						7.88
5	ADOQUINADO VEHICULAR 400 KG/CM2 + CAMA DE ARENA	2005.2	14.6	29275.92				11710.4	7318.98	7318.98	1463.8	1463.8		60.23
6	BERMA H.S. h=35cm b=15cm f´c=210 kg/cm2	54.69	8.12	444.0828				177.633	111.021	111.0207	22.2041	22.2041		0.91
7	LEVANTAMIENTO DE ADOQUÍN	25	1.51	37.75				37.75						0.08
8	READOQUINADO	25	2.7	67.5				67.5						0.14
9	TANQUERO DE AGUA CONTROL DE POLVO, CAPACIDAD (10 m3)	2	32.71	65.42	32.71	32.71								0.13
10	ROTURA DE BORDILLOS VEHICULARES DE H. SIMPLE	20	0.54	10.8	10.8									0.02
11	ROTURA DE HORMIGON EN ACERAS	10	1.21	12.1	12.1									0.02
12	BORDILLOSVEHICULARES DE H. SIMPLE 180 kg/cm2 20X50 + EXCAVACION	60	14.37	862.2				862.2						1.77
13	EXCAVACION PARA ACERAS	31.07	5.34	165.9138				165.914						0.34
14	ACERAS HORMIGON e=6cm 180kg/cm2 + SUBBASE 10cm COMPACTADA	213.59	11.27	2407.1593				2407.16						4.95
15	REBAJADO Y ALZADO DE CAJAS SANITARIAS + REPOSICIÓN DE TAPA DE REVISIÓN	1	49.75	49.75				19.9	12.4375	12.4375	2.4875	2.4875		0.10
16	REBAJADO Y ALZADO DE CAJAS SANITARIAS	2	22.96	45.92				18.368	11.48	11.48	2.296	2.296		0.09
17	EXCAVACION MECANICA EN SUELO SIN CLASIFICAR	89.97	1.93	173.6421	173.64									0.36
18	RASANTEO FONDO DE ZANJA (Tubería)	82.01	0.97	79.5497	79.55									0.16
19	ENCAMADO DE ARENA (E=10 CM) (Tubería)	49.21	2.68	131.8828	131.88									0.27
20	PROVISION Y COLOCACIÓN DE TUBERIA CORRUGADA PVC 200 MM	82.01	11.91	976.7391	976.74									2.01
21	EMPATE A POZO DE REVISION, INCLUYE ROTURA Y RESANE	9	17.55	157.95	157.95									0.32
22	REBAJADO Y ALZADO DE POZOS	3	40.65	121.95				48.78	30.4875	30.4875	6.0975	6.0975		0.25
23	POZO DE REVISIÓN + CERCO Y TAPA DE H.D	1	683.3223	683.3223	683.32									1.41
24	PROVISION Y COLOCACION DE SUMIDEROS CON REJILLA H.D	9	265.95	2393.55									2393.55	4.92
25	NIVELACIÓN Y REMATE DE SUMIDEROS	2	16.26	32.52									32.52	0.07
26	CAJA DE REVISION (0.60X0.60XHVAR)	2	85.63	171.26			171.26							0.35
27	TUBERIA PVC D= 63 MM 0.80 MPA E/C +PRUEBA (INCLUYE ACCESORIOS)	65	6.55	425.75		425.75								0.88
28	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE SITIO	89.97	5.67	510.1299		510.13								1.05
29	CORTE DE ASFALTO	8.55	1.32	11.286		11.286								0.02
30	DESPRENDIMIENTO DE LA CAPA ASFALTICA	85.5	0.42	35.91		35.91								0.07
31	DESALOJO DE MATERIAL SIN CLASIFICAR	610	4.38	2671.8			2671.8							5.50
	INVERSIÓN MENSUAL				2430.70	1015.79	4652.35	20119.91	7484.41	7484.41	1496.88	1496.88	2426.07	
	AVANCE PARCIAL EN %				5.00%	2.09%	9.57%	41.39%	15.40%	15.40%	3.08%	3.08%	4.99%	
	INVERSIÓN ACUMULADA				2430.70	3446.48	8098.83	28218.75	35703.15	43187.56	44684.44	46181.32	48607.39	
	AVANCE ACUMULADO EN %				5.00%	7.09%	16.66%	58.05%	73.45%	88.85%	91.93%	95.01%	100.00%	

Cuadro 1 Cronograma Valorado-Elaboración Propia

El presente cronograma contiene todos los rubros a ejecutarse en el proyecto, con estos y aplicando el principio de Pareto, tenemos los rubros más relevantes económicamente, a esto se le sumo que estos rubros tengan concordancia y una ruta crítica entre ellos.

3.2_Curva de Inversión del proyecto

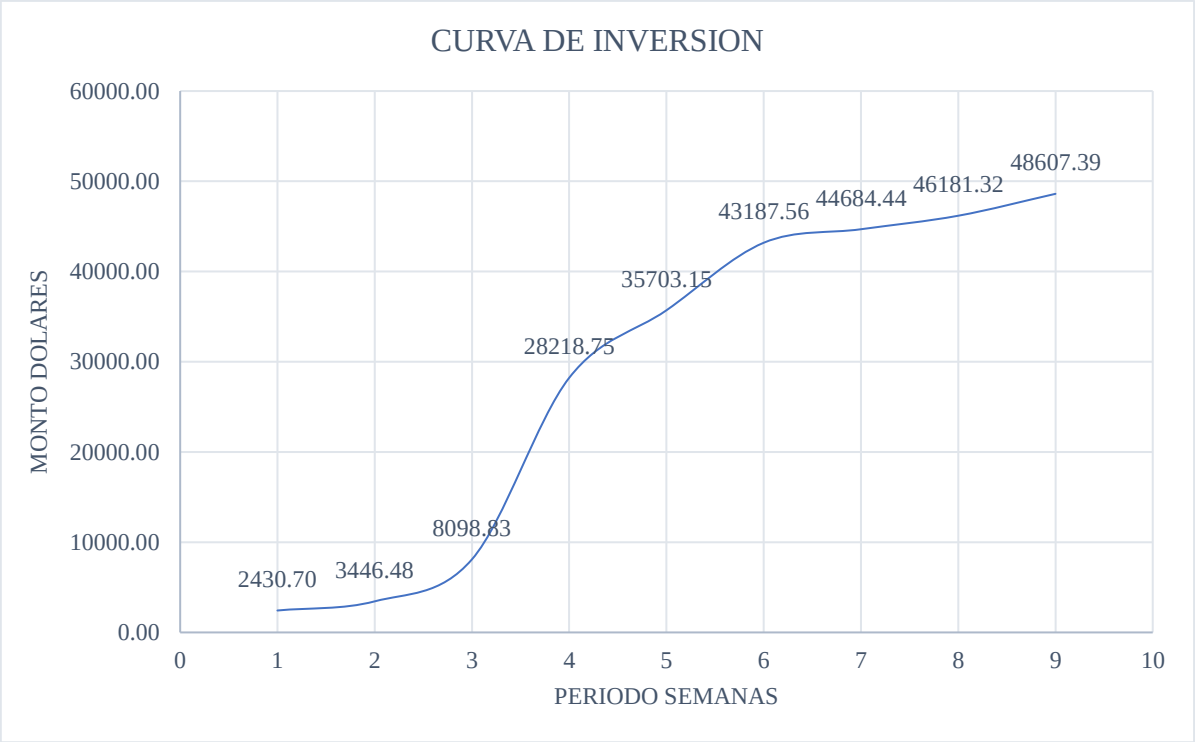


Gráfico 10 Curva de Inversión-Elaboración Propia

Como se puede notar en la curva de inversión del proyecto, las semanas que más fuerza requiere son de la tercera a la octava. En estas se encuentran los rubros seleccionados.

3.3._Gráfica de aplicación de Ley de Pareto

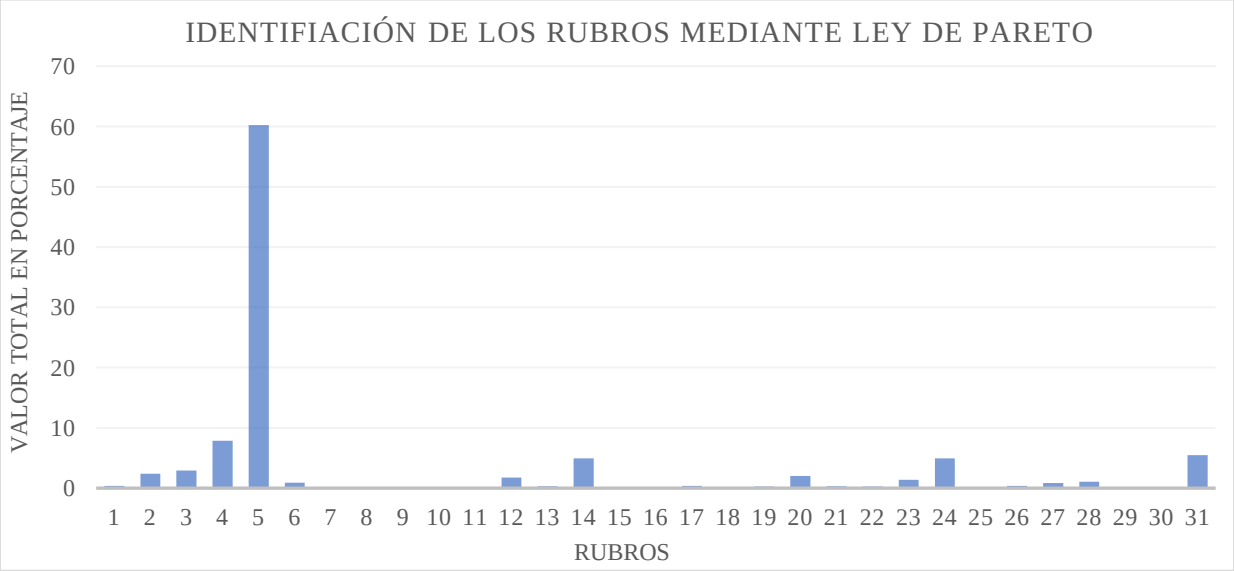


Gráfico 11 Aplicación Ley de Pareto-Elaboración Propia

En la gráfica se puede notar los rubros con mayor relevancia del proyecto, por su alto costo económico se puede decir que el rubro número 5 que corresponde a "Adoquinado vehicular 400 kg/cm2 + cama de arena", es el rubro más fuerte del proyecto, ya que su valor total es el 60% del mismo.

3.4._Rubros seleccionados

Mediante este principio y análisis técnicos se ha seleccionado 7 rubros los cuales entre estos forman parte del 81.06% de todo el proyecto, estos rubros están relacionados a construcciones de obras civiles viales con hormigón y adoquín vehicular.

RUBROS SELECIONADOS				
ITEM	RUBRO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACION DE LA CALZADA	601.56	1.93	1161.0108
2	TERMINACION DE LA SUBRASANTE	2005.2	0.71	1423.692
3	CONSTRUCCIÓN DE SUBBASE COMPACTADA E= 15cm CLASE 3 (INCLUYE TRANSPORTE)	300.78	12.73	3828.9294
4	ADOQUINADO VEHICULAR 400 KG/CM2 + CAMA DE ARENA	2005.2	14.6	29275.92
5	BERMA H.S. h=35cm b=15cm f´c=210 kg/cm2	54.69	8.12	444.0828
6	BORDILLOSVEHICULARES DE H. SIMPLE 180 kg/cm2 20X50 + EXCAVACION	60	14.37	862.2
7	ACERAS HORMIGON e=6cm 180kg/cm2 + SUBBASE 10cm COMPACTADA	213.59	11.27	2407.1593
		TOTAL RUBROS ANALISIS		39402.99
		TOTAL PROYECTO		48607.39

Cuadro 2 Rubros Seleccionados-Elaboración Propia

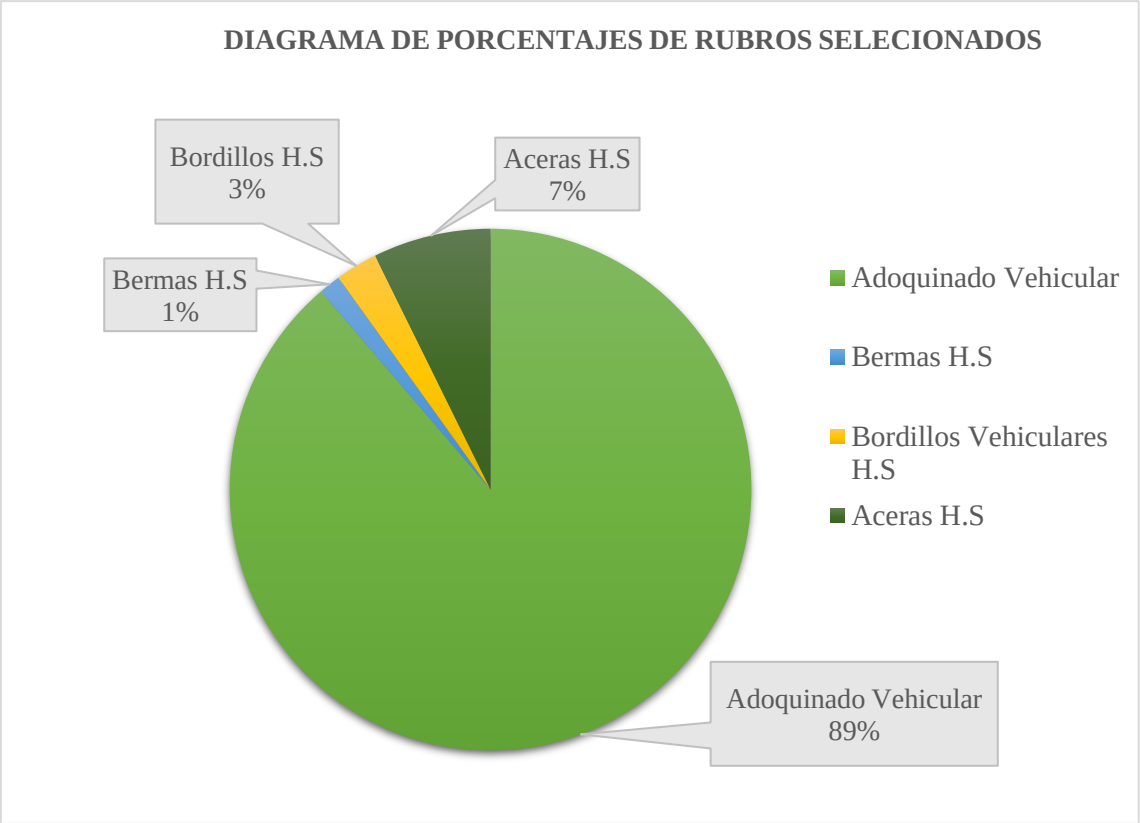


Gráfico 12 Distribución Rubros Seleccionados-Elaboración Propia

Como ya se presenta en nuestros análisis de Pareto, la cantidad de rubros se reduce, pese a esto en esta investigación se ha utilizado solo rubros referentes a adoquín y hormigones, no se considera actividades en donde la maquinaria es la que predomina la actividad, esto ya que en este tipo de rubros se debe hacer un análisis mucho más profundo y técnico, que es referente a rendimientos, producción y transporte de la maquinaría lo cual no corresponde al alcance de este trabajo

Los Rubros serán categorizados de la siguiente manera

→ Aceras de H.S-Rubro (A)

→ Bermas de H.S-Rubro (B)

→ Bordillos Vehiculares de H.S-Rubro (C)

→ Adoquinado Vehicular-Rubro (D)

CAPITULO IV. _ CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

4.1._ Parámetros utilizados

Para lograr una comparación adecuada entre la construcción tradicional la cual es la más usada en el desarrollo de obras civiles en el país y la filosofía *"Lean Construction"* se realizó una medición de los distintos tiempos que se presentan cuando se realiza una actividad, estos son: Tiempo Productivo, Tiempo Contributivo y Tiempo No Contributivo.

4.1.1._ Categorías de Tiempo

Para el desarrollo adecuado de la medición de tiempos se debe categorizar las distintas actividades o acciones que se pueden generar en la obra, las cuales serán causantes de los diferentes tiempos que son objeto de análisis: Tiempo Productivo, Tiempo Contributivo y Tiempo No Contributivo.

