

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE LA
CONSTRUCCIÓN



IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN EL
PROYECTO DE SISTEMA DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA
POTABLE EN EL CAMPAMENTO STAFF ILO DE LA EMPRESA
CENTAURO EIRL EN EL AÑO 2019

TESIS

Presentado por:

Br. GILMER DAMIAN CCALLATA

Asesor:

Mag. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

Para Obtener el Grado Académico de:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE LA
CONSTRUCCIÓN

TACNA – PERÚ

2020

|

AGRADECIMIENTOS

A mi madre.

A mi asesor de tesis, A la Universidad Privada de Tacna y a mis docentes del Postgrado de la especialidad Maestría en Ingeniería Civil con mención en Gerencia de la construcción, por los conocimientos adquiridos, y los valores que nos ayudan en la vida profesional.

GILMER DAMIAN CCALLATA

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitirme lograr esta meta.

A mis padres por su apoyo incondicional en toda nuestra etapa universitaria.

GILMER DAMIAN CCALLATA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁG.
PÁGINA DE JURADO	I
AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
EL PROBLEMA	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1. Problema principal.....	3
1.2.2. Problemas secundarios.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	5
2.1.1. A nivel Internacional	5
2.1.2. A nivel Nacional	6
2.1.3. A nivel Local	8
2.2. BASES TEÓRICAS DEL CAMBIO PLANEADO	9
2.2.1. Filosofía Lean Construction	9

2.2.2. Objetivos del Lean Construction.....	10
2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS	26
CAPÍTULO III.....	28
MARCO METODOLÓGICO	28
3.1. HIPÓTESIS.....	28
3.1.1. Hipótesis general	28
3.1.2. Hipótesis específicas	28
3.2. VARIABLES	29
3.2.1. Variable Independiente	29
3.2.1. Variable Dependiente	29
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	29
3.5. POBLACIÓN DE ESTUDIO	30
3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	30
3.6.1. Procedimientos	30
3.6.2. Técnicas empleadas	30
3.6.3. Instrumentos para la recolección de los datos.....	31
CAPÍTULO IV	32
DIAGNÓSTICO SITUACIONAL.....	32
4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA FOCALIZADO	32
4.1.1. Presentación del nudo crítico	32
4.1.2. Características relevantes del caso.....	35
4.2. ANÁLISIS DE FACTORES CRÍTICOS.....	36
4.2.1. Causas	36
4.2.2. Consecuencias.....	36
4.3. DIFICULTAD A RESOLVER	36
CAPÍTULO V.....	37
APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION.....	37
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	37
5.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA	38
5.3. DESCRIPCIÓN DE LA VIABILIDAD DE LA PROPUESTA.....	41
CAPÍTULO VI.....	43

LOS RESULTADOS.....	43
6.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	43
6.2. DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIONABILIDAD DE LA PROPUESTA	44
6.3. CAMBIOS RELEVANTES DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA	46
6.3.1. Aspectos técnicos durante la ejecución para mejorar el resultado económico del proyecto	46
6.4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	48
6.4.1. Análisis de la productividad del trabajo de investigación	48
6.4.2. Discusión de resultados	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	120
7.1. CONCLUSIONES	120
7.2. RECOMENDACIONES	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
ANEXOS.....	126
ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA	126
ANEXO 02. PANEL FOTOGRÁFICO.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 1. Diferencias entre Lean Construction y formas actuales de gerencia de proyectos	16
Tabla 2. Herramientas Lean que contribuyen a una producción sostenible	25
Tabla 3. Datos geográficos del área de estudio	32
Tabla 4. Límites geográficos	34
Tabla 5. Presupuesto base	39
Tabla 6. Partidas analizadas con cartas balance.	44
Tabla 7. Partidas de Suministro e instalación de accesorios H.D. – PVC ISO	87
Tabla 8. Partidas de Suministro e instalación de válvula H.D. 6”, 4”, 3” y 2”, grifo contraincendio H.D. de 4”, empalme p/ conexión domiciliaria agua de 1 ½” y 1” PVC	88
Tabla 9. Índice de productividad de partidas base y optimizadas	116
Tabla 10. Porcentaje de variación de los análisis de precios unitarios base vs los optimizados.	117
Tabla 11. Comparación de los costos parciales obtenidos del presupuesto base y el presupuesto optimizado.	118
Tabla 12. Comparación de tiempos de las partidas base y optimizada.	119

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1. Ejemplo de utilización del diagrama de Ishikawa	45
Figura 2. Sectorización de la línea de conducción y la red de agua potable.....	47
Figura 3. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Limpieza del terreno manual.....	49
Figura 4. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Limpieza del terreno manual.	49
Figura 5. Carta balance de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.	51
Figura 6. Resumen de actividades de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.	52
Figura 7. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.....	52
Figura 8. Carta balance optimizada de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.	53
Figura 9. Resumen de actividades optimizada de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.....	54
Figura 10. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.	54
Figura 11. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Limpieza del terreno manual.....	55
Figura 12. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Limpieza del terreno manual.	55
Figura 13. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Trazo niveles y replanteo para conexiones domiciliarias.....	56
Figura 14. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Trazo niveles y replanteo para conexiones domiciliarias.....	56
Figura 15. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Retiro de tubería existente.	57

Figura 16. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Retiro de tubería existente.....	57
Figura 17. Carta balance de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.....	60
Figura 18. Resumen de actividades de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.	61
Figura 19. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.	61
Figura 20. Carta balance optimizada de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.	62
Figura 21. Resumen de actividades optimizada de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.	63
Figura 22. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.	63
Figura 23. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.	64
Figura 24. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.	64
Figura 25. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Excavación de zanjas T.N. conexión domiciliaria tub. PVC Diám. $\leq 2''$	65
Figura 26. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Excavación de zanjas T.N. conexión domiciliaria tub. PVC Diám. $\leq 2''$	66
Figura 27. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Refine y nivelación de zanja terreno normal P/Tub. ≤ 160 mm.	66
Figura 28. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Refine y nivelación de zanja terreno normal P/Tub. $\leq 2''$	66
Figura 29. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Relleno compactado con material propio seleccionado.	67
Figura 30. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Relleno y compactación de zanja c/mat. Préstamo.	67

Figura 31. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Acarreo de material excedente hasta 30m.	68
Figura 32. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Acarreo de material excedente hasta 30m.	68
Figura 33. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Eliminación de material excedente c/equipo.	69
Figura 34. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Eliminación de material excedente c/equipo.	69
Figura 35. Carta balance de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.	72
Figura 36. Resumen de actividades de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.	73
Figura 37. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.	73
Figura 38. Carta balance optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.	74
Figura 39. Resumen de actividades optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.	74
Figura 40. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.	75
Figura 41. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm UF C - 10.	75
Figura 42. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 110mm UF C - 10.	76
Figura 43. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 90mm UF C - 10.	76
Figura 44. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 63mm UF C - 10.	77
Figura 45. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm UF C - 10.	77

Figura 46. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 110mm UF C - 10.	78
Figura 47. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 90mm UF C - 10.	78
Figura 48. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 63mm UF C - 10.	79
Figura 49. Carta balance de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.	82
Figura 50. Resumen de actividades de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".	82
Figura 51. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".	82
Figura 52. Carta balance optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".	83
Figura 53. Resumen de actividades optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".	84
Figura 54. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".	84
Figura 55. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2".	85
Figura 56. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 1 1/2".	85
Figura 57. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 1".	85
Figura 58. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2".	86
Figura 59. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 1 1/2".	86
Figura 60. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 1".	86

Figura 61. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 2".	89
Figura 62. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 1 ½".	89
Figura 63. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 1".	90
Figura 64. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 2".	90
Figura 65. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 1 ½".	91
Figura 66. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 1".	91
Figura 67. Carta balance de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.	96
Figura 68. Resumen de actividades de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.	97
Figura 69. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.	97
Figura 70. Carta balance optimizada de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.	98
Figura 71. Resumen de actividades optimizada de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.	99
Figura 72. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.	99
Figura 73. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.	100
Figura 74. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.	100
Figura 75. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Empalme de tubería a red de agua existente \varnothing 6".	101
Figura 76. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Empalme de tubería a red de agua existente \varnothing 6".	101

Figura 77. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 160 mm.	102
Figura 78. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 110 mm.	102
Figura 79. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 90 mm.	103
Figura 80. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 63 mm.	103
Figura 81. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 160 mm.	104
Figura 82. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 110 mm.	104
Figura 83. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 90 mm.	105
Figura 84. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 63 mm.	105
Figura 85. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Corte y rotura de pavimento de concreto existente E = 6".	106
Figura 86. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Corte y rotura de pavimento de concreto existente E = 6".....	106
Figura 87. Carta balance de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.	111
Figura 88. Resumen de actividades de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.	112
Figura 89. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.	112
Figura 90. Carta balance optimizada de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.	113
Figura 91. Resumen de actividades optimizada de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.	114

Figura 92. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.....	114
Figura 93. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.	115
Figura 94. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.	115

RESUMEN

La presente investigación titulada “Implementación de la filosofía Lean Construction en el proyecto de sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019”, corresponde a un trabajo de Tesis para optar por el título de Maestro en Ingeniería Civil con mención en Gerencia de la Construcción.