4.2._ Rubros Analizados según la Ley de Pareto

4.2.1._Descripción de rubros analizados

a) Aceras de H.S f'c: 180 Kg/cm² con subbase compactada

El trabajo consiste en la construcción de aceras de hormigón simple, con resistencia de 180 Kg/cm², con una subbase de 10 cm compactada. El trabajo inicial se basa en una excavación del suelo tomando como referencia el nivel del bordillo, se procede a formar la subrasante y posteriormente a colocar la base, la cual debe ser colocada sobre la subrasante previamente compactada. La subbase debe ser hidratada y compactada con un espesor de 10 cm. Finalmente para la función de las aceras se deben colocar juntas cada 3 metros seguido de una colocación y compactación del hormigón hasta cumplir un espesor de 6 cm.

b) Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm²

La actividad consiste en la construcción de bermas de hormigón simple de resistencia 210 Kg/cm². Para el desarrollo de la actividad se debe realizar un encofrado que sea estable y húmedo para recibir la colocación del hormigón, el encofrado se deber realizar posterior a la verificación de niveles y una vez terminado los elementos estructurales de soporte que van a cargar las bermas, con el encofrado adecuado se da inicio al vertido de hormigón con un proceso de vibrado continuo, simultáneamente se debe revisar que el encofrado no sufra deformaciones y posteriormente se debe respetar un tiempo mínimo de fraguado.

c) Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 180 Kg/cm²

La actividad consiste en la construcción de bordillos de hormigón simple con resistencia a la compresión de 180 Kg/cm², se debe contar con un encofrado liso y lubricado en el área de contacto del hormigón a instalar, con las pendientes requeridas en las especificaciones técnicas. Para la construcción de los bordillos es necesario colocar juntas de expansión de 6 milímetros de ancho con un espaciamiento de 18 metros estas deben ser perpendiculares, al finalizar es necesario retirar el encofrado para dar el acabado circular donde sea requerido según los planos.

d) Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm²

La actividad consiste en la construcción de una superficie de rodadura formada por bloques hexagonales de hormigón hidráulico. Para iniciar los adoquines deben ser colocados sobre una capa de macadam (arena voladora) con un espesor de 5 cm la cual debe ser previamente humedecida, posterior se colocan los bloques maestros que son los que marcan el nivel en base a ellos y se nivelan el resto de los adoquines haciendo uso de hilos guía. Los espacios que no exceden el 25% del adoquín pueden ser rellenados

con hormigón simple de resistencia 350 Kg/cm² y los superiores al 25% deben ser rellenados con partes de un adoquín, una vez terminada su colocación se debe tener un espaciamiento de 5 mm que posteriormente es rellenado con mortero relación 1:10.

4.3._ Productividad por Rubro bajo la Construcción Tradicional

a) Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm²

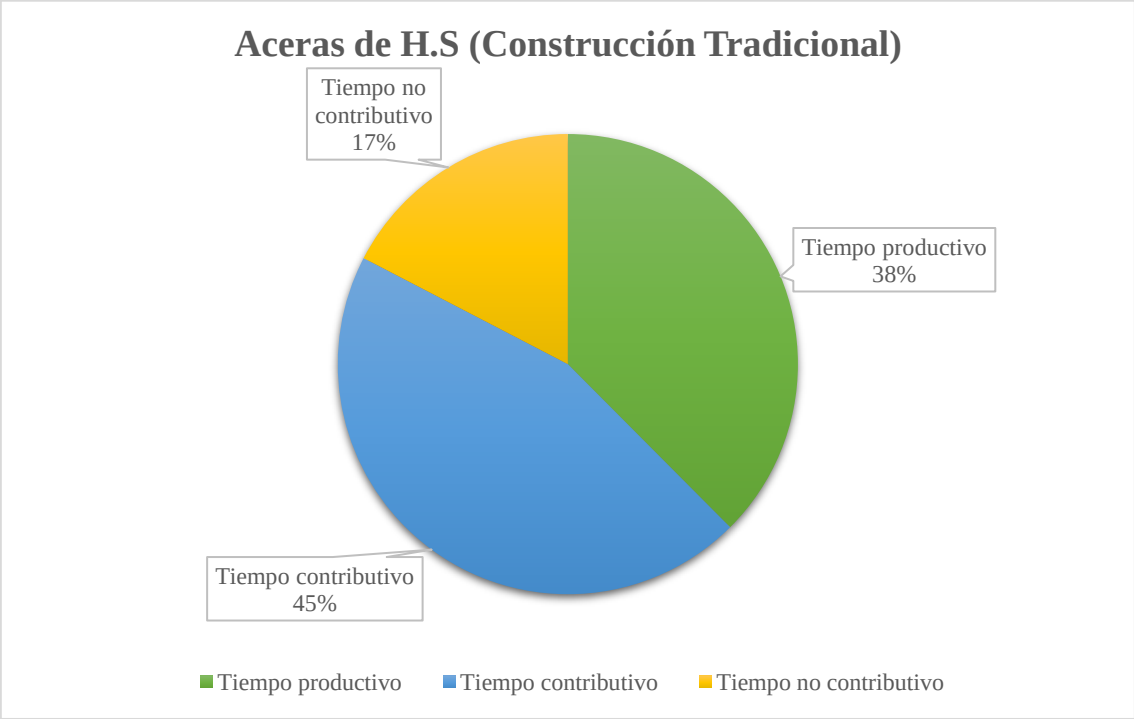


Gráfico 13 Tiempos Construcción Tradicional Rubro (A)-Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el gráfico 13 correspondiente a la construcción de aceras bajo el sistema de construcción tradicional, tenemos un tiempo productivo de 38%, un tiempo contributivo de 45% y un no contributivo de 17%.

b) Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm²

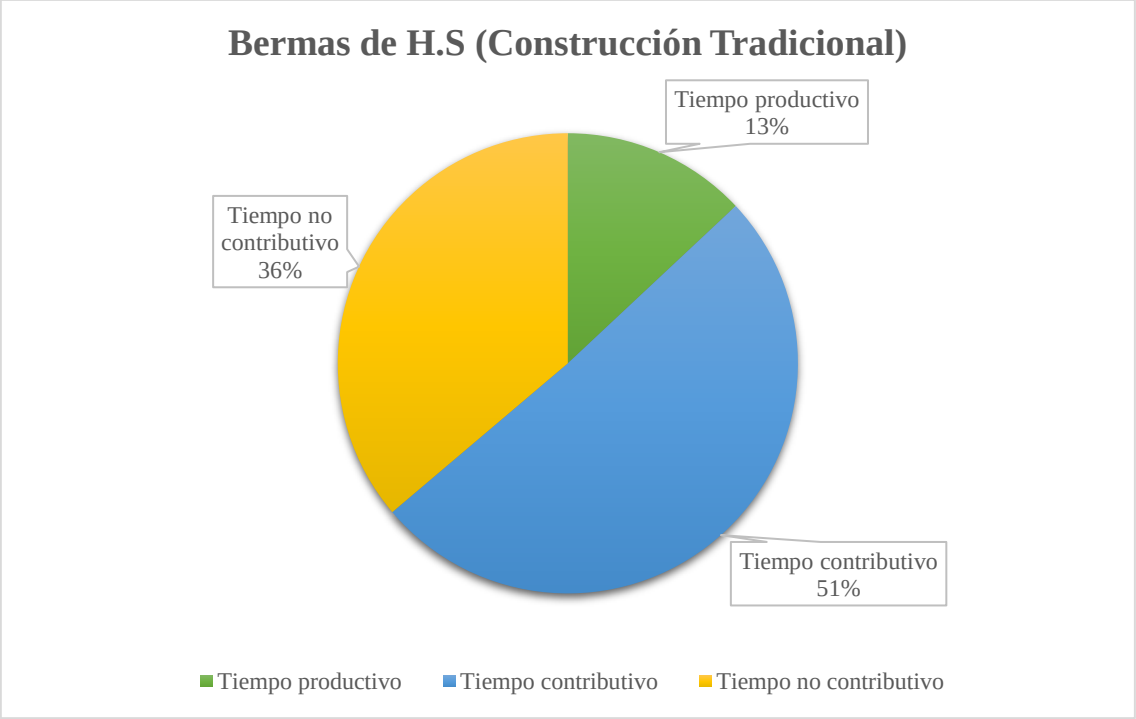


Gráfico 14 Tiempos Construcción Tradicional Rubro (B)-Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el gráfico 14 correspondiente a la construcción de bermas bajo el sistema de construcción tradicional, tenemos un tiempo productivo de 13%, un tiempo contributivo de 51% y un no contributivo de 36%.

c) Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm²

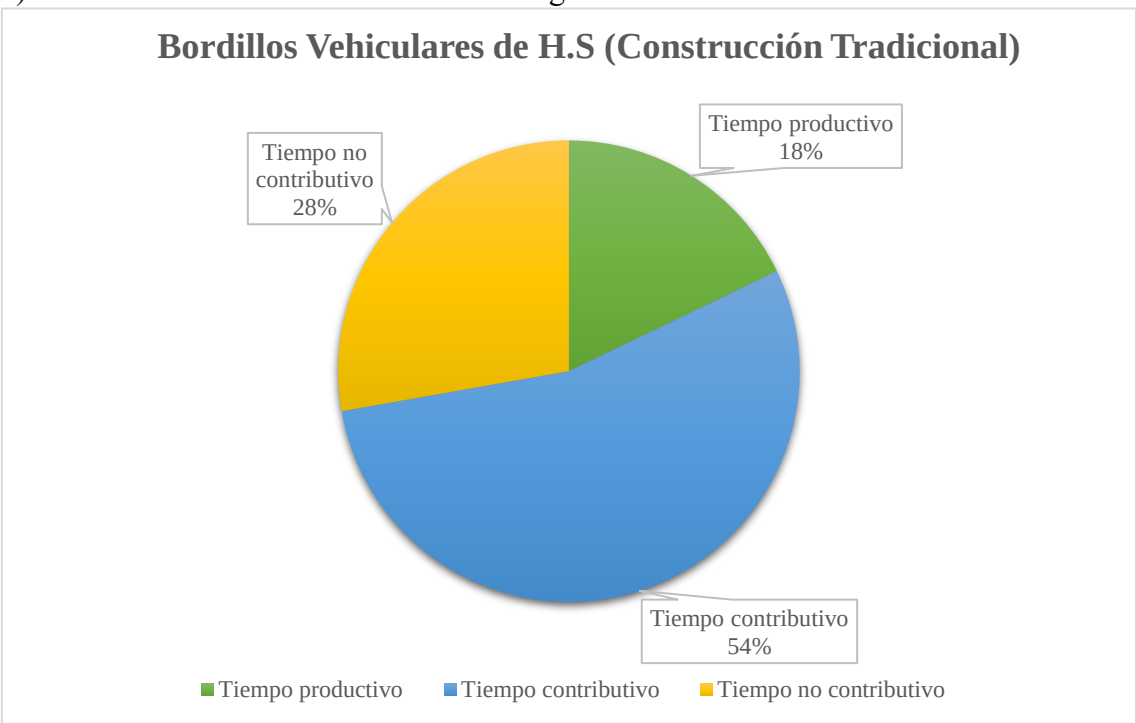


Gráfico 15 Tiempos Construcción Tradicional Rubro (C)-Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el gráfico 15 correspondiente a la construcción de bordillos vehiculares bajo el sistema de construcción tradicional, tenemos un tiempo productivo de 18%, un tiempo contributivo de 54% y un no contributivo de 28%.

d) Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm²

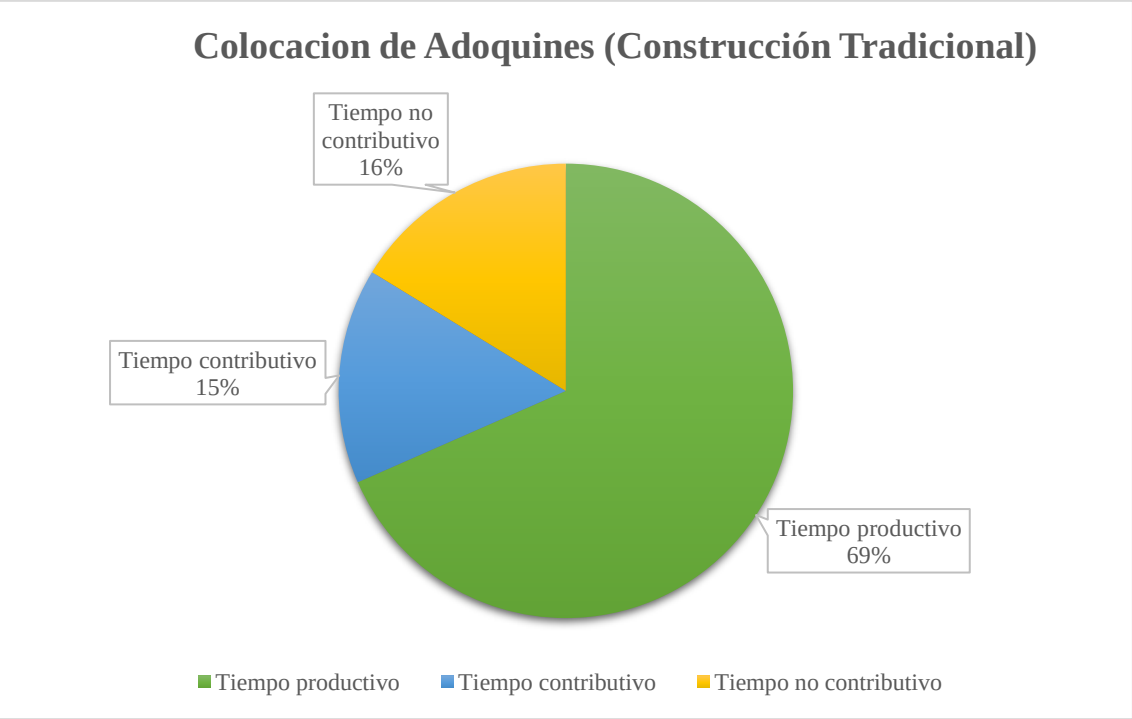


Gráfico 16 Tiempos Construcción Tradicional Rubro (D)-Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el gráfico 16 correspondiente a la construcción del adoquinado vehicular bajo el sistema de construcción tradicional, tenemos un tiempo productivo de 69%, un tiempo contributivo de 15% y un no contributivo de 16%.

4.4._ Productividad por Rubro bajo la Construcción Tradicional

4.4.1._Volúmenes de Obra en los rubros analizados

Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm²	
Cantidad Total	Construcción Tradicional
	44%
213.59 m²	93.98 m²
Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm²	
Cantidad Total	Construcción Tradicional
	42%
54.69 ml	22.97 ml
Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm²	
Cantidad Total	Construcción Tradicional
	38%
60 ml	22.80 ml
Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm²	
Cantidad Total	Construcción Tradicional
	43%
2005.2 m²	862.24 m²

Cuadro 3 Volúmenes de Obra Construcción Tradicional- Elaboración Propia

Como se puede apreciar en el cuadro 3 tenemos el volumen de obra total de cada rubro en la columna izquierda, la cual fue obtenida en campo con la ayuda del residente y superintendente de obra, en la columna del lado derecho se tiene el volumen de obra de los días que se construyó bajo el sistema de construcción tradicional y también el porcentaje del mismo en relación al volumen total de obra.

4.4.2._Cálculo de Productividad por Rubro

En base a la toma de datos con la metodología expuesta en el (Subcapítulo 2.3.3) se categorizó la distribución de tiempos, se considera como tiempo productivo total a la suma del tiempo productivo y el tiempo contributivo debido a que las dos categorías de tiempo tienen una incidencia directa o indirecta sobre el rubro

Posterior el tiempo productivo total obtenido es proyectado para una jornada de ocho horas y se toma en consideración el número de días en los que se realizó el rubro bajo la Construcción Tradicional.

Con el volumen de obra realizado bajo la Construcción Tradicional dividido para el número de integrantes en la cuadrilla se considera que cada integrante realiza la misma cantidad de trabajo junto con el tiempo productivo total proyectado a una jornada laboral completa y nos permite obtener la productividad total en las unidades de [u/h·H] donde:

U: Unidad en la que se cuantifica el rubro realizado

h·H: Hora/Hombre

4.4.2.1._ Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (A)

Tiempo obtenido bajo la técnica "Prueba de Cinco Minutos" Rubro (A)

Aceras de H.S Construcción Tradicional		Tiempo Productivo
Tiempo productivo	0:39:25	
Tiempo contributivo	0:47:20	1:26:45
Tiempo no contributivo	0:18:15	
Tiempo total	1:45:00	

Cuadro 4 Tiempos Rubro (A) Construcción Tradicional-Elaboración Propia

Tiempo trabajado Construcción Tradicional Rubro (A)

$Número\ de\ Días = 1\ [d]$

$Horas/Día = 8{:}00{:}00\ [\frac{h}{d}]$

$$Horas\ Totales = (Número\ de\ Días) \cdot (\frac{Horas}{Día})$$

$$Horas\ Totales = 1\ [d] \cdot 8{:}00{:}00\ \left[\frac{h}{d}\right] = 8{:}00{:}00\ [h]$$

Proyección Tiempo Productivo Construcción Tradicional Rubro (A)

	$Tiempo\ Total$	$Tiempo\ Productivo$
$Prueba\ de\ 5\ Minutos$	$1:45:00$	$1:26:45$
$Tiempo\ Total\ Trabajado$	$8:00:00$	X

$$X = \frac{(8:00:00)\cdot(1:26:45)}{1:45:00} = 6:36:34[h:mm:ss]$$

$$Tiempo\ Productivo\ Proyectado = 6:36:34\ [h:mm:ss]$$

Distribución de Cuadrilla de Trabajo Construcción Tradicional Rubro (A)

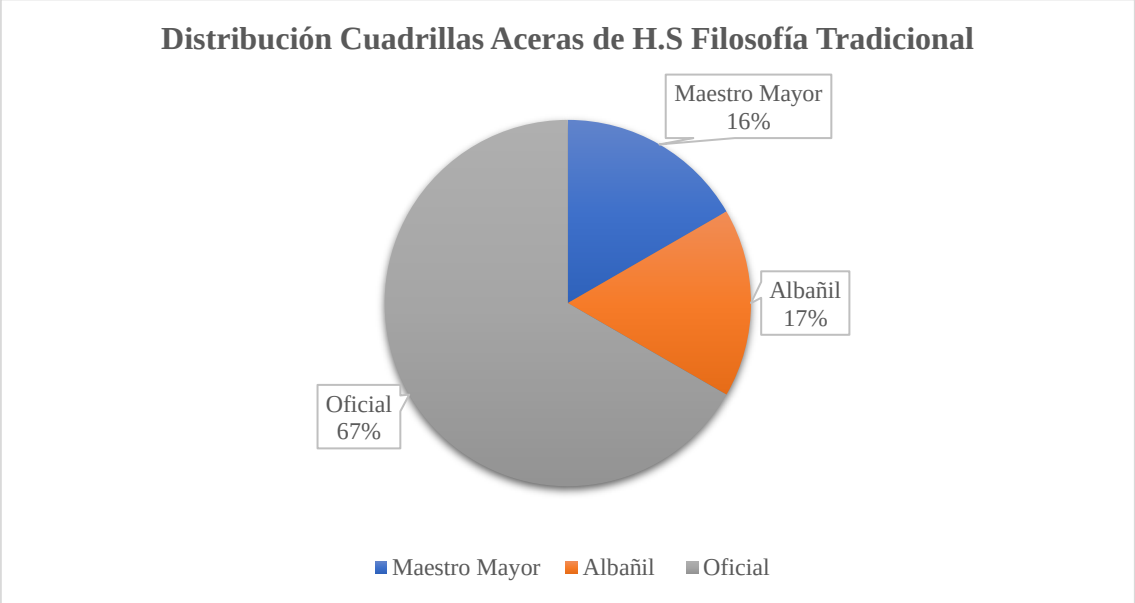


Gráfico 17 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (A) -Elaboración Propia

Descripción	Cantidad
Maestro Mayor	1
Albañil	1
Oficial	4

Cuadro 5 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (A) -Elaboración Propia

Cálculo de Productividad Construcción Tradicional Rubro (A)

Se considera que todos los integrantes de la cuadrilla mantienen el mismo rendimiento

$C_T = 93.98\, m^2$ $\quad Cantidad\ Total\ Realizada\ por\ Caudrilla$

$\#T = 6H$ $\quad Número\ de\ Trabajadores$

$C_{T \cdot H} = \frac{C_T}{\#T} = \frac{93.98\, m^2}{6H} = 15.66 \frac{m^2}{H}$ $\quad Cantidad\ Realizada\ por\ Trabajador$

Al usar la unidad de medida realizada sobre hora hombre por trabajador [U/h·H] se debe considerar todo el tiempo productivo únicamente en horas.

$T_P = 6{:}36{:}34\ [h{:}mm{:}ss] \rightarrow\ 6.61\ [h]$ $\quad Tiempo\ Productivo\ (horas)$

Productividad Construcción Tradicional Rubro (A)

$$P = \frac{C_{T \cdot H}}{T_P} = \frac{15.66 \left[\frac{m^2}{H}\right]}{6.61\ [h]} = 2.37 \left[\frac{m^2}{h \cdot H}\right]$$

Rendimiento Construcción Tradicional Rubro (A)

$$R = \frac{1}{P} = \frac{1}{2.37 \left[\frac{m^2}{h \cdot H}\right]} = 0.42 \left[\frac{h \cdot H}{m^2}\right]$$

4.4.2.2._ Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm² Rubro (B)

Tiempo obtenido bajo la técnica "Prueba de Cinco Minutos" Rubro (B)

Bermas de H.S Filosofía Tradicional		Tiempo Productivo
Tiempo productivo	0:13:40	
Tiempo contributivo	0:53:20	1:07:00
Tiempo no contributivo	0:38:00	
Tiempo total	1:45:00	

Cuadro 6 Tiempos Rubro (B) Construcción Tradicional-Elaboración Propia

Tiempo trabajado Construcción Tradicional Rubro (B)

$$Número\ de\ Días = 1\ [d]$$

$$Horas/Día = 8{:}00{:}00\ [\frac{h}{d}]$$

$$Horas\ Totales = (Número\ de\ Días) \cdot (\frac{Horas}{Día})$$

$$Horas\ Totales = 1\ [d] \cdot 8{:}00{:}00\ \left[\frac{h}{d}\right] = 8{:}00{:}00\ [h]$$

Proyección Tiempo Productivo Construcción Tradicional Rubro (B)

	$Tiempo\ Total$	$Tiempo\ Productivo$
$Prueba\ de\ 5\ Minutos$	$1{:}45{:}00$	$1{:}07{:}00$
$Tiempo\ Total\ Trabajado$	$8{:}00{:}00$	X

$$X = \frac{(8{:}00{:}00) \cdot (1{:}07{:}00)}{1{:}45{:}00} = 5{:}06{:}17[h{:}mm{:}ss]$$

$$Tiempo\ Productivo\ Proyectado = 5{:}06{:}17\ [h{:}mm{:}ss]$$

Distribución de Cuadrilla de Trabajo Construcción Tradicional Rubro (B)

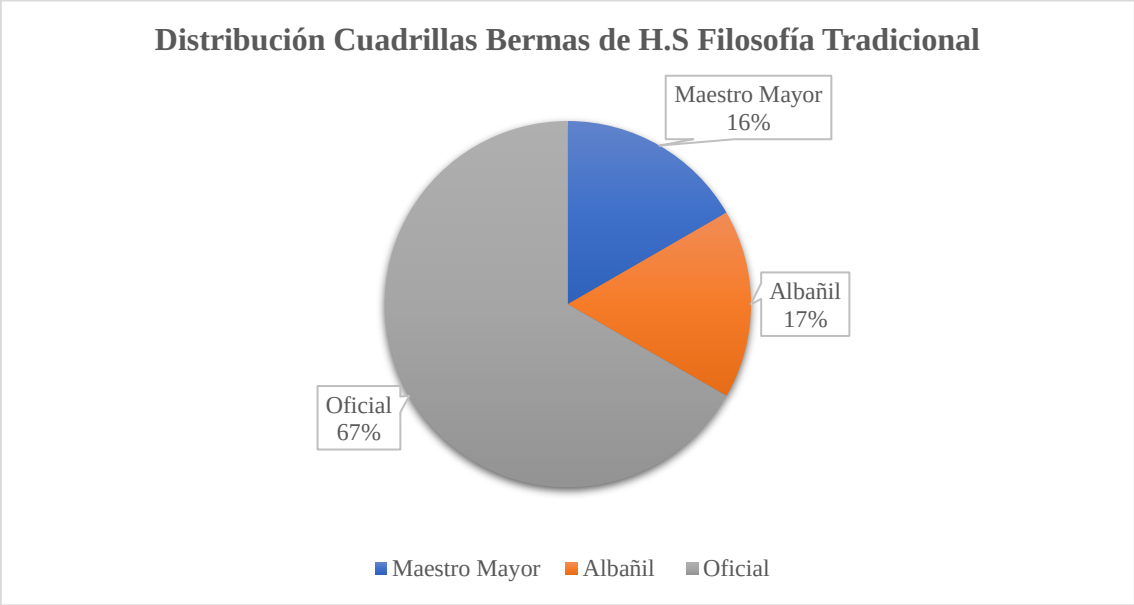


Gráfico 18 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (B) -Elaboración Propia

Descripción	Cantidad
Maestro Mayor	1
Albañil	1
Oficial	4

Cuadro 7 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (B) -Elaboración Propia

Cálculo de Productividad Construcción Tradicional Rubro (B)

Se considera que todos los integrantes de la cuadrilla mantienen el mismo rendimiento

$C_T = 22.97\ ml$ $\quad Cantidad\ Total\ Realizada\ por\ Caudrilla$

$\#T = 6H$ $\quad Número\ de\ Trabajadores$

$C_{T \cdot H} = \frac{C_T}{\#T} = \frac{22.97\ ml}{6H} = 3.83 \frac{ml}{H}$ $\quad Cantidad\ Realizada\ por\ Trabajador$

Al usar la unidad de medida realizada sobre hora hombre por trabajador [U/h·H] se debe considerar todo el tiempo productivo únicamente en horas.

$T_P = 5{:}06{:}17\ [h{:}mm{:}ss] \rightarrow\ 5.10\ [h]$ $\quad Tiempo\ Productivo\ (horas)$

Productividad Construcción Tradicional Rubro (B)

$$P = \frac{C_{T \cdot H}}{T_P} = \frac{3.83 \left[\frac{ml}{H}\right]}{5.10\ [h]} = 0.75 \left[\frac{ml}{h \cdot H}\right]$$

Rendimiento Construcción Tradicional Rubro (B)

$$R = \frac{1}{P} = \frac{1}{0.75 \left[\frac{ml}{h \cdot H}\right]} = 1.30 \left[\frac{h \cdot H}{ml}\right]$$

4.4.2.3._ *Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (C)*

Tiempo obtenido bajo la técnica "Prueba de Cinco Minutos" Rubro (C)

Bordillos Vehiculares de H.S Filosofía Tradicional		Tiempo Productivo
Tiempo productivo	0:18:45	
Tiempo contributivo	0:57:05	1:15:50
Tiempo no contributivo	0:29:10	
Tiempo total	1:45:00	

Cuadro 8 Tiempos Rubro (C) Construcción Tradicional-Elaboración Propia

Tiempo trabajado Construcción Tradicional Rubro (C)

$Número\ de\ Días = 1\ [d]$

$Horas/Día = 8{:}00{:}00\ [\frac{h}{d}]$

$$Horas\ Totales = (Número\ de\ Días) \cdot (\frac{Horas}{Día})$$

$$Horas\ Totales = 1\ [d] \cdot 8{:}00{:}00\ \left[\frac{h}{d}\right] = 8{:}00{:}00\ [h]$$

Proyección Tiempo Productivo Construcción Tradicional Rubro (C)

	$Tiempo\ Total$	$Tiempo\ Productivo$
$Prueba\ de\ 5\ Minutos$	$1:45:00$	$1:15:50$
$Tiempo\ Total\ Trabajado$	$8:00:00$	X

$$X = \frac{(8:00:00)\cdot(1:15:50)}{1:45:00} = 5:46:40[h:mm:ss]$$

$$Tiempo\ Productivo\ Proyectado = 5:46:40\ [h:mm:ss]$$

Distribución de Cuadrilla de Trabajo Construcción Tradicional Rubro (C)

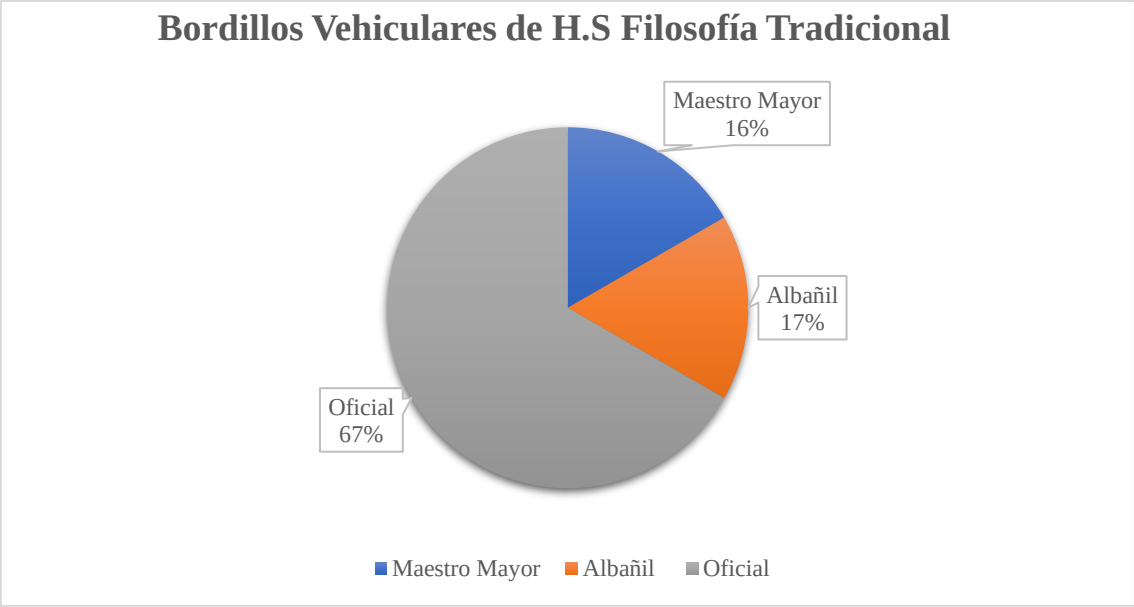


Gráfico 19 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (C) -Elaboración Propia

Descripción	Cantidad
Maestro Mayor	1
Albañil	1
Oficial	4

Cuadro 9 Trabajo Construcción Tradicional Rubro (C) -Elaboración Propia

Cálculo de Productividad Construcción Tradicional Rubro (C)

Se considera que todos los integrantes de la cuadrilla mantienen el mismo rendimiento

$C_T = 22.8\,ml$ $\quad Cantidad\ Total\ Realizada\ por\ Caudrilla$

$\#T = 6H$ $\quad N\acute{u}mero\ de\ Trabajadores$

$C_{T\cdot H} = \frac{C_T}{\#T} = \frac{22.8\,ml}{6H} = 3.8\frac{ml}{H}$ $\quad Cantidad\ Realizada\ por\ Trabajador$

Al usar la unidad de medida realizada sobre hora hombre por trabajador [U/h·H] se debe considerar todo el tiempo productivo únicamente en horas.