El objetivo de la investigación es implementar el uso de herramientas para mejorar la productividad en el presente proyecto de línea de aducción y redes de distribución en el campamento de la empresa Staff Ilo.

Para ello se propone una investigación de tipo básica, con un nivel transversal y prospectiva, cuyo método de investigación es cuantitativo y de diseño no experimental.

Se concluye que la implementación del Lean Construction corresponde a una herramienta que permite mejorar la productividad en el presente proyecto de saneamiento, en función de la mejora de los tiempos empleados por el personal de obra, optimizando el uso de los recursos humanos.

PALABRAS CLAVE

Saneamiento, obra pública, productividad, restricciones, calidad, filosofía, Kaizen.

ABSTRACT

The present research entitled “Implementation of the Lean Construction philosophy in the project of adduction system and distribution of drinking water in the Staff Ilo camp of the company Centauro EIRL in the year 2019”, corresponds to a thesis work to opt for the title Master in Civil Engineering with a mention in Construction Management.

The objective of the research is to implement the use of tools to improve productivity in the present project of driving line and distribution networks in the Staff Ilo company camp.

For this, an application-type research is proposed, with a transversal and prospective level, whose research method is quantitative and of a non-experimental design.

It is concluded that the implementation of Lean Construction corresponds to a tool that improves productivity in this sanitation project, depending on the improvement of the time spent by the workforce, optimizing the use of human resources.

KEY WORDS

Sanitation, public works, productivity, restrictions, quality, philosophy, Kaizen.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada “Implementación de la filosofía Lean Construction en el proyecto de sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019” tiene su desarrollo en seis capítulos.

En el primero de ellos se presenta el Planteamiento del Problema, en el cual se realiza una descripción de la realidad problemática, formulación del problema, justificación de la investigación y objetivos específicos.

En la segunda parte se presenta el Marco Teórico, en el cual se indican los Antecedentes, a nivel internacional, nacional y local, seguido por las bases teóricas que desarrollan los planteamientos relacionados al Lean Construction.

En la tercera parte se presenta el Marco Metodológico, el cual corresponde a la formulación de las hipótesis, determinación de las variables, indicación del tipo y nivel de investigación, determinación de la población, y técnicas e instrumentos que faciliten la realización del estudio.

En la cuarta parte se presenta el diagnóstico situacional con la descripción del problema focalizado, y el análisis de factores críticos con la dificultad a resolver.

En la quinta parte se presenta la Aplicación del Lean Construction, una descripción de la propuesta, su estructura y su viabilidad para el presente proyecto.

En la sexta parte se presentan los Resultados, que corresponden a la implementación de la propuesta, midiendo su impacto en la productividad.

En la última parte se presentan las Conclusiones, Recomendaciones y Referencias Bibliográficas utilizadas en el presente informe.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión de proyectos de construcción hoy en día exige la mejora continua enfocada en la minimización de pérdidas y maximización del valor del producto, con un diseño basado en el cliente.

Es por ello que muchas organizaciones han iniciado la aplicación de una nueva metodología denominada “Lean”, la cual a partir de su aplicabilidad permite incrementar la productividad de los procesos de construcción para lograr mejoras sobre la rentabilidad total del proyecto y eliminar desperdicios.

La filosofía Lean Construction permite mejorar el rendimiento de los sistemas de control y planificación a partir de una evaluación y puesta en marcha de mejoras. En tal sentido, esta filosofía mejora los tiempos de espera sobre la insuficiencia de equipos, herramientas o materiales, tiempos de espera por falta de una correcta construcción, tiempos de inactividad, desplazamientos innecesarios, acumulación de materiales, retrasos en los incumplimientos, entre otros factores que son determinantes para la ejecución del proyecto.

Esta filosofía es relativamente nueva en el Perú, y aun muchas organizaciones han iniciado una primera etapa de adecuación y otras aun no, como es el caso de Centauro EIRL, la cual brinda servicios mineros en el campamento Staff Ilo, y que presenta deficiencias en relación al uso de materiales para los procesos de sistemas de aducción y distribución de agua potable, generándose pérdidas que requieren una evaluación y ejecución de acciones permanentes para que no se vea afectada la productividad.

La presente tesis se enfoca en analizar dicha problemática y plantear una solución directa sobre los procesos citados, mejorando la productividad a partir de la aplicación de la filosofía Lean Construction en el proyecto de Centauro EIRL.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema principal

- ¿Cuál será el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019?

1.2.2. Problemas secundarios

- ¿Cuál será el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de medición de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019?
- ¿Cuál será el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de evaluación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019?
- ¿Cuál será el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de planeación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se justifica debido a que:

- a) Se genera una revisión y aportes en un plano teórico debido a que la tesis exige la revisión de la teoría del Lean Construction, las cuales son ampliadas a partir del caso empírico del campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL, por lo cual la tesis se enfoca en lograr un contraste entre la teoría y la realidad generando tales aportes a las ciencias ingenieriles.
- b) En un plano metodológico la investigación se justifica debido a que para desarrollar la tesis se emplea una serie de metodologías y técnicas de recolección de datos, los mismos que permitirán poner en aplicación el método científico para la investigación, lo que conducirá a resolver el problema de

estudio, a partir del cumplimiento de los objetivos, y comprobación de hipótesis. La metodología de investigación podrá ser empleada por futuros investigadores para resolver problemáticas análogas a la presente.

- c) En un plano práctico, la implementación de la filosofía Lean Construction, es una oportunidad para que las operaciones del campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL puedan ver mejoras en términos de productividad de sus procesos, por lo cual, la tesis representa una guía y modelo que permita generar cambios y mejoras sobre los procesos, a fin de maximizar el uso de recursos y lograr mejores resultados organizacionales.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.

1.4.2. Objetivos específicos

- Medir el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de medición de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.
- Evaluar el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de evaluación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.
- Analizar el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de planeación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. A nivel Internacional

Villamizar & Ortiz (2016), elaboraron la tesis titulada “Implementación de los principios de Lean Construction en la constructora Colproyectos S.A.S. de un proyecto de vivienda en el Municipio de Villa del Rosario”, de la Universidad Industrial de Santander, en Colombia. Presentó un tipo de investigación descriptiva, y la muestra estuvo conformada por un total de 92 personas. Como instrumento de recolección de datos, se realizaron consultas a la obra Arboretto, como también de información secundaria. La información se analizó a través de hojas de Cálculo Excel, para la realización del Last Planner, Líneas de Balance, los PAC, toma de tiempos en obra, y a través de los cuales se realizaron cambios en la producción de la obra Arboretto, contribuyendo a la reducción de desperdicios en el proyecto, mejorando el actual sistema de logística. También se utilizó la herramienta AutoCAD para la evaluación de los Avances de Obra, y finalmente, se concluyó que gracias a la implementación del Lean Construction se permitió organizar las etapas del ciclo productivo secuencialmente de nuestras actividades en obra y se constituyó para la constructora en una herramienta de gran importancia para poder organizar sus proyectos en las diferentes etapas constructivas e implementarlo en ocasiones futuras.