$T_P = 5{:}46{:}40\ [h{:}mm{:}ss] \rightarrow\ 5.78\ [h]$ $\quad Tiempo\ Productivo\ (horas)$

Productividad Construcción Tradicional Rubro (C)

$$P = \frac{C_{T\cdot H}}{T_P} = \frac{3.8\left[\frac{ml}{H}\right]}{5.78\ [h]} = 0.66\left[\frac{ml}{h\cdot H}\right]$$

Rendimiento Construcción Tradicional Rubro (C)

$$R = \frac{1}{P} = \frac{1}{0.66\left[\frac{ml}{h\cdot H}\right]} = 1.13\left[\frac{h\cdot H}{ml}\right]$$

4.4.2.4._ *Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm² Rubro (D)*

Tiempo obtenido bajo la técnica “Prueba de Cinco Minutos” Rubro (D)

Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm² Filosofía Tradicional		
Tiempo productivo	4:47:20	Tiempo Productivo
Tiempo contributivo	1:04:25	5:51:45
Tiempo no contributivo	1:08:15	
Tiempo total	7:00:00	

Cuadro 10 Tiempos Rubro (D) Construcción Tradicional-Elaboración Propia

Tiempo trabajado Construcción Tradicional Rubro (D)

$$Número\ de\ Días = 4\ [d]$$

$$Horas/Día = 8{:}00{:}00\ [\frac{h}{d}]$$

$$Horas\ Totales = (Número\ de\ Días) \cdot (\frac{Horas}{Día})$$

$$Horas\ Totales = 1\ [d] \cdot 8{:}00{:}00\ \left[\frac{h}{d}\right] = 32{:}00{:}00\ [h]$$

Proyección Tiempo Productivo Construcción Tradicional Rubro (C)

	$Tiempo\ Total$	$Tiempo\ Productivo$
$Prueba\ de\ 5\ Minutos$	$7{:}00{:}00$	$5{:}51{:}45$
$Tiempo\ Total\ Trabajado$	$32{:}00{:}00$	X

$$X = \frac{(32{:}00{:}00) \cdot (5{:}51{:}45)}{7{:}00{:}00} = 26{:}48{:}00[h{:}mm{:}ss]$$

$$Tiempo\ Productivo\ Proyectado = 26{:}48{:}00\ [h{:}mm{:}ss]$$

Distribución de Cuadrilla de Trabajo Construcción Tradicional Rubro (C)

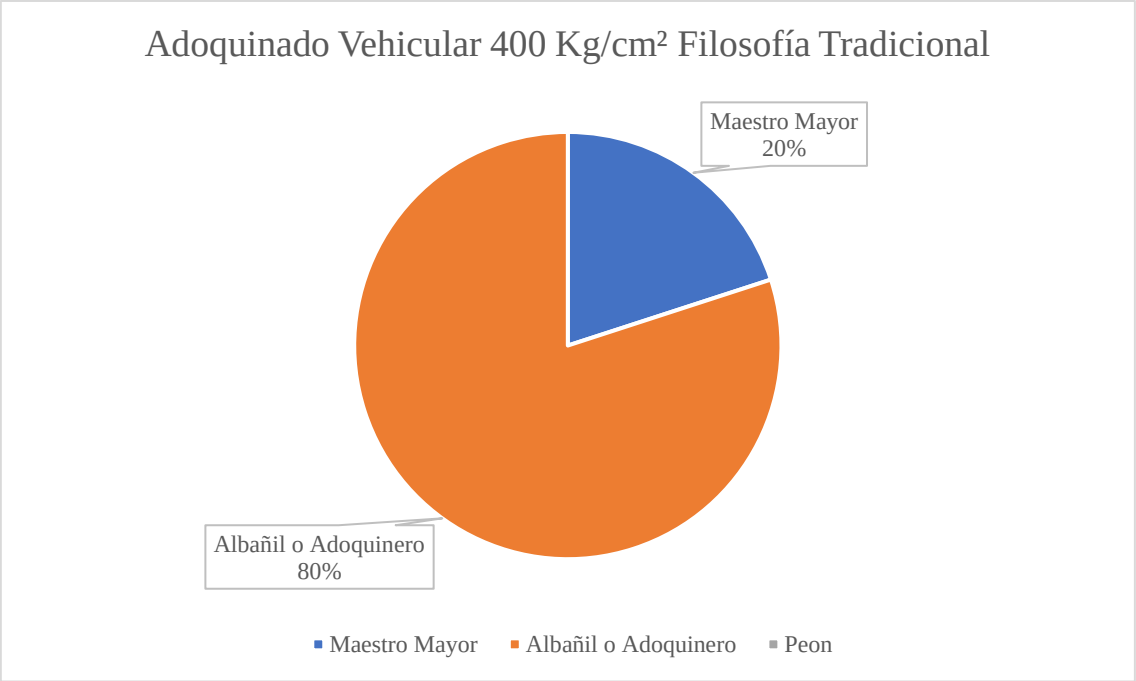


Gráfico 20 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (D) -Elaboración Propia

Descripción	Cantidad
Maestro Mayor	1
Albañil/Adoquinero	4

Cuadro 11 Cuadrilla Construcción Tradicional Rubro (D) -Elaboración Propia

Cálculo de Productividad Construcción Tradicional Rubro (D)

Se considera que todos los integrantes de la cuadrilla mantienen el mismo rendimiento.

$C_T = 862.24\ m^2$ $\quad$ *Cantidad Total Realizada por Cuadrilla*

$\#T = 5H$ $\quad$ *Número de Trabajadores*

$$C_{T \cdot H} = \frac{C_T}{\#T} = \frac{862.24\ m^2}{5H} = 172.45 \frac{m^2}{H}$$ *Cantidad Realizada por Trabajador*

Al usar la unidad de medida realizada sobre hora hombre por trabajador [U/h·H] se debe considerar todo el tiempo productivo únicamente en horas.

$T_P = 26{:}48{:}00\ [h{:}mm{:}ss] \rightarrow\ 26.80\ [h]$ $\quad$ *Tiempo Productivo (horas)*

Productividad en el Rubro A bajo la filosofía tradicional

$$P = \frac{C_{T \cdot H}}{T_P} = \frac{172.45 \frac{m^2}{H}}{26.80\ [h]} = 6.43 \left[\frac{m^2}{h \cdot H}\right]$$

Rendimiento en el Rubro D bajo la Construcción Tradicional

$$R = \frac{1}{P} = \frac{1}{6.43 \left[\frac{m^2}{h \cdot H}\right]} = 0.123 \left[\frac{h \cdot H}{m^2}\right]$$

4.5._ Resumen de Productividad en la Construcción Tradicional

Resumen Construcción Tradicional		Tiempo Productivo Total [h:mm:ss]	Productividad [U/h·H]	Rendimiento [h·H/U]
A	Aceras de H.S	6:36:34	2.370 [m²/h·H]	0.422 [h·H/m²]
B	Bermas de H.S	5:06:17	0.750 [ml/h·H]	1.333 [h·H/ ml]
C	Bordillos Vehiculares de H.S	5:46:40	0.658 [ml/h·H]	1.520 [h·H/ ml]
D	Adoquinado Vehicular	26:48:00	6.435 [m²/h·H]	0.155 [h·H/ m²]

Cuadro 12 Resumen Productividad Construcción Tradicional-Elaboración Propia

En la tabla anterior se presenta un resumen de los diferentes tiempos productivos totales por cada rubro esto en función de una toma de datos en campo de igual forma se presenta un resumen de los cálculos de productividad y rendimiento, estos valores junto con el tiempo productivo total son los que busca optimizar bajo al Filosofía "*Lean Construction"* en el Capítulo 5.

CAPITULO V._ IMPLEMENTACIÓN FILOSOFÍA "*LEAN CONSTRUCTION*"

5.1. Determinación de pérdidas en la construcción tradicional

En base a la toma de datos y un análisis posterior se logró determinar las actividades que generaban pérdidas en el tiempo productivo total en cada rubro, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS EN LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	
Actividades que generan pérdidas	**Cantidad de Rubros**
Falta de planificación	4
Falta de control	4
Falta de gestión de materiales	3
Falta de gestión de equipo y herramientas	4
Personal inexperto	3
Mala distribución de actividades	2
Distracciones/Conversaciones/ Necesidades fisiológicas	4
Agotamiento (Sobreesfuerzos)	4
Mala ubicación de materiales	1
Falta de orden y limpieza en la obra	2
Falta de calidad en materiales pétreos	1
Falta de gestión de transporte de material	1
Falta de uso de EPPs adecuados	1

Cuadro 13 Pérdidas Construcción Tradicional-Elaboración Propia

Como podemos observar existen actividades que generan pérdidas en todos los rubros y otras que son específicas de cada uno de ellos, nosotros consideramos que a las más recurrentes se las debe dar una atención especial, en el siguiente gráfico se ha plasmado las actividades que más pérdidas generan.

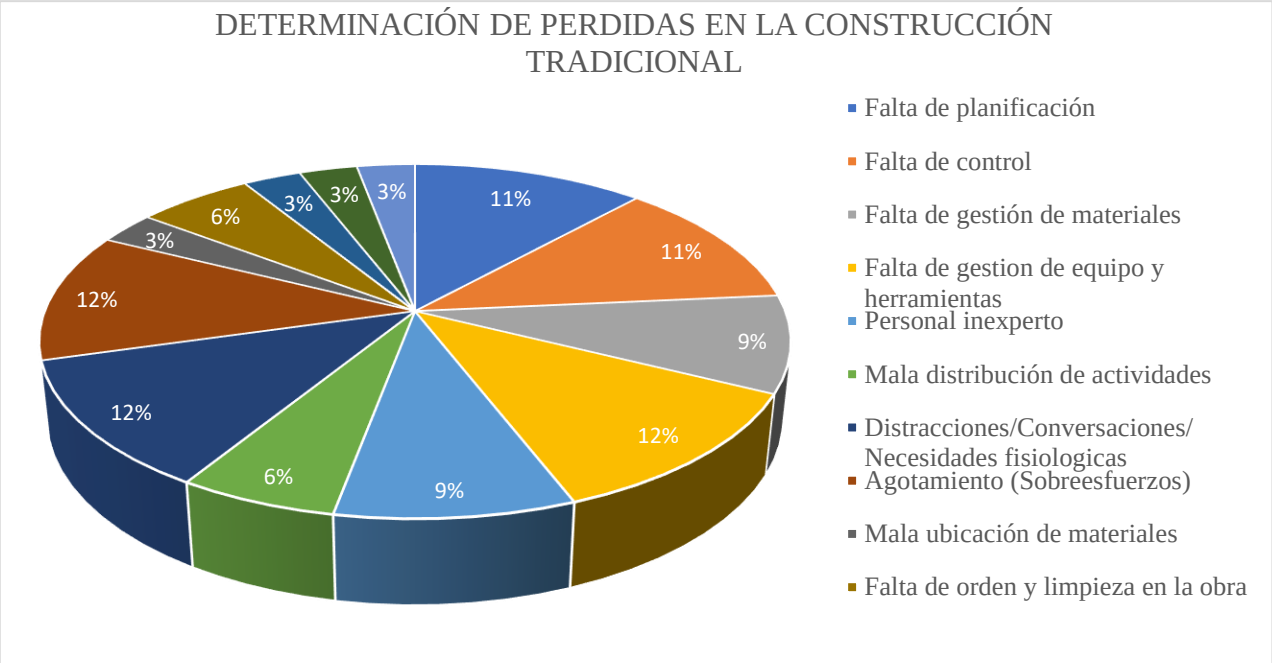


Gráfico 21 Distribución de Pérdidas Construcción Tradicional-Elaboración Propia

En este gráfico podemos apreciar de manera más clara todas las pérdidas evidenciadas en los rubros analizados del proyecto de aplicación, en el cual notamos que los más recurrentes son los siguientes:

→ Falta de planificación (11%).
→ Falta de control (11%).
→ Falta de gestión de equipo y herramientas (12%).
→ Distracciones/Conversaciones/ Necesidades fisiológicas (12%).
→ Agotamiento (Sobreesfuerzos) (12%).

5.2._Implementación de la filosofía "*Lean Construction*" en cada rubro

5.2.1._Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm²

CONSTRUCCIÓN DE ACERAS					
DEFICIENCIAS CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	**Filosofía "*Lean Construction*"**				
	Método de las 5S				
	SEIRI (Organizar)	**SEITON (Ordenar)**	**SEISO (Limpiar)**	**SEIKETSU (Estandarizar)**	**SHITSUKE (Diciplina)**
Falta de planificación	Esquema de prioridades	Organizar cuadrilla tipo, materiales, herramientas y equipo	Depurar información que no aumente valor	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de control	Inducción del rubro al residente	Establecer paseos Gemba	Verificar medias en base a planos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de gestión de materiales	Clasificación de proveedores	Categorización de proveedores en base a la calidad, tiempo y costo	Depurar proveedores	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de gestión de equipo y herramientas	Clasificación de proveedores y clasificación de lo útil y no útil	Ordenar bodega	Deshacerse de lo no útil y mantenimiento de equipos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Personal inexperto	Clasificar personal por su experticia y destreza	Organizar cuadrilla	Depurar personal	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Mala distribución de actividades	Clasificación cronológica para la ejecución del rubro	Plan de ejecución del rubro	Eliminar actividades que no agreguen valor	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Distracciones/Conversaciones/ Necesidades fisiológicas	Establecer horarios de distracción (Ingreso, refrigerio, almuerzo, hidratación, salida)	Establecer espacios adecuados	Disminuir tiempo no contributivo y responsabilidades	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Agotamiento (Sobreesfuerzos)	Diseñar actividades rotativas	Establecer tiempos	Eliminar sobreesfuerzos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de orden y limpieza en la obra	Organizar personal, equipo y materiales	Establecer responsabilidades	Mantener el orden y limpieza de todo el proyecto	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos

Cuadro 14 Implementación "Lean Construction" Rubro (A)-Elaboración Propia

5.2.2._Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm²

CONSTRUCCIÓN DE BERMAS					
DEFICIENCIAS CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	**Filosofía "*Lean Construction*"**				
	Método de las 5S				
	SEIRI (Organizar)	**SEITON (Ordenar)**	**SEISO (Limpiar)**	**SEIKETSU (Estandarizar)**	**SHITSUKE (Diciplina)**
Falta de planificación	Esquema de prioridades	Organizar cuadrilla tipo, materiales, herramientas y equipo	Depurar información que no aumente valor	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de control	Inducción del rubro al residente	Establecer paseos Gemba	Verificar medias en base a planos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de gestión de materiales	Clasificación de proveedores	Categorización de proveedores en base a la calidad, tiempo y costo	Depurar proveedores	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de gestión de equipo y herramientas	Clasificación de proveedores y clasificación de lo útil y no útil	Ordenar bodega	Deshacerse de lo no útil y mantenimiento de equipos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Personal inexperto	Clasificar personal por su experticia y destreza	Organizar cuadrilla	Depurar personal	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Distracciones/Conversaciones/ Necesidades fisiológicas	Establecer horarios de distracción (Ingreso, refrigerio, almuerzo, hidratación, salida)	Establecer espacios adecuados	Disminuir tiempo no contributivo y responsabilidades	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Agotamiento (Sobreesfuerzos)	Diseñar actividades rotativas	Establecer tiempos	Eliminar sobreesfuerzos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos

Cuadro 15 Implementación "Lean Construction" Rubro (B)-Elaboración Propia

5.2.3._Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm²

CONSTRUCCIÓN DE BORDILLOS					
DEFICIENCIAS CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	**Filosofía "*Lean Construction*"**				
	Método de las 5S				
	SEIRI (Organizar)	**SEITON (Ordenar)**	**SEISO (Limpiar)**	**SEIKETSU (Estandarizar)**	**SHITSUKE (Diciplina)**
Falta de planificación	Esquema de prioridades	Organizar cuadrilla tipo, materiales, herramientas y equipo	Depurar información que no aumente valor	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de control	Inducción del rubro al residente	Establecer paseos Gemba	Verificar medias en base a planos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de gestión de materiales	Clasificación de proveedores	Categorización de proveedores en base a la calidad, tiempo y costo	Depurar proveedores	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de gestión de equipo y herramientas	Clasificación de proveedores y clasificación de lo útil y no útil	Ordenar bodega	Deshacerse de lo no útil y mantenimiento de equipos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Personal inexperto	Clasificar personal por su experticia y destreza	Organizar cuadrilla	Depurar personal	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Mala distribución de actividades	Clasificación cronológica para la ejecución del rubro	Plan de ejecución del rubro	Eliminar actividades que no agreguen valor	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Distracciones/Conversaciones/ Necesidades fisiológicas	Establecer horarios de distracción (Ingreso, refrigerio, almuerzo, hidratación, salida)	Establecer espacios adecuados	Disminuir tiempo no contributivo y responsabilidades	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Agotamiento (Sobreesfuerzos)	Diseñar actividades rotativas	Establecer tiempos	Eliminar sobreesfuerzos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Mala ubicación de materiales	Realizar un layout de obra	Establecer espacios de circulación y señalética	Orden y limpieza	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de orden y limpieza en la obra	Organizar personal, equipo y materiales	Establecer responsabilidades	Mantener el orden y limpieza de todo el proyecto	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos

Cuadro 16 Implementación "Lean Construction" Rubro (C)-Elaboración Propia

5.2.4._Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm²

CONSTRUCCIÓN DE ADOQUINADO					
DEFICIENCIAS CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL	**Filosofía "*Lean Construction*"**				
	Método de las 5S				
	SEIRI (Organizar)	**SEITON (Ordenar)**	**SEISO (Limpiar)**	**SEIKETSU (Estandarizar)**	**SHITSUKE (Diciplina)**
Falta de planificación	Esquema de prioridades	Organizar cuadrilla tipo, materiales, herramientas y equipo	Depurar información que no aumente valor	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de control	Inducción del rubro al residente	Establecer paseos Gemba	Verificar medias en base a planos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de gestión de equipo y herramientas	Clasificación de proveedores y clasificación de lo útil y no útil	Ordenar bodega	Deshacerse de lo no útil y mantenimiento de equipos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de calidad en materiales pétreos	Clasificar proveedores	Categorizar proveedores, según su calidad y tipo de material	Depurar proveedores	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de gestión de transporte de material	Clasificar rutas y cronometrar tiempo de entrega	Sectorizar el proyecto según sus necesidades de material	Verificar orden y limpieza	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Distracciones/Conversaciones/ Necesidades fisiológicas	Establecer horarios de distracción (Ingreso, refrigerio, almuerzo, hidratación, salida)	Establecer espacios adecuados	Disminuir tiempo no contributivo y responsabilidades	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Agotamiento (Sobreesfuerzos)	Diseñar actividades rotativas	Establecer tiempos	Eliminar sobreesfuerzos	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos
Falta de uso de EPPs adecuados	Inducción al personal sobre la importancia y el uso de los EPPS	Establecer un encargado de control de uso de EPPs	Reposición de EPPs en mal estado	Realizar una ficha, estableciendo prioridades y recursos	Cumplir y verificar lo estandarizado, creando hábitos

Cuadro 17 Implementación "Lean Construction" Rubro (D)-Elaboración Propia

5.3._Aplicación del Método 5S en la Filosofía "*Lean Construction*"

5.3.1. Falta de planificación

SEITON: Organizar cuadrilla tipo, materiales, herramientas y equipo.