Costa (2016), realizó la tesis titulada “Estudio para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía “Lean Construction” en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias, casos: Cuenca y Loja”, de la Universidad de Cuenca, en Ecuador. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la factibilidad o posibilidad de introducción de la filosofía “Lean Construction” en la etapa de planificación y diseño, en empresas públicas y privadas de Cuenca y Loja, para mejorar la

productividad de los proyectos de construcción. El tipo de investigación aplicada fue descriptiva, y la muestra estuvo conformada por 100 personas, a quienes se les aplicaron encuestas mediante el instrumento del cuestionario, para la recolección de datos. Una vez realizado las pruebas estadísticas y análisis de resultados correspondientes, se concluyó que la implementación de la filosofía “Lean Construction” como base para el planteamiento de procesos que mejoren el aprovechamiento de recursos es factible y pertinente.

Brioso (2015), elaboró la tesis titulada “El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación”, de la Universidad Politécnica de Madrid, en España. Tuvo como objetivo regular la figura de la Construcción sin Pérdidas (Lean Construction) dentro de la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), y determinar la relación de la Construcción sin Pérdidas (Lean Construction) con el “Project & Construction Management”, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de cada agente en el caso que actúen simultáneamente en un proyecto de edificación. Una vez aplicado como procedimiento la filosofía Lean Construction, se concluyó que se hace imprescindible la necesidad de la regulación del agente: especialista "Lean Construction", acorde a las figuras generales de gestor del diseño, gestor constructivo y gestor de contratos en el marco normativo español (Ley de Ordenación de la Edificación) ante su vacío legal.

2.1.2. A nivel Nacional

Cotrina (2017), realizó la tesis titulada “Aplicación del Lean Construction para optimizar la productividad en una obra de ampliación del pabellón educativo en Ñaña – Lurigancho – Lima 2017”, de la Universidad César Vallejo, en Lima. Tuvo como objetivo demostrar que la aplicación de Lean Construcción genera optimización de la productividad. El tipo de investigación fue exploratorio y diseño pre experimental con pre y post test de un solo grupo. La muestra estuvo representada por la ampliación del pabellón educativo de la Institución Educativa N° 314604 - Nuestra Señora de la Sabiduría, extraída de una población de 106

instituciones educativas de la UGEL 06 del nivel primaria y secundaria. Se utilizó la ficha técnica como instrumento para la recolección de datos. Una vez realizado los análisis estadísticos correspondientes, se concluyó que la selección de herramientas Last Planner y Look Ahead propuestas y aplicadas del Lean Construction en la presente investigación, optimizaron la productividad en la muestra de estudio en 14%.

Deville & Gallo (2017), desarrollaron la investigación “Contribución de Lean Construction para alcanzar la construcción sostenible”, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en Lima. El objetivo principal fue demostrar que la aplicación de la filosofía Lean en el rubro tiene un impacto positivo en el propósito de lograr una construcción sostenible. Respecto al marco metodológico, se realizó un análisis comparativo de la simulación de la construcción de un proyecto inmobiliario de vivienda masiva a través de dos metodologías: producción tradicional y principios de Lean Construction. Se realizaron encuestas y entrevistas dirigidas a ingenieros de producción, residentes o de oficina técnica de proyectos de construcción ejecutados recientemente. Después de realizado el cálculo de transporte de materiales y comparación de resultados, se concluyó que aplicando las herramientas de la filosofía Lean, el consumo de materiales se reduce (2.3% y 7% en concreto premezclado y acero de refuerzo). Como consecuencia de ello, se demostró que los impactos ambientales también disminuyen.

Flores (2016), realizó la tesis titulada “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de la construcción del estadio de la UNA – Puno”, de la Universidad Nacional del Altiplano, en Puno. El objetivo principal fue formular la propuesta de planificación, programación, ejecución y control bajo el entorno de la filosofía de Lean Construction que fomente el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA – PUNO. El tipo de investigación aplicada fue descriptivo, de nivel exploratorio y diseño no experimental transeccional. Se tomó una muestra de todos los obreros que laboran en la construcción, aplicando fichas de registro de datos como técnica de

recopilación de información. Una vez realizada la propuesta de la aplicación de la filosofía Lean Construction, se concluyó que es posible mejorar el desempeño de los proyectos mediante la formulación de un nuevo sistema de gestión en la obra en estudio empleando la Construcción Lean y sus herramientas de planificación, programación, ejecución y control, para mejorar la productividad y la optimización de mano de obra, materiales y equipos.

2.1.3. A nivel Local

Maldonado (2017), realizó la tesis titulada “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos en el proyecto de vivienda el nuevo rancho, Surco, Lima”, de la Universidad Privada de Tacna. El objetivo del trabajo fue demostrar la aplicación de la filosofía Lean Construction como método de planificación, ejecución y control de un proyecto de construcción desarrollado en la ciudad de Lima, optimizando la productividad, el costo y cumplimiento de la programación en la ejecución de las partidas desarrolladas por personal de la empresa. Después de desarrollado el marco teórico de Lean Construction, se desarrolló la metodología referente a Lean Project Delivery System – LPDS y Last Planner System – LPS. Después de realizado los análisis metodológicos implicados, se concluyó que la aplicación de las herramientas propuestas por la filosofía Lean Construction en el proyecto y la utilización de cuadrillas especializadas, permitieron la optimización de dichas cuadrillas, lo que se tradujo en resultados similares a los medidos en los últimos años en Lima y en Chile, que demostraron un incremento en la productividad de cuadrillas.

Paxi (2015), elaboró la investigación titulada “Propuesta metodológica para la mejora de la planificación, programación y control de obras de construcción aplicando la interacción de las herramientas de Lean Construction y BIM”, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, en Tacna. El objetivo fue desarrollar una metodología que promueva una mayor interacción de las herramientas de Lean Construction (LC) y Building Information Modeling (BIM) para la mejora de la planificación, programación y control de obras de construcción.

El tipo de investigación fue cuantitativa, propositiva y cuasi experimental. La muestra estuvo conformada por 12 subpartidas. Se usaron diferentes herramientas e instrumentos tales como el software Revit, Last Planner y MS Excel, para la implementación de sectorización, implementación del sistema del último planificador y medición de índices de productividad respectivamente. A partir de los resultados obtenidos durante las mediciones hechas en el proyecto, se concluyó que se logró proponer una metodología de aplicación de herramientas Lean Construction integrándose a las herramientas de Building Information Modeling (BIM), promoviendo una planificación colaborativa, disminuyendo la incertidumbre en la ejecución de las tareas y mejorando la confiabilidad y flujo de información a través de todos los involucrados en la obra.

2.2. BASES TEÓRICAS DEL CAMBIO PLANEADO

2.2.1. Filosofía Lean Construction

Se originó del Lean Production Management, que produjo una revolución en el diseño y producción industrial en el siglo XX. Lean Construction (Construcción sin pérdidas en español) es un enfoque orientado a la gestión de proyectos de construcción y en sus desarrollos recoge las buenas prácticas del enfoque tradicional (Project Management) y las coloca en su marco teórico.

Lean Construction ve los proyectos como sistemas temporales de Producción, reconociendo las características de singularidad de los proyectos, es decir que los diseños de sistemas de producción son únicos entre sí y aplicando para todas las mismas bases de diseño.

La idea principal de Lean Construction es la eliminación de inventarios y pérdidas, la subdivisión de la producción en pequeñas partes, la simplificación de la estructura de la producción, la utilización de máquinas semiautomáticas, la cooperación entre proveedores, etc. (Morillo & Lozano, 2007).

Conjuntamente a esto, consciente de que es necesario saber cómo identificar los procesos que generan restricciones o “cuellos de botella”, ya que son estos

factores los que bloquean la obtención de ganancias a una empresa, propone una forma de hallarlos y controlarlos (Goldratt, 2010).

2.2.2. Objetivos del Lean Construction

De acuerdo a Howell (1999), los objetivos que persigue el Lean Construction son:

- Diseño en conjunto del producto y el proceso.
- Controlar la producción desde el diseño hasta su entrega.
- Reducir las actividades que no agreguen valor al producto.
- Reducir la variabilidad del proyecto.
- Maximizar el valor del proyecto atendiendo los requerimientos del cliente.

2.2.2.1. Características de Lean Construction

Podemos mencionar las siguientes:

- a) Trabajo en equipo.
- b) Comunicación permanente.
- c) Eficiente uso de recursos.
- d) Mejoramiento continuo (kaizen).
- e) Constructabilidad.
- f) Mejora de la productividad basándose en la Ingeniería de Métodos como las letras de equilibrio.
- g) Reducción del trabajo no contributivo (tiempo de inactividad), aumento del trabajo productivo y una gestión racional del trabajo contributivo.
- h) Utilización del diagrama causa-efecto de Ishikawa (espina de pescado).
- i) Reducción de los costos de equipos, materiales y servicios.
- j) Reducción de los costos de construcción.
- k) Reducción de la duración de la obra.
- l) Las actividades base son críticas y toda holgura es pérdida de costo y tiempo.

2.2.2.2. Principios de Lean Construction

Como la industrialización de la construcción es compleja, algunos principios que nos ayudan a comprender y aplicar Lean Construction son importantes. De

acuerdo a Koskela (1992), la nueva filosofía de producción propone los siguientes principios:

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

Conceptualizando los principios anteriores:

a) Reducir la proporción de actividades que no agregan valor

Si desea hacerlo de forma directa, puede dibujar diagramas de flujo que le permitan visualizar las actividades que intervienen en los procesos fundamentales para eliminar aquellas que están determinadas de manera visible como actividades que no agregan valor.

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

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

de la siguiente, ya sea en la cantidad de producto que ingresará a la nueva actividad, el tiempo que demora en llegar, los materiales, etc.

c) Reducir la variabilidad

Si bien en la etapa de diseño, la variabilidad representa un aspecto positivo, puesto que significa que el tiempo que se empleó en desarrollar ésta ha servido para aportar valor, en el caso de la construcción es un resultado indeseable. Desde el punto de vista del cliente, un producto uniforme siempre es mejor. Mirado desde el aspecto interno, para el constructor la variabilidad, situada especialmente durante el periodo de tiempo que dura una actividad, aumenta el volumen de actividades que no agregan valor. Estos 02 puntos de vista importantes nos llevarán a tener en cuenta estrategias planteadas por Lean Construction para el manejo de la variabilidad, tales como:

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

d) Reducir el tiempo del ciclo

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

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

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

Simplemente se podría entender como:

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

f) Aumentar la flexibilidad de las salidas

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

De acuerdo a Stalk & Hout (2003), entre algunos de los enfoques prácticos para incrementar la flexibilidad tenemos:

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

g) Incrementar la transparencia de los procesos

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

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

h) Focalizar el control en los procesos completos (globales)

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

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

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

i) Introducir la mejora continua en el proceso

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

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

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

El punto crucial es que la mejora del flujo y la conversión están íntimamente relacionadas. Los mejores flujos requieren menos capacidad de conversión y, por lo tanto, menos inversión en equipos. Los mayores flujos controlados facilitan la implementación de nuevas tecnologías de conversión. Las nuevas tecnologías de conversión podrían causar variabilidades más pequeñas y, por lo tanto, flujos más beneficiosos. Es prioritario buscar la mejora de los flujos de proceso antes de invertir en nuevas tecnologías de conversión. Se debe perfeccionar procesos

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

k) BenchMarking: Referenciar permanentemente los procesos

Tomando en referencia lo desarrollado por Spendolini (1994), consiste en realizar continuamente un proceso de comparación de la manera en que se desenvuelve la empresa en general y el proyecto específico.

Para lograr esto será necesario:

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

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

Tabla 1. Diferencias entre Lean Construction y formas actuales de gerencia de proyectos

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

Fuente. Spendolini (1994)

2.2.2.3. Evolución de Lean Construction

Desde que Koskela (1992), publicó su reporte técnico TR72, dando inicio a la filosofía Lean Construction, ésta ha evolucionado. Inicialmente, los principios Lean se aplicaron a la producción sobre la base de que la fase de diseño estaba culminada.

Sin embargo, simultáneamente, varios estudiosos estaban investigando sobre la aplicación de estos principios a la fase de diseño. También estaban investigando sobre la adaptación del Target Costing y los Contratos Colaborativos, que se generaron en el sistema Toyota, a los proyectos de construcción. Liderados por el Lean Construction Institute (LCI) se empezaron a difundir nuevas propuestas, tales como el Lean Project Delivery System (LPDS), el Target Value Design (TVD) y el

Integrated Project Delivery (IPD), los cuales, en definitiva, son la evolución actual del Lean Construction (Brioso, 2015).

- **Lean Project Delivery System (LPDS)**

El Lean Project Delivery System (LPDS) o Sistema de Entrega de Proyectos Lean, es un marco conceptual desarrollado por Glenn Ballard (2000), que adapta los principios del sistema de producción de Toyota a todas las fases del proyecto de construcción.

Consiste en una serie de conceptos, métodos, herramientas, técnicas y procedimientos para la toma de decisiones. Su objetivo es orientar la ejecución de proyectos de construcción sin pérdidas en las fases del ciclo de vida de un edificio.

El LPDS está representado por un modelo que contiene fases y módulos. Cinco fases que son interdependientes, por lo que comparten un módulo: la definición del proyecto, el diseño Lean, el suministro Lean, la ejecución Lean y el uso.

El LPDS utiliza un enfoque de entrega de proyecto que se dedica a analizar la interacción del diseño y la construcción para eliminar las pérdidas en cada componente (Ballard, 2008).

El LPDS consisten en 13 módulos, 9 organizados en 4 tríadas o fases interconectadas que se extienden desde la definición del proyecto hasta el suministro y montaje, además del módulo de control de la producción y el módulo de estructuración de trabajo, ambos concebidos para extenderse a través de todas las fases del proyecto. El módulo de evaluación post ocupación (lecciones aprendidas) une el final de un proyecto al comienzo del siguiente (Smith Mossman & Emmitt, 2011).

Según Glenn Ballard (2000), el Lean Project Delivery System (LPDS) surgió de las investigaciones teóricas y prácticas, y que se encontraba en un proceso de desarrollo a través de la experimentación en muchas partes del mundo. En los últimos años, los experimentos se han centrado en las fases de definición y diseño

de los proyectos, la aplicación de conceptos y métodos extraídos del Sistema de Desarrollo de Productos de Toyota, y en especial, al coste objetivo y al diseño basado en múltiples alternativas. En el Lean Project Delivery System, se asume que el trabajo del equipo de entrega del proyecto no sólo es proporcionar lo que el cliente quiere, sino que primero se ayuda al cliente a decidir lo que quiere. En consecuencia, es necesario entender el propósito y las restricciones del cliente exponiendo los medios alternativos para llevar a cabo sus propósitos más allá de los que han considerado previamente, y ayudando a los clientes a comprender las consecuencias de sus deseos. Este proceso cambia inevitablemente todas las variables: fines, medios y restricciones (Ballard, 2008).



Figura 1. Lean Project Delivery System

Fuente. Ballard (2008)

2.2.2.4. Relación entre Sostenibilidad y Lean Construction

Según Bergmiller (2009), se han realizado varios estudios en donde se busca una compatibilidad entre desarrollo sostenible y la filosofía lean de producción. El autor encontró las áreas donde la filosofía lean y producción sostenible tienen conceptos en común y puntos opuestos. En primer lugar, lean y sostenibilidad tienen en común el concepto de desperdicio, y las técnicas para reducirlo; la gente

y su organización, reducción tiempos de espera, relaciones en la cadena de abastecimiento, divulgación y masificación de buenas prácticas.

Asimismo, las áreas donde la relación entre producción sostenible y los conceptos lean no tienen puntos en común se basan en la diferencia en el enfoque que una ideología le da al concepto de desperdicio. Para lean este significa todo aquello que no genera valor, mientras que la importancia del concepto desperdicio para sostenibilidad es la del impacto ambiental y social generado por un subproducto indeseado resultante del ciclo productivo.

Además, la producción sostenible busca también reutilizar dichos desperdicios, mientras que Lean no, sólo minimizarlos. Podemos deducir que ambos conceptos son compatibles, ya que sus fundamentos lo son; solo cabe aclarar qué es considerado como desperdicio.

Asimismo, Bergmiller (2009), explica acerca de la sinergia que existe entre Lean y Green (sostenibilidad ambiental). Dicha sinergia parte de que ambos conceptos buscan la participación activa de todos los miembros de una organización para la implementación y la fomentación de la identificación y reducción de los desperdicios y la búsqueda continua de mejora en estos aspectos.