Fotografía 1 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia

5.3.2. Falta de control

SEITON: Establecer paseos Gemba y SEISO: Verificar medias en base a planos.



Fotografía 2 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia

5.3.3. Falta de gestión de materiales

SEIRI: Clasificación de proveedores.



Fotografía 3 Aplicación Herramienta 5S (Seiri)-Elaboración Propia

5.3.4. Falta de gestión de equipo y herramientas

SEISO: Deshacerse de lo no útil y mantenimiento de equipos.



Fotografía 4 Aplicación Herramienta 5S (Seiso)-Elaboración Propia

5.3.5. Personal inexperto

SEIRI: Clasificar personal por su experiencia y destreza.



Fotografía 5 Aplicación Herramienta 5S (Seiri)-Elaboración Propia

5.3.6. Mala distribución de actividades

SEITON: Plan de ejecución del rubro.



Fotografía 6 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia

5.3.7. Distracciones/Conversaciones/ Necesidades fisiológicas

SEIRI: Establecer horarios de distracción (Ingreso, refrigerio, almuerzo, hidratación, salida).



Fotografía 7 Aplicación Herramienta 5S (Seiri)-Elaboración Propia

5.3.8. Agotamiento (Sobreesfuerzos)

SEIRI: Diseñar actividades rotativas y SEITON: Establecer tiempos.



Fotografía 8 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia

5.3.9. Mala ubicación de materiales

SEIRI: Realizar un layoud de obra.



Fotografía 9 Aplicación Herramienta 5S (Seiri)-Elaboración Propia

5.3.10. Falta de orden y limpieza en la obra

SEISO: Mantener el orden y limpieza de todo el proyecto.



Fotografía 10 Aplicación Herramienta 5S (Seiso)-Elaboración Propia

5.3.11. Falta de calidad en materiales pétreos

SEINTON: Categorizar proveedores, según su calidad y tipo de material



Fotografía 11 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia

5.3.12. Falta de gestión de transporte de material

SEINTON: Sectorizar el proyecto según sus necesidades de material



Fotografía 12 Aplicación Herramienta 5S (Seiton)-Elaboración Propia

5.3.13. Falta de uso de EPPs adecuados

SEISO: Reposición de EPPs en mal estado



Fotografía 13 Aplicación Herramienta 5S (Seiso)-Elaboración Propia

Como se puede evidenciar en este capítulo la implementación de la filosofía "Lean Construction" se la pudo realizar gracias a la herramienta de las 5S, con la cual se trabajó en cada rubro juntamente con sus actividades que generan pérdidas. Al ser tanto la herramienta utilizada como la filosofía de origen japonés, se puede evidenciar que los puntos más fuertes de está implementación está en la diciplina, reducir tiempos no contributivos y la mejora continua.

CAPITULO. _VI "*LEAN CONSTRUCTION*"

6.1._ Parámetros Usados

Con el motivo de lograr una comparación adecuada entre la Construcción Tradicional y la filosofía "*Lean Construction"*. Se aplico la filosofía "*Lean Construction"* a cada rubro durante un número de horas totales similar a las trabajadas bajo al Construcción Tradicional, se distribuyó el tiempo que toma realizar una actividad correspondiente a cada uno de los rubros y se la clasificó en: Tiempo Productivo, Tiempo Contributivo y Tiempo No Contributivo. Se realizó el cálculo de la productividad para posteriormente compararla con la obtenida en la Construcción Tradicional.

6.2._ Distribución de Tiempo bajo la Filosofía "*Lean Construction"*

a) Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm²

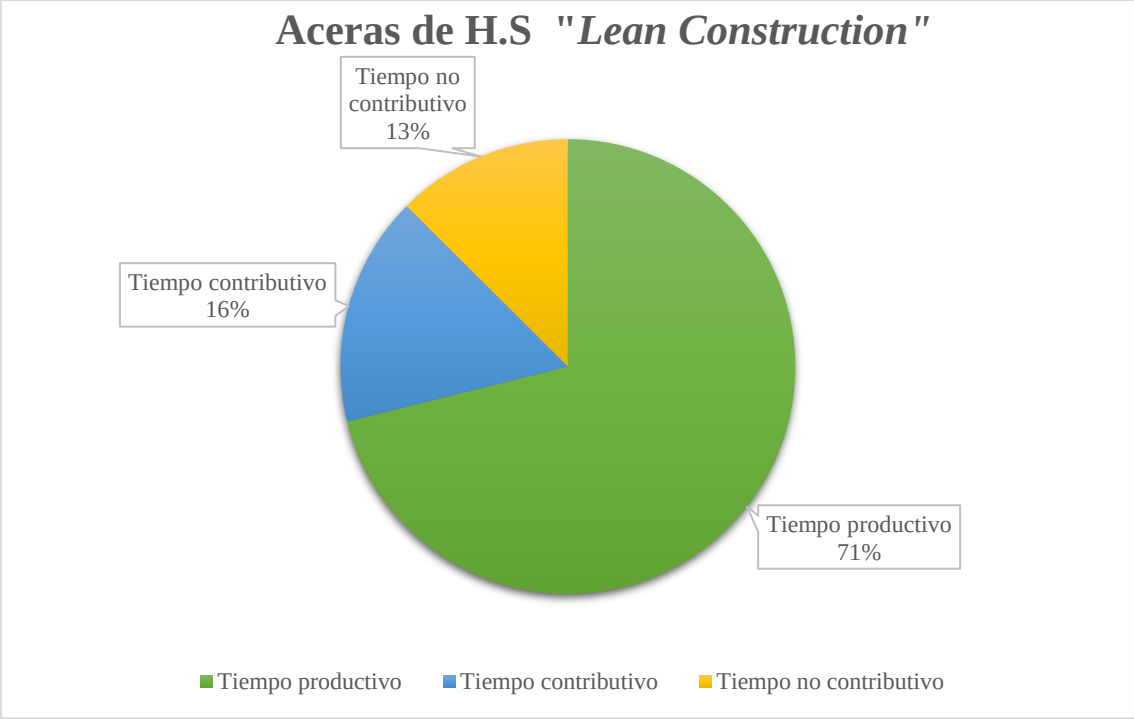


Gráfico 22 Tiempos "Lean Construction" Rubro (A)-Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el gráfico 22 correspondiente a la construcción de aceras bajo la filosofía "*Lean Construction*", tenemos un tiempo productivo de 71%, un tiempo contributivo de 16% y un no contributivo de 13%.

b) Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm²

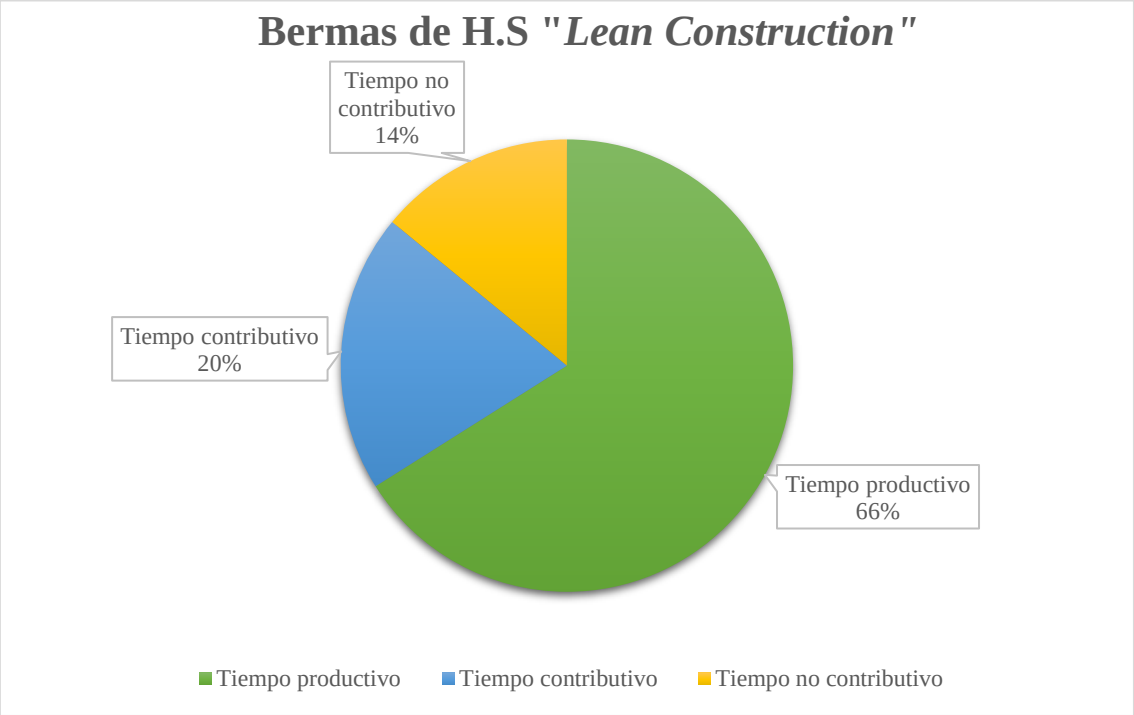


Gráfico 23 Tiempos "Lean Construction" Rubro (B)-Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el gráfico 23 correspondiente a la construcción de bermas bajo la filosofía "*Lean Construction*", tenemos un tiempo productivo de 66%, un tiempo contributivo de 20% y un no contributivo de 14%.

c) Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm²

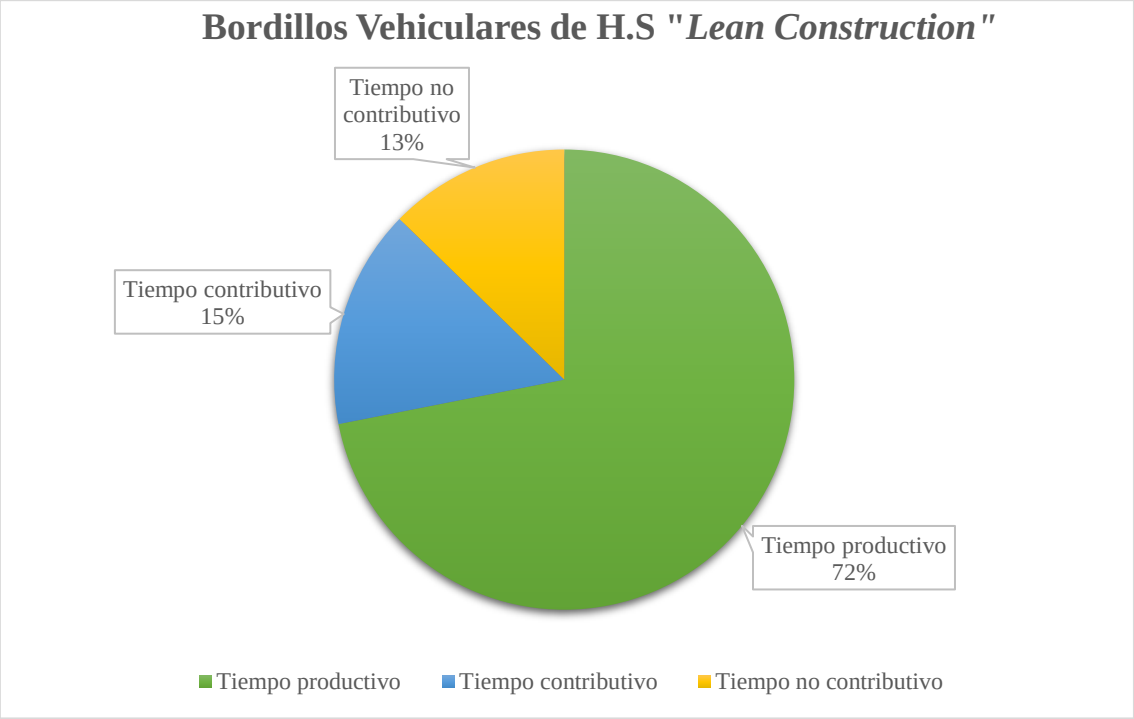


Gráfico 24 Tiempos "Lean Construction" Rubro (C)-Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el gráfico 24 correspondiente a la construcción de bordillos vehiculares bajo la filosofía "*Lean Construction*", tenemos un tiempo productivo de 72%, un tiempo contributivo de 15% y un no contributivo de 13%

d) Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm²

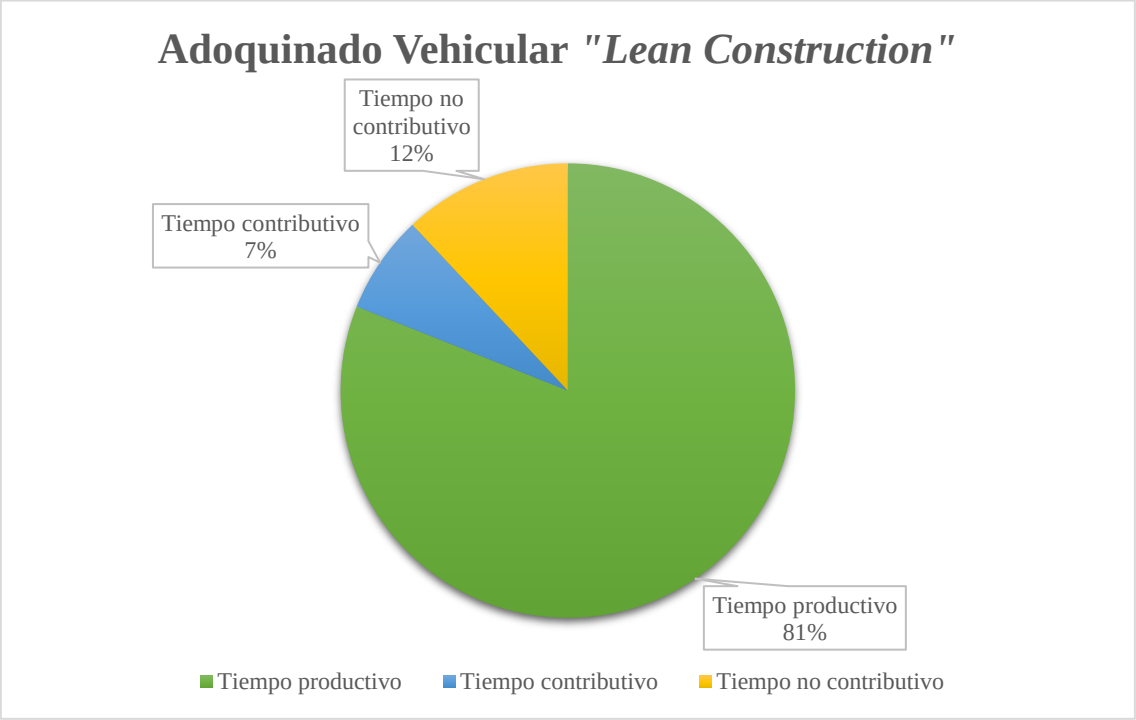


Gráfico 25 Tiempos "Lean Construction" Rubro (D)-Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el gráfico 25 correspondiente a la construcción de adoquinado vehicular bajo la filosofía "*Lean Construction*", tenemos un tiempo productivo de 81%, un tiempo contributivo de 7% y un no contributivo de 12%.