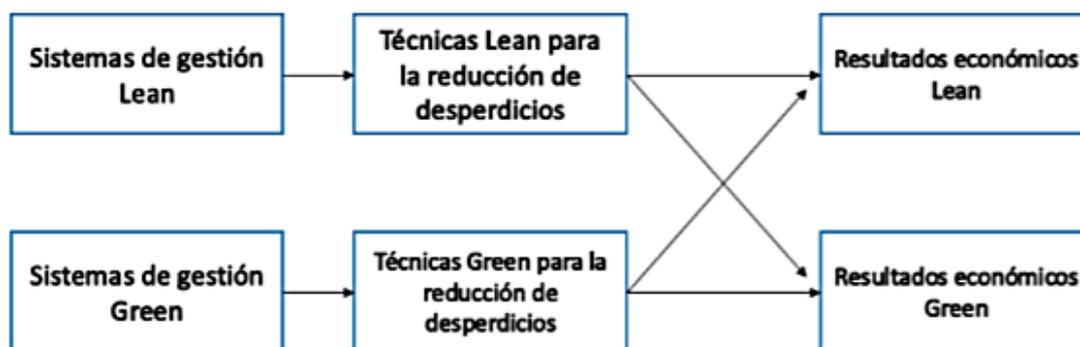


Figura 2. Sinergia entre las operaciones Lean y Green
Fuente. Bergmiller (2009)

Para corroborar esta sinergia, los autores propusieron una hipótesis, la cual consiste en que si existe una correlación entre Lean y Green entonces aquellas compañías que utilicen métodos de producción Green tendrán mejores resultados

en impactos de producción que aquellas que no. Dicha hipótesis fue medida a través de la comparación de resultados obtenidos de en los rubros de Green Management Systems (GMS) y Green Waste Reduction Techniques (GWRT) versus los resultados en la categoría Lean Manufacturing, los cuales fueron obtenidos gracias a la valoración del Shingo Prize, que mide el grado de excelencia, calidad y costos de los procesos de manufactura, así como la satisfacción de los clientes, en Estados Unidos de América.

Los resultados evidenciaron que aquellas compañías que implementaron en su proceso de manufactura elementos de GMS y GWRT obtuvieron mayor puntuación en los rubros de costo, calidad y satisfacción del cliente en el Shingo Prize, que aquellas empresas que no los incluyeron. Además, se evidenció que implementar sistemas de gestión ambiental (como por ejemplo la certificación ISO 14001) está relacionada a la mejor performance en los sistemas de calidad de producción.

Como un punto adicional, Bergmiller (2009), demostró la oportunidad de creación de nuevos mercados, ya que a los consumidores les es atractivo conocer que el producto que consumen ha sido fabricado de la forma con menor impacto ambiental posible.

De la misma forma, Bhamu & Singh (2013), mencionan que las empresas que aplican Lean Manufacturing tienen una ventaja competitiva debido a que las mejoras en los procesos productivos generan reducción del costo, aumento de productividad y calidad. Asimismo, menciona que el objetivo de aplicar los lineamientos de Lean Manufacturing es tener alta capacidad de respuesta ante la demanda de clientes a través de la reducción de desperdicios.

La reducción de desperdicios que el autor menciona incluye la disminución del tiempo de espera, mejora en el tiempo de procesamiento y del ciclo productivo, así como la reducción de desperdicios materiales y productos defectuosos. Estos últimos están en correlación a la acepción de desperdicio del punto de vista de sostenibilidad. Por lo que, según Bhamu & Singh (2013), podemos inferir que la

aplicación de la filosofía Lean es capaz de mejorar la sostenibilidad de un proceso productivo al reducir la cantidad de productos desechados por falta de calidad y por la reducción de residuos producto de del proceso de fabricación.

Por otro lado, Ahuja (2012), menciona que en el rubro de la construcción se tienen severos problemas de sobre costos, demoras en la entrega de productos, baja productividad y falta de calidad. Asimismo, considera que cada vez existe mayor toma de conciencia en los impactos ambientales generados por el rubro. El autor afirma que estos problemas pueden ser atacados reduciendo los desperdicios, utilizando las herramientas de Lean Construction y Lean Management. Además que se identifica una relación práctica entre los conceptos de Lean y sostenibilidad en las 4 fases del Lean Project Delivery System. Estas fases son: Definición del proyecto, Diseño del producto, Suministro, Ejecución. En cada una de estas etapas, se indican puntos clave para alcanzar la sostenibilidad.

En la fase de definición del proyecto es clave definir en qué consiste el proyecto; y, por ende, qué es lo que agrega valor al proyecto y qué es considerado desperdicio, es decir, identificar qué es aquello no genera ningún tipo de valor al producto. Para realizar dicha definición se debe considerar las necesidades del cliente. En recientes estudios se menciona que es necesario tomar en cuenta al medio ambiente como uno de los “clientes” del producto (Horman, 2004).

En esta etapa, se debe buscar conceptualizar un producto en el que predomine la eficiencia en uso de recursos, la reducción de impactos ambientales durante su construcción y el uso de materiales no dañinos.

La segunda fase, diseño del producto, incluye un proceso de selección de varias técnicas constructivas y de materiales con el fin de generar valor al cliente. Este proceso es muy importante ya que tiene un gran impacto en el ciclo de vida del producto. El diseño debe realizarse de manera holística y coordinada con todas las especialidades de un proyecto, en donde se busque utilizar materiales sostenibles, y óptimas tecnologías y métodos constructivos.

En esta etapa, Ahuja (2012), menciona que existen diferentes métodos que pueden ser implementados, entre ellos, el modelamiento en 3D. En el cual se pueden identificar incompatibilidades y/o mejoras al producto, lo cual puede evitar la generación de desperdicios por deficiencias en el diseño. Es vital encontrar imperfectos en la etapa de diseño ya que la corrección de estos es menos costosa y evita generación de productos defectuosos y de desperdicio.

La tercera etapa consiste en el abastecimiento de materiales para la construcción del producto. El enfoque de Lean con respecto al abastecimiento está relacionada al concepto de Just in Time (JIT), al cual el autor atribuye tanto efectos positivos como negativos con respecto al impacto del medio ambiente. En cuanto a los efectos positivos, el autor considera que JIT minimiza la cantidad de inventario por almacenaje de materiales y la merma de estos. Sin embargo, el aumento de frecuencia de transporte para abastecimiento de materiales resulta en una mayor cantidad de emisión de VOC (Volatile Organic Compounds) y gases de efecto invernadero. La etapa de abastecimiento según Lean es un punto clave para el análisis de la presente tesis, pues como se puede ver, aplicar JIT induce a tener mayor cantidad de despachos de materiales; y, por ende, mayores emisiones por transporte (Ahuja, 2012).

Finalmente, en la etapa de ejecución, el autor reconoce que la oportunidad de implementar la prefabricación de elementos en la etapa de construcción puede ser positivo para alcanzar la sostenibilidad. Sin embargo, al igual que el concepto JIT, también tiene efectos negativos. Por ejemplo, utilizar elementos prefabricados puede asegurar mejores condiciones de seguridad en el trabajo, reducción de impactos ambientales por traslado de una planta de fabricación de productos a obra, una planta especializada en pre fabricar ciertos productos tienen la oportunidad de desarrollar mayor productividad en sus trabajadores, así como implementar el uso de materiales verdes y reducir el desperdicio de materiales. Es decir, en una planta especializada de pre fabricación se puede aplicar el concepto Kaizen, que en japonés significa mejora continua (Ahuja, 2012).

Por otro lado, entre los efectos negativos de la prefabricación el autor considera que resumen en dos aspectos. El primero de ellos, es la menor cantidad de mano de obra que se requiere, ya que ésta es optimizada en la planta de prefabricación. En segundo lugar, es que existe un mayor transporte y por ende emisión de VOC y CO₂. Esto puede ser especialmente crítico, dependiendo del lugar donde se ubique la planta de prefabricación y el proyecto en ejecución.

Carneiro & Campos (2012), muestran una matriz de interacción entre la certificación LEED y el método de Lean Construction. La certificación Leed (por las siglas en inglés de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) desarrollado por el US Green Building Council (USGBC) es una guía para identificar, implementar y medir el diseño, construcción, operación y mantenimiento de un edificio y vecindario “verde”.