6.3._ Productividad por Rubro bajo la Filosofía *"Lean Construction"*

6.3.1._Cálculo de Productividad por Rubro

Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm²	
Cantidad Total	"*Lean Construction*"
	56%
213.59 m²	119.61
Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm²	
Cantidad Total	"*Lean Construction*"
	58%
54.69 ml	31.72
Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm²	
Cantidad Total	"*Lean Construction*"
	62%
60 ml	37.20
Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm²	
Cantidad Total	"*Lean Construction*"
	57%
2005.2 m²	1142.96

Cuadro 18 Volúmenes de Obra "Lean Construction"- Elaboración Propia

Como se puede apreciar en el cuadro 18, tenemos el volumen de obra total de cada rubro en la columna izquierda, la cual fue obtenida en campo con la ayuda del residente y superintendente de obra, en la columna del lado derecho se tiene el volumen de obra de los días que se construyó bajo la filosofía "Lean Construction" y también el porcentaje de éste en relación al volumen total de obra.

6.3.1.1._ Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (A)

Tiempo obtenido bajo la técnica "Prueba de Cinco Minutos" Rubro (A)

Aceras de H.S "*Lean Construction*"		Tiempo Productivo
Tiempo productivo	1:14:40	
Tiempo contributivo	0:17:10	1:31:50
Tiempo no contributivo	0:13:10	
Tiempo total	1:45:00	

Cuadro 19 Tiempos Rubro (A) "Lean Construction"-Elaboración Propia

Tiempo trabajado la Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (A)

$$Número\ de\ Días = 1\ [d]$$

$$Horas/Día = 8{:}00{:}00\ [\frac{h}{d}]$$

$$Horas\ Totales = (Número\ de\ Días) \cdot (\frac{Horas}{Día})$$

$$Horas\ Totales = 1\ [d] \cdot 8{:}00{:}00\ \left[\frac{h}{d}\right] = 8{:}00{:}00\ [h]$$

Proyección Tiempo Productivo Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (A)

	$Tiempo\ Total$	$Tiempo\ Productivo$
$Prueba\ de\ 5\ Minutos$	$1{:}45{:}00$	$1{:}31{:}50$
$Tiempo\ Total\ Trabajado$	$8{:}00{:}00$	X

$$X = \frac{(8{:}00{:}00) \cdot (1{:}31{:}50)}{1{:}45{:}00} = 6{:}59{:}49[h{:}mm{:}ss]$$

$$Tiempo\ Productivo\ Proyectado = 6{:}59{:}49[h{:}mm{:}ss]$$

Distribución de Cuadrilla de Trabajo Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (A)

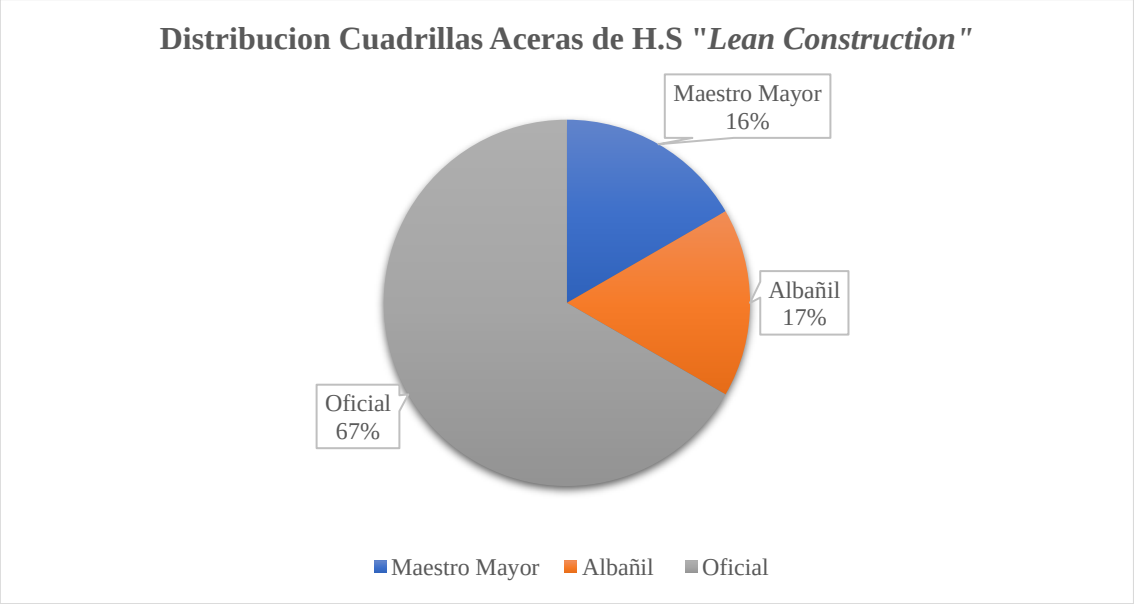


Gráfico 26 Cuadrilla de Trabajo "Lean Construction" Rubro (A) -Elaboración Propia

Descripción	Cantidad
Maestro Mayor	1
Albañil	1
Oficial	4

Cuadro 20 Cuadrilla de Trabajo "Lean Construction" Rubro (A) -Elaboración Propia

Cálculo de Productividad Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (A)

Se considera que todos los integrantes de la cuadrilla mantienen el mismo rendimiento

$C_T = 119.61\ m^2$ $\quad Cantidad\ Total\ Realizada\ por\ Caudrilla$

$\#T = 6H$ $\quad Número\ de\ Trabajadores$

$$C_{T \cdot H} = \frac{C_T}{\#T} = \frac{119.61\ m^2}{6H} = 19.94 \frac{m^2}{H} \quad Cantidad\ Realizada\ por\ Trabajador$$

Al usar la unidad de medida realizada sobre hora hombre por trabajador [U/h·H] se debe considerar todo el tiempo productivo únicamente en horas.

$$T_P = 6{:}\,59{:}\,49[h{:}\,mm{:}\,ss] \rightarrow\ 6.997\ [h] \quad Tiempo\ Productivo\ (horas)$$

Productividad Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (A)

$$P = \frac{C_{T \cdot H}}{T_P} = \frac{19.94 \left[\frac{m^2}{H}\right]}{6.997\ [h]} = 2.85 \left[\frac{m^2}{h \cdot H}\right]$$

Rendimiento Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (A)

$$R = \frac{1}{P} = \frac{1}{2.85 \left[\frac{m^2}{h \cdot H}\right]} = 0.351$$

6.4.1.2._ Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm² Rubro (B)

Tiempo obtenido bajo la técnica "Prueba de Cinco Minutos" Rubro (B)

Bermas de H.S "*Lean Construction*"		Tiempo Productivo
Tiempo productivo	1:09:21	1:30:15
Tiempo contributivo	0:20:54	
Tiempo no contributivo	0:14:45	
Tiempo total	1:45:00	

Cuadro 21 Tiempos Rubro (B) "Lean Construction"-Elaboración Propia

Tiempo trabajado Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (B)

$$Número\ de\ Días = 1\ [d]$$

$$Horas/Día = 8{:}00{:}00\ [\frac{h}{d}]$$

$$Horas\ Totales = (Número\ de\ Días) \cdot (\frac{Horas}{Día})$$

$$Horas\ Totales = 1\ [d] \cdot 8{:}00{:}00\ \left[\frac{h}{d}\right] = 8{:}00{:}00\ [h]$$

Proyección Tiempo Productivo Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (B)

	$Tiempo\ Total$	$Tiempo\ Productivo$
$Prueba\ de\ 5\ Minutos$	$1:45:00$	$1:30:15$
$Tiempo\ Total\ Trabajado$	$8:00:00$	X

$$X = \frac{(8:00:00)\cdot(1:31:50)}{1:45:00} = 6:52:34[h:mm:ss]$$

$$Tiempo\ Productivo\ Proyectado = 6:52:34[h:mm:ss]$$

Distribución de Cuadrilla de Trabajo Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (B)

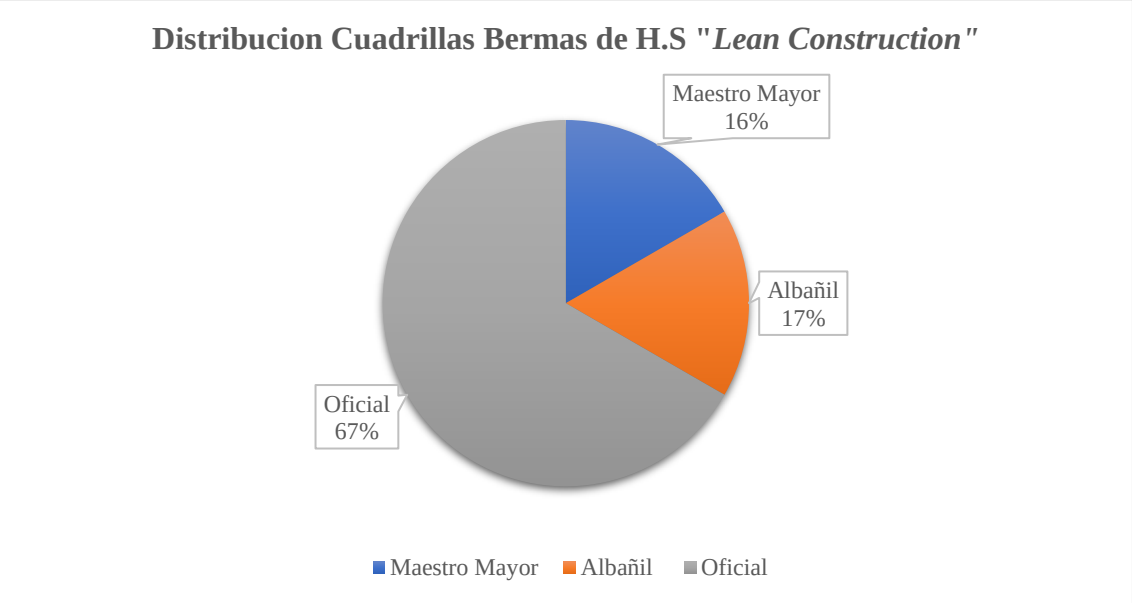


Gráfico 27 Cuadrilla de Trabajo "Lean Construction" Rubro (B) -Elaboración Propia

Descripción	Cantidad
Maestro Mayor	1
Albañil	1
Oficial	4

Cuadro 22 Cuadrilla de Trabajo "Lean Construction" Rubro (B) -Elaboración Propia

Cálculo de Productividad Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (B)

Se considera que todos los integrantes de la cuadrilla mantienen el mismo rendimiento

$C_T = 31.72\ ml$ $\quad Cantidad\ Total\ Realizada\ por\ Caudrilla$

$\#T = 6H$ $\quad N\acute{u}mero\ de\ Trabajadores$

$C_{T\cdot H} = \frac{C_T}{\#T} = \frac{31.72\ ml}{6H} = 5.29\frac{ml}{H}$ $\quad Cantidad\ Realizada\ por\ Trabajador$

Al usar la unidad de medida realizada sobre hora hombre por trabajador [U/h·H] se debe considerar todo el tiempo productivo únicamente en horas.

$T_P = 6{:}52{:}34[h{:}mm{:}ss] \rightarrow\ 6.88\ [h]$ $\quad Tiempo\ Productivo\ (horas)$

Productividad en el Rubro (B) bajo la filosofía "*Lean Construction"*

$$P = \frac{C_{T\cdot H}}{T_P} = \frac{5.29\left[\frac{ml}{H}\right]}{6.88\ [h]} = 0.77\left[\frac{ml}{h\cdot H}\right]$$

Rendimiento en el Rubro (B) bajo la filosofía "*Lean Construction"*

$$R = \frac{1}{P} = \frac{1}{0.77\left[\frac{ml}{h\cdot H}\right]} = 1.301$$

6.4.1.3._ Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (C)

Tiempo obtenido bajo la técnica "Prueba de Cinco Minutos" Rubro (C)

Bordillos Vehiculares de H.S "*Lean Construction*"		Tiempo Productivo
Tiempo productivo	1:15:30	
Tiempo contributivo	0:16:10	1:31:40
Tiempo no contributivo	0:13:20	
Tiempo total	1:45:00	

Cuadro 23 Tiempos Rubro (C) "Lean Construction"-Elaboración Propia

Tiempo trabajado Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (C)

$Número\ de\ Días = 1\ [d]$

$Horas/Día = 8{:}00{:}00\ [\frac{h}{d}]$

$$Horas\ Totales = (Número\ de\ Días) \cdot (\frac{Horas}{Día})$$

$$Horas\ Totales = 1\ [d] \cdot 8{:}00{:}00\ \left[\frac{h}{d}\right] = 8{:}00{:}00\ [h]$$

Proyección Tiempo Productivo Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (C)

	$Tiempo\ Total$	$Tiempo\ Productivo$
$Prueba\ de\ 5\ Minutos$	$1{:}45{:}00$	$1{:}31{:}40$
$Tiempo\ Total\ Trabajado$	$8{:}00{:}00$	X

$$X = \frac{(8{:}00{:}00) \cdot (1{:}31{:}40)}{1{:}45{:}00} = 6{:}59{:}03[h{:}mm{:}ss]$$

$$Tiempo\ Productivo\ Proyectado = 6{:}59{:}03[h{:}mm{:}ss]$$

Distribución de Cuadrilla de Trabajo Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (C)

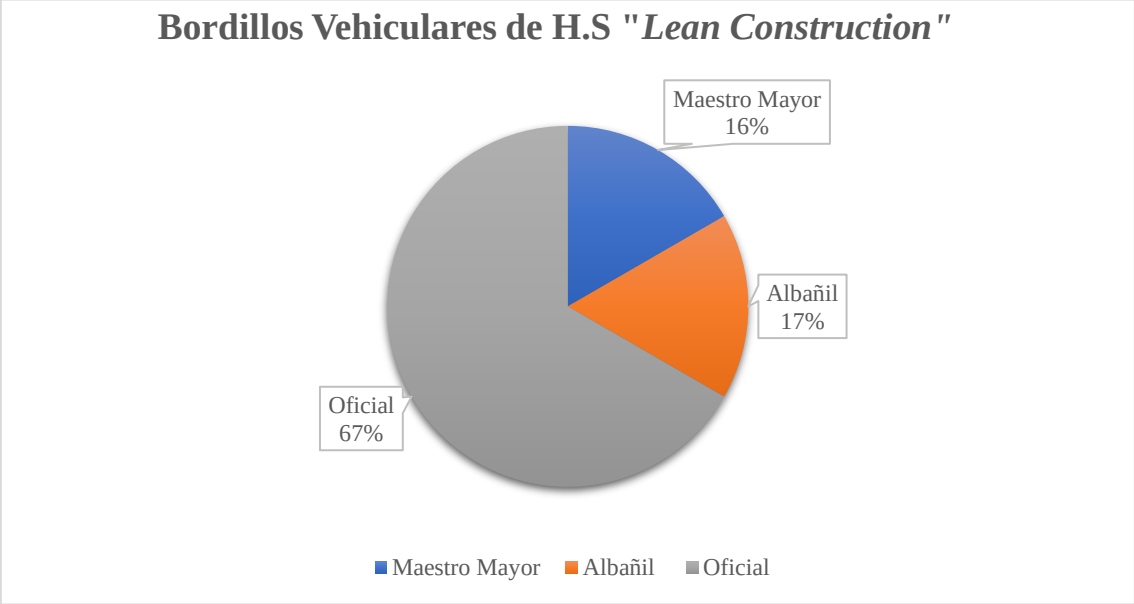


Gráfico 28 Cuadrilla de Trabajo "Lean Construction" Rubro (C) -Elaboración Propia