LEED busca optimizar el uso de recursos naturales, maximizar los impactos positivos al medio ambiente, salud humana, y minimizar los negativos ocasionados por la industria de la construcción. De esta manera, LEED evalúa el desempeño ambiental de una edificación dentro de todo su ciclo de vida, mediante el cumplimiento de una lista de requisitos clasificados según los siguientes criterios: ubicación sostenible de la edificación, eficiencia en el uso del agua, consumo energético y emisiones atmosféricas, materiales y recursos a utilizar, calidad del ambiente al interior del edificio, innovación en el diseño y operación, y uso de recursos locales. (Carneiro & Campos, 2012)

La matriz se realizó cruzando las categorías de evaluación de la certificación Leed con los 11 principios de la construcción Lean propuestos por Koskela (1992) en su reporte técnico 72, en orden de establecer relaciones teóricas para identificar relaciones entre ambos.

En los resultados obtenidos se encontró que LEED, al ser una herramienta de certificación ambiental, no sólo dificulta la flexibilidad, sino que no se centra en la reducción y mejora de procesos. Además, se encontró que la mayoría de requerimientos LEED se encuentran en la etapa de diseño mas no en la etapa de

construcción y los métodos constructivos de una edificación; razón por la cual el principio Lean con más influencia es el segundo (aumentar el valor del producto en base a los requerimientos del cliente). Asimismo, los conceptos de reducción de desperdicios son diferentes, Lean Construction, concentra la reducción dentro del flujo y la conversión de procesos enfocándose en el sistema constructivo, pero sin preocupación en el desempeño ambiental. Sin embargo, la matriz sí muestra una relación de ayuda en cuanto a la reducción de la variabilidad del proyecto, debido a los requerimientos ambientales de la certificación, lo que luego afecta directamente a la conversión de procesos y mejora continua.

Asimismo, Carneiro & Campos (2012), concluyen que la certificación LEED y Lean Construction sí contribuye a una construcción sostenible porque está presente tres ámbitos de sostenibilidad: económico, medioambiente y social. Finalmente, sugieren que se realicen futuros estudios prácticos de la construcción de una edificación la cual quiera recibir dicha certificación usando el método de Lean Construction para obtener mayor información entre ambos.

2.2.2.5. Implementación de Construcción Sostenible

Estos conceptos fundamentales enmarcan la base sobre la cual se sostienen las herramientas que aseguran que no solo se ejecute un proyecto de acuerdo a los principios de Lean Construction, sino que también permite que se establezca una relación positiva entre lean y sostenibilidad.

Existen diferentes definiciones para desarrollo sostenible, sin embargo, utilizaremos la siguiente: “Es el desarrollo que permite satisfacer las necesidades del presente, sin afectar la habilidad de las futuras generaciones de satisfacer las suyas” (Brundtland, 1987).

Esta definición de desarrollo sostenible menciona que se debe continuar con los desarrollos tecnológicos, industriales, de infraestructura, comunicación y calidad de vida de las personas en la sociedad; sin embargo, este desarrollo debe ser responsable con el uso de recursos naturales y debe tener un control de las emisiones de contaminantes producto de procesos productivos, de manera tal que

la sociedad actual y las futuras puedan satisfacer sus necesidades sin verse afectadas. (Brundtland, 1987)

Tabla 2. Herramientas Lean que contribuyen a una producción sostenible

HERRAMIENTA	DEFINICIÓN	CONSECUENCIA	BENEFICIO
KAIZEN	Término en japonés que significa mejora continua.	Continua evaluación y mejora de procesos. Mejoras en la calidad y productividad del proceso productivo. Se induce a todo el personal involucrado a contribuir con ideas para alcanzar este objetivo.	Optimización de procesos, que conlleva a la optimización de recursos, energía, horas hombre, y reducción de retrabajos (desperdicio de material).
SECTORIZACIÓN / TRENES DE TRABAJO	Sectorización es una forma de dividir el trabajo en partes similares de forma repetitiva. Trenes de trabajo: involucra la programación de los trabajos sectorizados de manera repetitiva y secuencial.	Se desarrolla "expertiz" en la mano de obra y demás involucrados, es decir, se genera una curva de aprendizaje. Propicia una programación más confiable.	Se aumenta eficiencia de tiempo productivo y por ende, menor consumo de recursos, horas hombre; mejor calidad del producto.
LOOKAHEAD PLAN / PROGRAMACIÓN SEMANAL	Método de planificación de intervalo corto, donde se analizan actividades listas para ser asignadas a ejecución, y se analizan restricciones.	Óptima ejecución de trabajos. Disminución de actividades programadas mal ejecutadas o no ejecutadas. Óptima asignación de recursos.	Disminución de desperdicios. Disminución de retrabajos. Ejecución de trabajo de acuerdo a especificaciones técnicas según el cliente.
ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD	Conjunto de sistemas de control que buscan el cumplimiento de procesos estandarizados para asegurar la producción un producto según los requerimientos del cliente.	Control al proceso de ejecución. Estandarización de procesos. Mejora continua y búsqueda de mejores procedimientos.	Productos ejecutados sin reprocesos. Ejecución sin desperdicios por falta de calidad (requerimientos solicitados por el cliente).
PROCURA	Planificación y ejecución de la adquisición de materiales, herramientas y equipos que serán utilizados en el proyecto.	Óptima elección de productos y formas de abastecimiento.	Óptima elección de materiales y proveedores. La anticipación evitará largos traslados.
LPDS (LEAN PRODUCTION DELIVERY SYSTEM)	Conjunto de reglas y procedimientos para la toma de decisiones, que tienen como objetivo optimizar el valor del producto para el cliente, maximizar la eficiencia a través de los procesos de diseño y construcción, asimismo, reducir las pérdidas.	La importancia del LPDS para la etapa de definición es la de no ejecutar trabajos que no cumplan con las expectativas del cliente y evitar pérdidas de material/productos/tiempo/energía.	Reducción de trabajos rehechos. Cumplimiento con expectativas del cliente. Expectativas del cliente. Mejor planificación.
LAST PLANNER SYSTEM	Control de la producción.	Materialización de la planificación.	Disminución de desperdicios materiales. Disminución de retrabajos. Ejecución de trabajo de acuerdo a requerimientos del cliente.

Fuente. Deville & Gallo (2017)

2.3. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS

- **Benchmarking:** Es un proceso continuo mediante el cual los productos, servicios o procesos de trabajo de las empresas líderes se toman como referencia, para compararlos con los de su propia empresa y luego realizar mejoras e implementarlos (Roberto Espinosa, 2017).
- **Calidad:** Es una lucha por mantener la mejora continua de la organización a través de la cooperación de todas las partes interesadas: proveedores, clientes, responsables del diseño de los productos o servicios (Deming, 1989).
- **Certificación LEED:** Es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council). Fue inicialmente implantado en el año 1993, utilizándose en varios países desde entonces (Wikipedia, 2019).
- **Construcción sostenible:** Se puede definir como uno que, con especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de energía y agua, recursos y materiales que no son perjudiciales para el medio ambiente, es más saludable y está dirigido a reducir los impactos ambientales (Ramírez, 2018).
- **Filosofía:** Estudio de una variedad de problemas fundamentales acerca de cuestiones como la existencia, el conocimiento, la verdad, la moral, la belleza, la mente y el lenguaje (Teichmann & Evans, 1999).
- **Kaizen:** Engloba el concepto de un método de gestión de la calidad muy conocido en el mundo de la industria. Es un proceso de mejora continua basado en acciones concretas, simples y poco onerosas, y que implica a todos los trabajadores de una empresa, desde los directivos hasta los trabajadores de base (Nakamuro, 2017).
- **Last Planner:** Es un sistema de control que mejora sustancialmente el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos de los proyectos de construcción (Lean Construction Enterprise, 2017).
- **Lean Construction:** Es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción y en sus desarrollos recoge las buenas prácticas del enfoque

tradicional (Project Management) y las coloca en su marco teórico (Howell, 1999).

- **Lean Production:** Es un modelo de gestión que se enfoca en minimizar las pérdidas de los sistemas de manufactura al mismo tiempo que maximiza la creación de valor para el cliente final. Para ello utiliza la mínima cantidad de recursos, es decir, los estrictamente necesarios para el crecimiento (Wikipedia, 2017).
- **LPDS:** Se define como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear fines, recursos y restricciones (Pons, 2014).
- **Productividad:** Relación entre una medida de salida y una medida de entrada del factor de trabajo. Las dos medidas más comunes de la mano de obra son el número de trabajadores o el total de horas trabajadas, lo que da lugar a dos medidas de productividad: productividad por trabajador y productividad por hora (Abad, 2003).
- **Sostenibilidad:** Se refiere, por definición, a la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social (Blog Oxfamintermon, 2019).
- **Target Costing:** Designa un proceso de reducción de costes en la fase de desarrollo y diseño de un nuevo producto divergiendo, por tanto, del sistema de control de costes tradicionales que ocurren apenas en la fase de producción (Knoow, 2019).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis general

- La filosofía Lean Construction tiene un efecto significativo para mejorar la productividad de los sistemas de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.

3.1.2. Hipótesis específicas

- La filosofía Lean Construction tiene un efecto significativo en la mejora del proceso de medición de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.
- La filosofía Lean Construction tiene un efecto significativo en la mejora del proceso de evaluación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.
- La filosofía Lean Construction tiene un efecto significativo en la mejora del proceso de planeación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.

3.2. VARIABLES

Identificadas las variables dependientes e independientes se hace una descripción más detallada con el fin de convertir un concepto abstracto en uno empírico que facilite el proceso investigativo de esta tesis.

3.2.1. Variable Independiente

Filosofía Lean Construction.

3.2.1.1. Indicadores

- Espera por falta de equipos.
- Esperas por procesos mal ejecutados.
- Tiempos ociosos.
- Desplazamientos innecesarios.
- Reprocesos.

3.2.1. Variable Dependiente

Productividad.

3.2.1.1. Indicadores

- Desviación de costo.
- Desviación del plazo.
- HH Real / HH Presupuestada.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación fue aplicada, dado que el estudio se enfocó en la aplicación del modelo de filosofía Lean Construction, considerando sus características y permaneciendo sobre las bases teóricas desarrolladas.

3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

A partir de la intervención del investigador, el diseño de estudio fue no experimental, debido a que el desarrollo de la tesis procuró no manipular ni modificar el contexto sobre el que se desarrolló el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.

Por otro lado, a partir del periodo de estudio, la investigación fue transversal, es decir, que la investigación se desarrolló en un único y determinado momento en el tiempo.

Por otro lado, la investigación fue prospectiva, debido a que el estudio tuvo su enfoque en realizar una propuesta de acciones que pueden ser aplicados a futuro para generar cambios y mejoras sobre el contexto.

3.5. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población estuvo compuesta por el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL, en el cual se desarrolla los procesos de aducción y distribución de agua potable.

3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Procedimientos

La investigación inició con el reconocimiento del contexto de estudio, en este caso, la visita al campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL, en el cual se realizó un análisis observacional de la eficiencia de los procesos de aducción y distribución de agua potable.

Una vez realizado el análisis, se realizó una solicitud expresa a la Gerencia de Centauro EIRL para realizar la investigación de campo en sus instalaciones, para lo cual se solicitó acceso a documentación relativa a procedimientos, que fueron de utilidad para elaborar la propuesta de Filosofía Lean.

Una vez elaborada la propuesta de implementación de la Filosofía Lean Construction, se presentó un informe a la Gerencia a nivel de recomendaciones para mejorar los procesos productivos.

3.6.2. Técnicas empleadas

La técnica que se empleó fue la observación, la cual requirió la medición y evaluación de los parámetros de productividad del personal de obra.

Por otro lado, se realizó análisis documental, haciendo revisión de libros, tesis, papers y documentación del campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL, relativo al proceso de aducción y distribución de agua potable.

3.6.3. Instrumentos para la recolección de los datos

Dada las técnicas, los instrumentos correspondientes fueron:

- Guía de observación.
- Guía de análisis documental.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA FOCALIZADO

4.1.1. Presentación del nudo crítico

4.1.1.1. Ubicación geográfica

El área del proyecto se ubica en el distrito de Pacocha, Provincia de Ilo, Región de Moquegua.

Tabla 3. Datos geográficos del área de estudio

Pais	:	Perú
Región	:	Moquegua
Provincia	:	Ilo
Distrito	:	Pacocha
Lugar	:	Pueblo Nuevp
Latitud norte	:	72°25'08.24"N
Latitud oeste	:	76°21'36.88"W
Altura promedio	:	65.00 m.s.n.m.

Fuente. Elaboración propia

Ilo es una ciudad del suroeste del Perú, capital de la provincia homónima en el departamento de Moquegua, situada a orillas del océano Pacífico al Sur de la desembocadura del río Osmore y al Norte de punta Coles. Se encuentra a 140 km de la ciudad de Moquegua y cuenta con una población de 79, 118 habitantes según el XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas 2017.

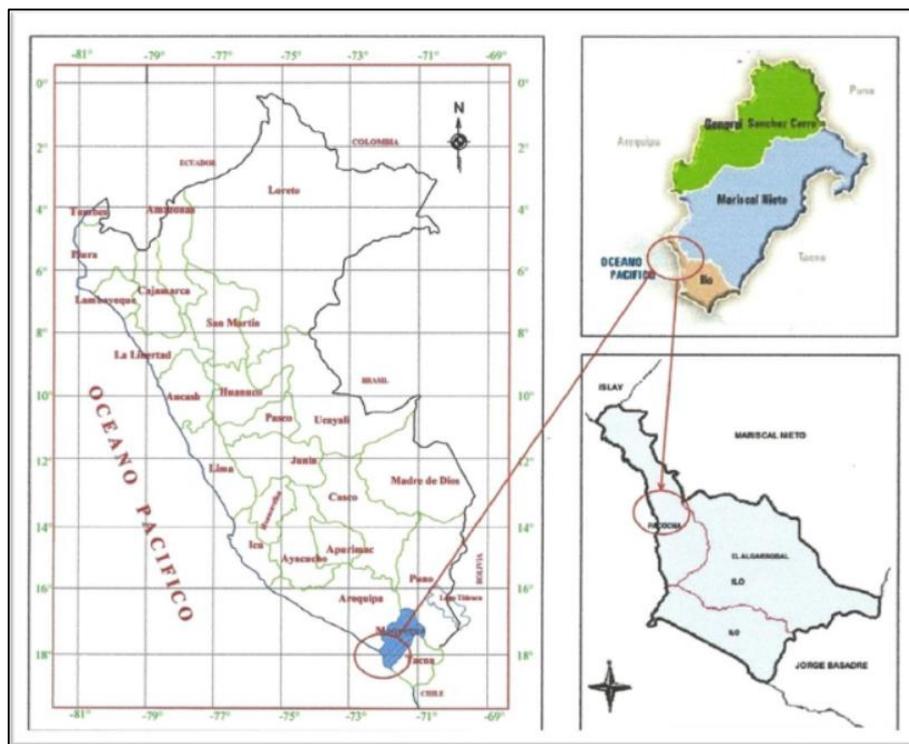


Figura 3. Macroubicación del proyecto
Fuente. Elaboración Propia

La zona fue lugar donde se asentaron la Cultura Chinchorro y la Cultura Chiribaya durante su época precolombina. Durante siglos su economía ha girado en torno a la producción de la aceituna, así como en la pesca que se desarrollaba desde que fue una caleta de pescadores en 1818, pero es en los años 50 en que la actividad económica del puerto tuvo un gran crecimiento económico gracias al auge de la industria pesquera y la entrada de capitales extranjeros de la empresa Southern Perú en la explotación de yacimientos mineros de la región.

Es uno de los principales puertos en el sur del Perú y el que tiene mayor importancia por el Gobierno de Bolivia por las grandes inversiones que quiere realizar debido a su ubicación en el Océano Pacífico. La ciudad de Ilo es considerada como el centro financiero y comercial de la región Moquegua por la presencia de grandes industrias mineras y de energía, a cargo de la empresa Engie.