Descripción	Cantidad
Maestro Mayor	1
Albañil	1
Oficial	4

Cuadro 24 Cuadrilla de Trabajo "Lean Construction" Rubro (C) -Elaboración Propia

Cálculo de Productividad Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (C)

Se considera que todos los integrantes de la cuadrilla mantienen el mismo rendimiento

$C_T = 37.20\ ml$ $\quad$ $Cantidad\ Total\ Realizada\ por\ Caudrilla$

$\#T = 6H$ $\quad$ $Número\ de\ Trabajadores$

$$C_{T \cdot H} = \frac{C_T}{\#T} = \frac{37.20\ ml}{6H} = 6.2\frac{ml}{H} \quad Cantidad\ Realizada\ por\ Trabajador$$

Al usar la unidad de medida realizada sobre hora hombre por trabajador [U/h·H] se debe considerar todo el tiempo productivo únicamente en horas.

$$T_P = 6{:}59{:}03[h{:}mm{:}ss] \rightarrow 6.98\ [h] \quad Tiempo\ Productivo\ (horas)$$

Productividad Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (C)

$$P = \frac{C_{T \cdot H}}{T_P} = \frac{6.2 \left[\frac{ml}{H}\right]}{6.98\ [h]} = 0.89 \left[\frac{ml}{h \cdot H}\right]$$

Productividad Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (C)

$$R = \frac{1}{P} = \frac{1}{0.89 \left[\frac{ml}{h \cdot H}\right]} = 1.126$$

6.4.1.4._ Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm² Rubro (D)

Tiempo obtenido bajo la técnica "Prueba de Cinco Minutos" Rubro (D)

Bordillos Vehiculares de H.S "*Lean Construction*"		Tiempo Productivo
Tiempo productivo	5:40:20	
Tiempo contributivo	0:29:20	6:3:40
Tiempo no contributivo	0:50:20	
Tiempo total	7:00:00	

Cuadro 25 Tiempos Rubro (D) "Lean Construction"-Elaboración Propia

6.4.1.4.2._ Tiempo trabajado Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (D)

$Número\ de\ Días = 1\ [d]$

$Horas/Día = 8{:}00{:}00\ [\frac{h}{d}]$

$$Horas\ Totales = (Número\ de\ Días) \cdot (\frac{Horas}{Día})$$

$$Horas\ Totales = 4\ [d] \cdot 8{:}00{:}00\ \left[\frac{h}{d}\right] = 32{:}00{:}00\ [h]$$

Proyección Tiempo Productivo Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (D)

	$Tiempo\ Total$	$Tiempo\ Productivo$
$Prueba\ de\ 5\ Minutos$	$7{:}00{:}00$	$6{:}09{:}40$
$Tiempo\ Total\ Trabajado$	$32{:}00{:}00$	X

$$X = \frac{(32{:}00{:}00) \cdot (\ 6{:}09{:}400)}{7{:}00{:}00} = 28{:}09{:}54[h{:}mm{:}ss]$$

$$Tiempo\ Productivo\ Proyectado = 28{:}09{:}54[h{:}mm{:}ss]$$

Distribución de Cuadrilla de Trabajo Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (D)

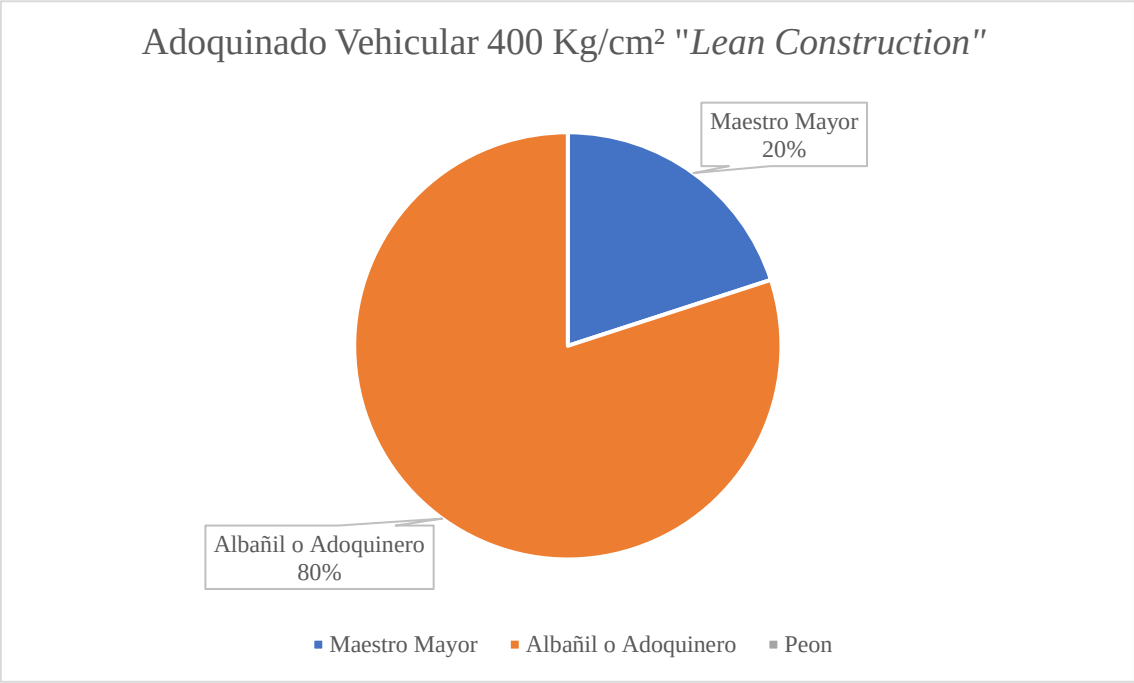


Gráfico 29 Cuadrilla de Trabajo "Lean Construction" Rubro (D) -Elaboración Propia

Descripción	Cantidad
Maestro Mayor	1
Albañil/Adoquinero	4

Cuadro 26 Cuadrilla de Trabajo "Lean Construction" Rubro (D) -Elaboración Propia

Cálculo de Productividad Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (D)

Se considera que todos los integrantes de la cuadrilla mantienen el mismo rendimiento

$C_T = 1142.96\, m^2$ $\quad Cantidad\ Total\ Realizada\ por\ Caudrilla$

$\#T = 5H$ $\quad Número\ de\ Trabajadores$

$$C_{T\cdot H} = \frac{C_T}{\#T} = \frac{1142.96\, m^2}{5H} = 140.83 \frac{m^2}{H} \quad Cantidad\ Realizada\ por\ Trabajador$$

Al usar la unidad de medida realizada sobre hora hombre por trabajador [U/h·H] se debe considerar todo el tiempo productivo únicamente en horas.

$T_P = 28{:}\,09{:}\,54[h{:}\,mm{:}\,ss] \rightarrow\ 28.17\ [h]$ $\quad Tiempo\ Productivo\ (horas)$

Productividad Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (D)

$$P = \frac{C_{T\cdot H}}{T_P} = \frac{140.83 \left[\frac{m^2}{H}\right]}{28.17\ [h]} = 8.12 \left[\frac{m^2}{h \cdot H}\right]$$

Rendimiento Filosofía *"Lean Construction"* Rubro (D)

$$R = \frac{1}{P} = \frac{1}{8.12 \left[\frac{m^2}{h \cdot H}\right]} = 0.123$$

6.4._ Resumen de Productividad bajo la Filosofía "*Lean Construction*"

Resumen "*Lean Construction*"		Tiempo Productivo Total [h:mm:ss]	Productividad [U/H·h]	Rendimiento
A	Aceras de H.S	6:59:49	2.849 [m²/H·h]	0.351
B	Bermas de H.S	6:52:34	0.769 [ml/H·h]	1.301
C	Bordillos Vehiculares de H.S	6:59:03	0.888 [ml/H·h]	1.126
D	Adoquinado Vehicular	28:09:54	8.116 [m²/H·h]	0.123

Cuadro 27 Resumen Productividad "Lean Construction"-Elaboración Propia

Una vez realizado el análisis aplicando la filosofía "Lean Construction" se puede evidenciar que con una mejora en la administración del proyecto, cambios generados y mejoras implementadas, la productividad aumenta, esto representa que dando un buen uso de la filosofía antes mencionada, podemos mejorar la calidad, optimizando recursos, tiempo y dinero.

CAPITULO VII.- COMPARATIVA METODOLOGIAS DE CONSTRUCCION

7.1._ Comparación realizada

En base a los resultados obtenidos de los capítulos previos 4 y 6 se realizó una comparativa de la productividad entre la construcción tradicional y la filosofía "*Lean Construction*", aquí se detalla matemática y gráficamente ambas productividades y también el porcentaje de aumento o reducción de esta aplicando las herramientas "*Lean*" versus el sistema de Construcción Tradicional.

7.1.1._Comparación de Productividad Rubro (A)

7.1.1.1._ Aceras de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (A)

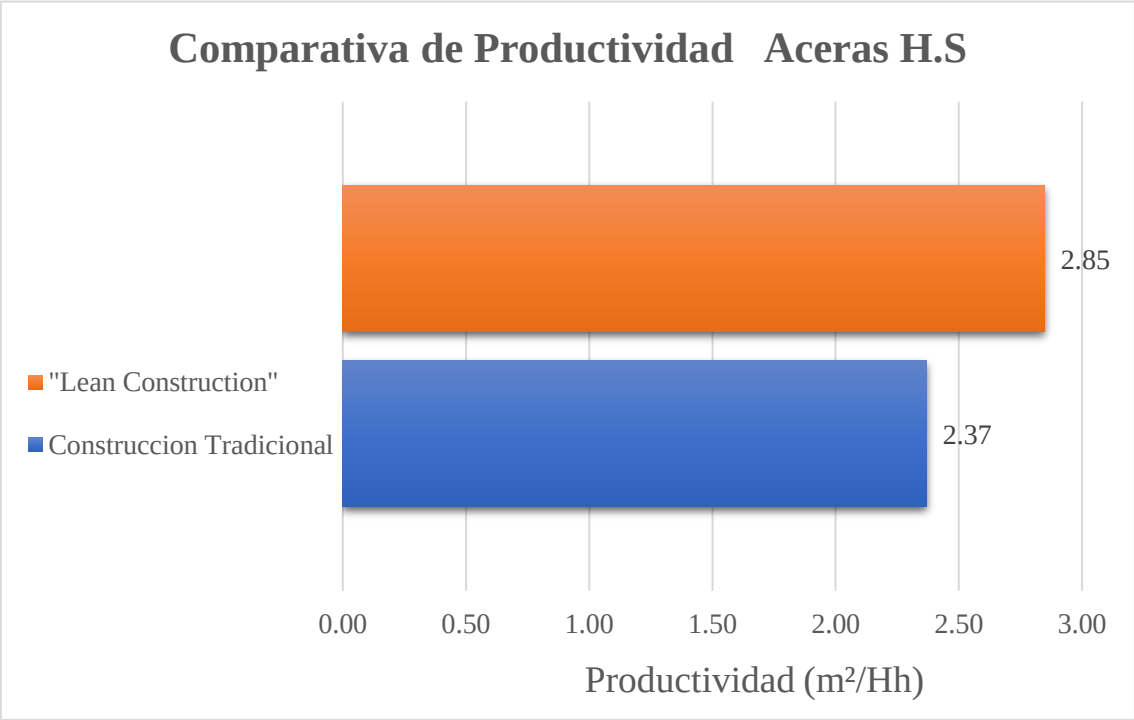


Gráfico 30 Comparación Productividad Rubro (A)- Elaboración Propia

7.1.1.2._ Aumento porcentual de Productividad Rubro (A)

Comparativa de Productividad Aceras H.S	
	Productividad (m²/h·H)
Construcción Tradicional	2.37
"*Lean Construction*"	2.85
Porcentaje de crecimiento con "*Lean Construction*"	
20.22%	

Cuadro 28 Aumento Porcentual de Productividad Rubro (A)-Elaboración Propia

Como se puede apreciar tanto en el grafico 30 como en el cuadro 28 referente al rubro de aceras en donde se realiza la comparación de la productividad entre el sistema de construcción tradicional y la filosofía “Lean Construction”, el porcentaje de crecimiento al aplicar dicha filosofía es del 20.22%.

7.1.2._Comparación de Productividad Rubro (B)

7.1.2.1._ Bermas de H.S f'c: 210 Kg/cm² Rubro (B)

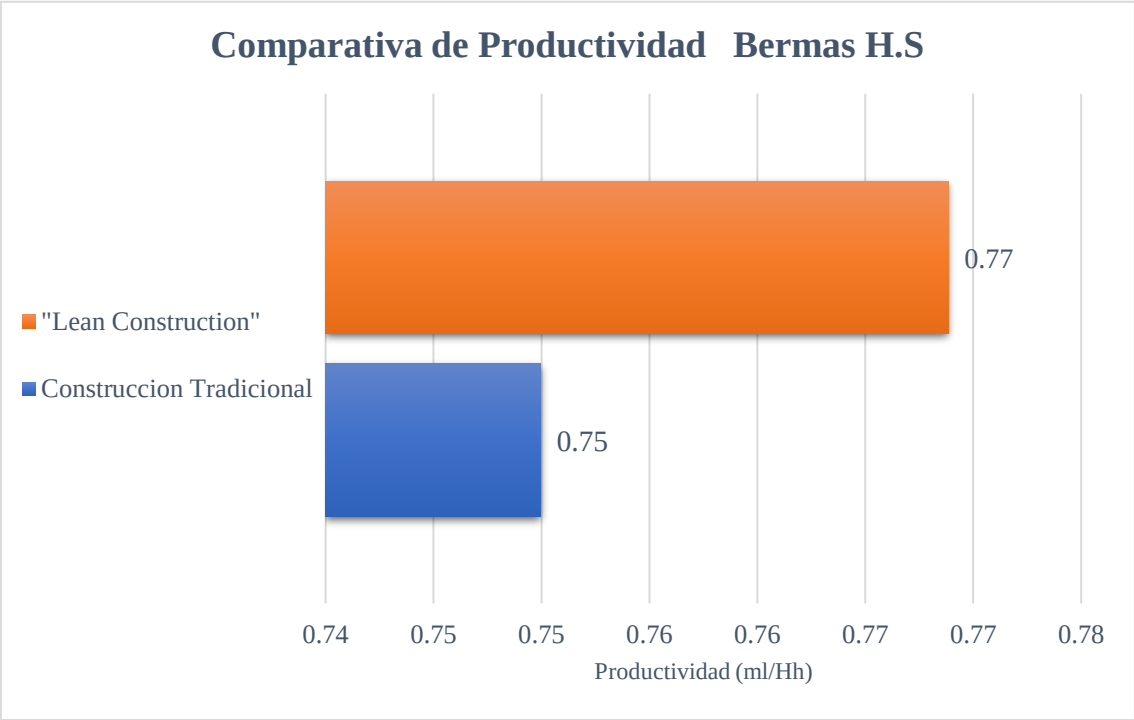


Gráfico 31 Comparación Productividad Rubro (B)- Elaboración Propia

7.1.2.2._ Aumento porcentual de Productividad Rubro (B)

Comparativa de Productividad Bermas H.S	
	Productividad (ml/h·H)
Construcción Tradicional	0.75
"Lean Construction"	0.77
Porcentaje de crecimiento con "Lean Construction"	
2.52%	

Cuadro 29 Aumento Porcentual de Productividad Rubro (B)-Elaboración Propia

Como se puede apreciar tanto en el grafico 31 como en el cuadro 29 referente al rubro de bermas en donde se realiza la comparación de la productividad entre el sistema de construcción tradicional y la filosofía "Lean Construction", el porcentaje de crecimiento al aplicar dicha filosofía es del 2.52%.

7.1.3._Comparación de Productividad Rubro (C)

7.1.3.1._ Bordillos Vehiculares de H.S f'c: 280 Kg/cm² Rubro (C)

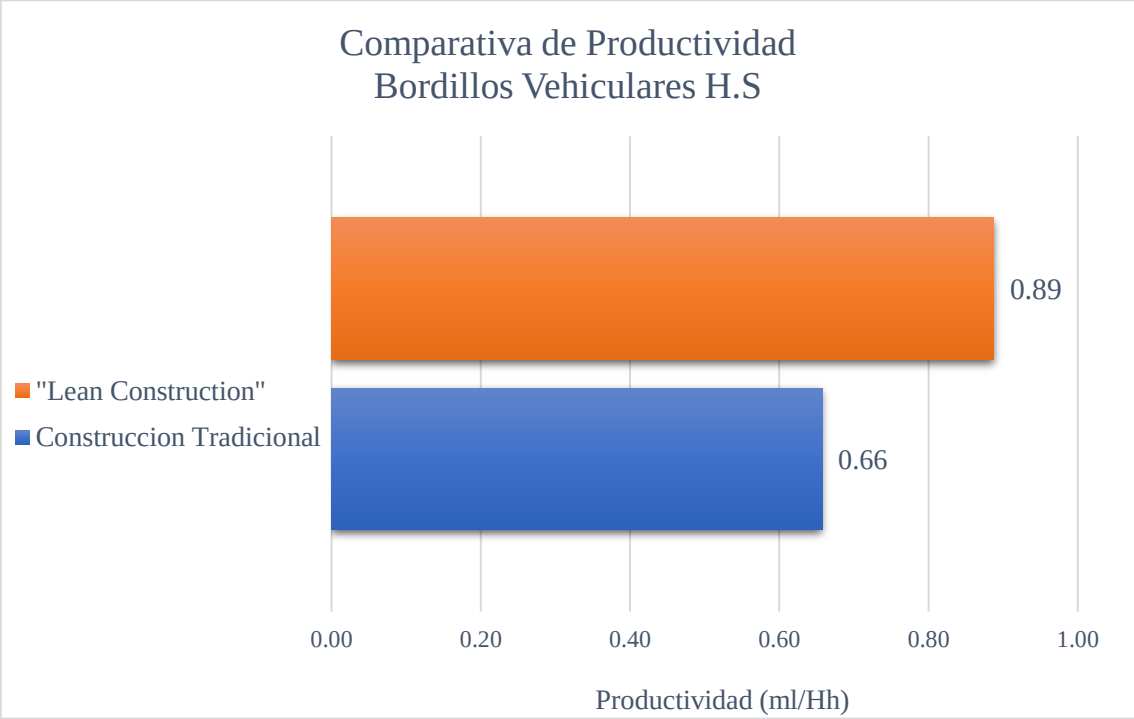


Gráfico 32 Comparación Productividad Rubro (C)- Elaboración Propia

7.1.3.2._ Aumento porcentual de Productividad Rubro (C)

Comparativa de Productividad Bordillos Vehiculares H.S	
	Productividad (ml/ h·H)
Construcción Tradicional	0.66
"*Lean Construction*"	0.89
Porcentaje de crecimiento con "*Lean Construction*"	
34.98%	

Cuadro 30 Aumento Porcentual de Productividad Rubro (C)-Elaboración Propia

Como se puede apreciar tanto en el grafico 32 como en el cuadro 30 referente al rubro de bordillos vehiculares en donde se realiza la comparación de la productividad entre el sistema de construcción tradicional y la filosofía "Lean Construction", el porcentaje de crecimiento al aplicar dicha filosofía es del 34.98%.

7.1.4._Comparación de Productividad Rubro (D)

7.1.4.1._ Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm² Rubro (D)

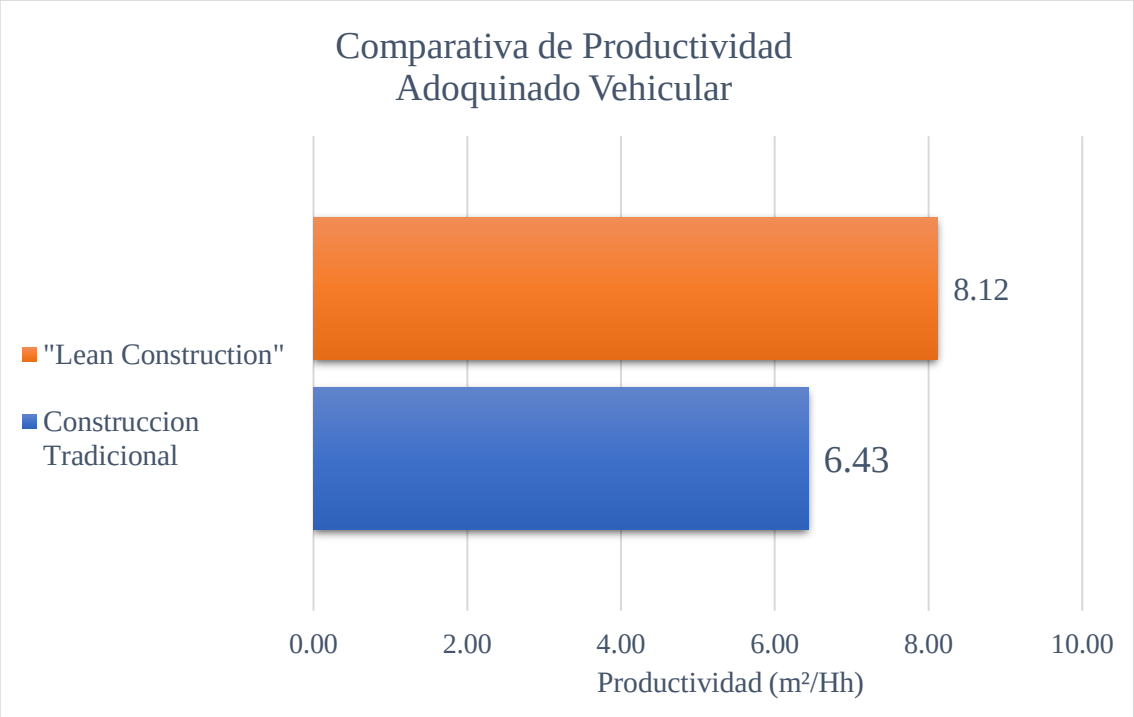


Gráfico 33 Comparación Productividad Rubro (D)- Elaboración Propia

7.1.2.4.1_ Aumento porcentual de Productividad Rubro (D)

Comparativa de Productividad Adoquinado Vehicular 400 Kg/cm²	
	Productividad (m²/Hh)
Construcción Tradicional	6.43
"*Lean Construction*"	8.12
Porcentaje de crecimiento con "*Lean Construction*"	
26.13%	

Cuadro 31 Aumento Porcentual de Productividad Rubro (D)-Elaboración Propia

Como se puede apreciar tanto en el grafico 33 como en el cuadro 31 referente al rubro de adoquinado vehicular en donde se realiza la comparación de la productividad entre el sistema de construcción tradicional y la filosofía “Lean Construction”, el porcentaje de crecimiento al aplicar dicha filosofía es del 26.13%.

7.2._ Análisis y variación de la Productividad

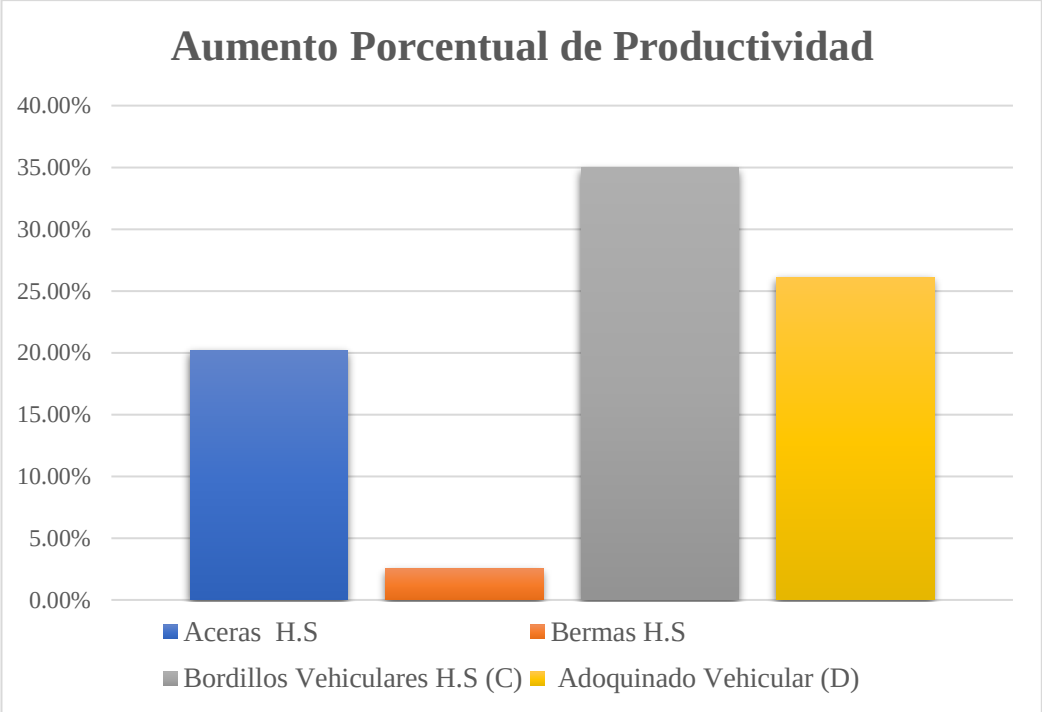


Gráfico 34 Aumento de Productividad Porcentual-Elaboración Propia

En función de la gráfica previa se demuestra que la aplicación de la filosofía "*Lean Construction"* logró un aumento de productividad mayor al 20% en la mayoría de los rubros analizados con excepción del Rubro (B) correspondiente a la construcción de Bermas de H.S en donde el aumento en productividad en únicamente del 2% sin embargo al tener un aumento significativo en los tres rubros restantes con énfasis en los rubros A y D correspondientes a la construcción de Aceras de H.S y al Adoquinado Vehicular ya que estos constituyen cerca del 60% de la obra se puede considerar que la aplicación de la filosofía "*Lean Construction"*

CAPÍTULO VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

→ Los retos de la construcción en la actualidad en nuestro país han hecho que muchos profesionales busquen la manera de gerenciar y administrar de mejores maneras sus proyectos y el "*Lean Construction*" es una filosofía que permite alcanzar estos nuevos objetivos.

→ Para iniciar nuestra investigación, se aplicó la ley de Pareto, con el cuál se pudo identificar los rubros más significativos, los cuales sirvieron para realizar el estudio comparativo entre la construcción tradicional y la filosofía "Lean Construction".

→ Una vez identificados los rubros más significativos, obtuvimos los datos de los diferentes tiempos (Productivo, contributivo y no contributivo) y con esto se logró analizar la productividad y determinar las deficiencias existentes bajo el sistema de construcción tradicional.

→ Se implementó la filosofía "*Lean Construction*" en los rubros antes analizados, para esto se utilizó la herramienta de las 5S, la cual nos ayudó a desarrollar nuestros rubros bajo dicha filosofía.

→ Una vez implementada la filosofía "*Lean Construction*" se analizó la productividad en los rubros antes mencionados, lo que nos permitió realizar el estudio comparativo entre el sistema de construcción tradicional y la filosofía antes mencionada.

→ Realizando la comparación en la construcción de bermas de hormigón simple, obtuvimos con el sistema de construcción tradicional una productividad de 0.75

ml/H·h y aplicando la filosofía "*Lean Construction*" la productividad fue de 0.77 ml/H·h, mejorando dicha productividad en un 2.52%.

→ Realizando la comparación en la construcción de aceras, obtuvimos con el sistema de construcción tradicional una productividad de 2.37 m2/H·h y aplicando la filosofía "*Lean Construction*" la productividad fue de 2.85 m2/H·h, mejorando dicha productividad en un 20.22%.

→ Realizando la comparación en la construcción de bordillos de hormigón simple, obtuvimos con el sistema de construcción tradicional una productividad de 0.66 ml/H·h y aplicando la filosofía "*Lean Construction*" la productividad fue de 0.89 ml/H·h, mejorando dicha productividad en un 34.98%.

→ Realizando la comparación en la construcción del adoquinado vehicular, obtuvimos con el sistema de construcción tradicional una productividad de 6.43 m2/H·h y aplicando la filosofía "*Lean Construction*" la productividad fue de 8.12 m2/H·h, mejorando dicha productividad en un 26.13%.

→ En base a la encuesta realizada a profesionales relacionados a la construcción se pudo evidenciar que el 59% ha escuchado hablar de la filosofía "Lean Construction", pero solo el 29% de estos profesionales han implementado esta filosofía alguna vez en sus proyectos.

→ Con esto nos podemos dar cuenta que pese a que la filosofía "*Lean Construction*" ayuda a mejorar la productividad en los proyectos, esta aún no es común su aplicación en el país.

→ Al terminar está investigación se pudo determinar la importancia de la gestión y la administración de proyectos, ya que esto permite optimizar tiempo, recursos y dinero, sin afectar la calidad de estos.

8.2. Recomendaciones

→ Se recomienda que a nivel de pregrado se trate de difundir de manera más profunda la gerencia de proyectos y las nuevas formas de administrar los mismos.

→ En caso de querer iniciar a utilizar la filosofía “Lean Construction” se recomienda utilizar las herramientas del 5S y PDCA, ya que estas son herramientas que permite la mejora continua y son de fácil aplicación.

→ Esperamos que este trabajo de titulación sirva como registro para posteriores investigaciones.

→ Como técnicas para aplicar las herramientas de la filosofía “*Lean Construction*” se recomienda utilizar las plantillas de inspección u hojas de verificación por su fácil utilización y las mismas que nos permiten tomar datos in situ, donde muchas veces es complicado utilizar recursos tecnológicos.

CAPÍTULO IX.- BIBLIOGRAFIA

→ Pinto, J. (2014*). Pensamiento Lean: La filosofía de las organizaciones*. Colombia: Lidel.

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

→ Guzmán, A. (2014). *Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos.* (Tesis de grado) PUCP, Lima.

→ Castillo, V. (2001) *Productividad en obras de construcción: diagnóstico, crítica y propuesta* (Tesis de grado). PUCP, Lima.

→ Herramientas Lean Manufacturing más importantes. (2022). Retrieved 13 March 2022, from *https://leanmanufacturing10.com/herramientas-lean-manufacturingmas-importantes-implantarlas*

→ Cano Moya, Sandra Liliana, *Modelo sistémico de evolución de Lean Construction, SLCE Model* Cali: Programa Editorial Universidad del Valle,2021.

→ O. Salem; J. Solomon; A. Genaidy; and I. Minkarah, *Lean Construction: From Theory to Implementation,* ASCE Library, (2006)

→ Sven Bertelsen, Lean *construction: Where we area and how to proceed* extraido de: *https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/lcj/LCJ_04_0009.pdf*

→ Glenn Ballard, Iris Tommelein, Lauri Koskela and Greg Howell, *"Lean Construction tools and techniques"* (2002)

→ Understanding the Principles of Lean Construction. (2022). Retrieved 13 March 2022, from *https://www.creativesafetysupply.com/articles/understanding-theprinciples-of-lean-construction/*

→ Vegas Israel*, "Que es Lean Construction o construcción sin pérdidas"* recuperado de: *https://evalore.es/que-es-lean-construction* el 4 de marzo 2021

→ Araque Gustavo. (2010) *"planeación e implementación de la filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicaciones del sistema Last Planner en un proyecto constructivo* (Tesis de Grado). Pontificia Universidad

→ Cuatrecasas, L. (2012). *Gestión de la producción. Modelos Lean Management; Organización de la producción y dirección de operacione.* Barcelona: Diaz de Santos.

→ Guamán, R. E. (Abril de 2018). La Filosofía Lean aplicada en la gerencia de proyectos para. *Trabajo presentado como requisito parcial para la obtención de: Magíster en Ciencias de la Ingeniería con énfasis en Gerencia de la construcción*. Quito, Pichincha, Ecuador: Hemeroteca UCE.

→ Martinez, M. (2012). *Guía para la presentación de proyectos.* Madrid: Siglo XXI.

→ Monsalve, N. A. (2018). *Introducción a la Gerencia de Proyectos Conceptos y Aplicación.* Bogota: Ediciones EAN.

→ Pinto, J. (2014). *Pensamento Lean: La filosofia de las organizaciones.* Colombia: Lidel.

→ Torres, R. (2018). Análisis y mejora de la productividad aplicando la filosofía LEAN construction en el mejoramiento de la Av. Pedro Miotta en San Juan de Miraflores- Lima . *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil*. Lima, Arequipa, Peru: Repositorio academico USMP.

→ Villaseñor, A. (2013). *Manual de Lean Manufacturing, guía básica.* Mexico: Limusa.