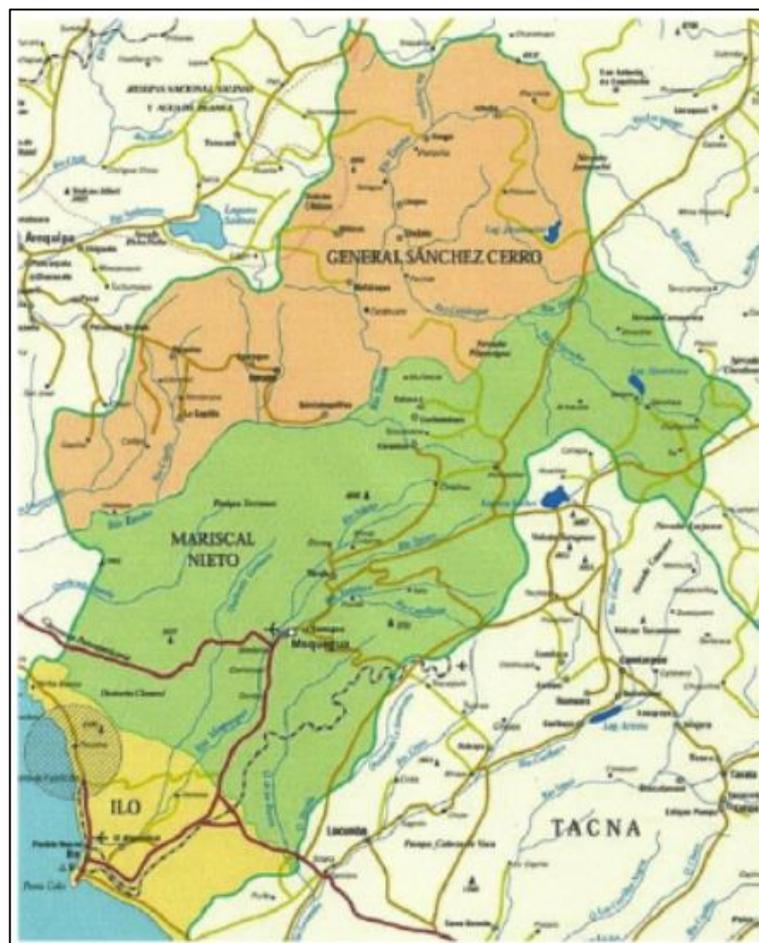


Figura 4. Microubicación del proyecto

Fuente. Elaboración propia

4.1.1.2. Límites geográficos

El área del Proyecto se encuentra limitada de la siguiente manera:

Tabla 4. Límites geográficos

Por el norte	:	Departamento de Arequipa
Por el sur:	:	Provincia de Mariscal Nieto
Por el este	:	Ilo
Por el oeste	:	Oceano Pacífico

Fuente. Elaboración propia



Figura 5. Ubicación satelital
Fuente. Elaboración propia

4.1.1.3. Accesibilidad

El área del proyecto, está ubicada en el distrito de Pacocha, Provincia de Ilo, región Moquegua.

Como vía de acceso, tomando como punto de partida el centro de la ciudad de Ilo, haciendo el recorrido por la vía Costanera hasta llegar a la localidad de Pueblo Nuevo, ubicado a unos 6 Km ó 11 minutos, lugar donde se ubica el proyecto.

4.1.2. Características relevantes del caso

La filosofía Lean Construction es aplicado comúnmente en proyectos de edificación, viviendas, centros comerciales, hospitales, etc. y en todos los casos han sido favorables. En la presente tesis se propone aplicar Lean Construction para el proyecto de sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL, un proyecto lineal a comparación de una edificación donde se tienen actividades repetitivas por piso y la variabilidad es manejable. Aplicarlo a un proyecto lineal es interesante porque podemos encontrar bastante variabilidad como el tipo de suelo variable, geometría lineal cambiante, interferencias de diferente tipo a medida que se avanza, entre otros. Los trabajos se

ejecutan a una altura de 76.90 msnm en una zona llana por lo que no presenta muchos problemas en la ejecución, sin embargo está propenso a condiciones climáticas adversas (humedad y secado) y en el Perú hay varios proyectos que tienen una geometría lineal y a la vez ejecutada a esta altura, estos proyectos de geometría lineal pueden ser: instalación de tuberías, canales, carreteras, etc. y el presente trabajo de investigación puede servir de base para aplicar a otros proyectos que tengan similitud de geometría lineal.

Es importante para un ingeniero civil tener conocimiento de la Filosofía Lean Construction para estar a la vanguardia con los avances tecnológicos y ser competitivos en el mercado.

4.2. ANÁLISIS DE FACTORES CRÍTICOS

4.2.1. Causas

- Control deficiente del proceso de ejecución.

4.2.2. Consecuencias

- Variación de costos.
- Variación de plazos.
- Mayor relación en horas hombre real y horas hombre presupuestado.

4.3. DIFICULTAD A RESOLVER

El control ineficiente del inicio de obra tuvo implicancias (sobrecostos) en el presupuesto real con el presupuestado en el expediente técnico, que también se vio reflejado en ampliaciones en la ejecución de diversas partidas.

CAPÍTULO V

APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

El Lean Construction o “Construcción sin pérdidas” es una nueva manera de aplicar la gestión de producción en la industria de la construcción. Ésta busca dar una solución a los problemas que se tiene en la metodología actual de construcción en lo que respecta al costo, plazo y productividad en las obras, la metodología que propone para lograr dicho objetivo es generar un sistema de producción efectivo, para lo cual se tienen que cumplir con 3 objetivos básicos según el orden de prioridad.

La filosofía Lean Construction cuenta con diversas herramientas para obtener un sistema productivo efectivo como son el Last Planner System, Sectorización, tren de actividades, buffers, nivel general de actividad y las cartas de balance.

Considerando la gran cantidad de tareas diferentes que se realizan en los proyectos, se seleccionó aquellas más complejas, costosas o más consumidoras de recursos. A continuación, se dan algunas recomendaciones para la selección de estas tareas críticas:

- La partida debería tener un grado de avance de al menos un 25%. Ya que en general, las partidas tienen un menor rendimiento en las etapas iniciales, por lo que las mediciones iniciales pueden no ser representativas para posteriores análisis.
- La partida debería ser de carácter repetitivo para que pueda ser sujeta a mediciones subsecuentes que corroboren la efectividad de las medidas implementadas.
- La partida debe ser relevante dentro de la obra, lo cual excluye a tareas contributivas y de soporte. Por ejemplo, iniciativas tomadas en la instalación

de obras provisionarias puede no ser influyente sobre el desempeño global del proyecto.

- El horizonte de ejecución de la tarea debe ser tal que permita la realización de un ciclo de mejora continua. Tareas con un tiempo de ciclo muy largo dificultarán la mejora iterativa y tareas con un ciclo de vida muy corto pueden terminarse antes de culminar con la estandarización de las mejoras.
- La fecha estimada de fin no deberá ser menor a dos meses desde el inicio del estudio. Lo anterior, con el fin de contar con tiempo suficiente para realizar a lo menos un ciclo de mejora continua, incluyendo la medición de rendimientos en estado real y posterior a las intervenciones plasmadas en el plan de acción.

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

A continuación, un listado de las mismas:

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

5.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA

Como se contaba inicialmente con el presupuesto, se procedió a identificar las partidas más relevantes y que requieren una optimización para obtener más ganancia de la ejecución en esta obra:

Tabla 5. Presupuesto base

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Metrado</i>	<i>Precio</i>	<i>Total</i>
01	<u>RED DE AGUA POTABLE CON CONEXIONES DOMICILIARIAS</u>				540,898.46
01.01	OBRAS PROVISIONALES				21,089.30
01.01.01	CASETA DE ALMACEN, GUARDIANA Y OFIC. DE RESIDENCIA	glb	1.00	3,089.30	3,089.30
01.01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	6,000.00	6,000.00
01.01.03	MOVILIZACION DE PERSONAL A OBRA	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
01.01.04	ALIMENTACION DE PERSONAL EN OBRA	glb	1.00	7,000.00	7,000.00
01.02	TRABAJOS PRELIMINARES COMPLEMENTARIOS				11,450.88
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m	4,204.82	0.81	3,405.90
01.02.02	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO ADUCCION Y REDES	m	3,871.82	1.34	5,188.24
01.02.03	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS	m	333.00	0.75	249.75
01.02.04	RETIRO DE TUBERIA EXISTENTE	m	4,204.82	0.62	2,606.99
01.03	SEGURIDAD Y SALUD				6,900.00
01.03.01	ELABORACION, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	glb	1.00	6,900.00	6,900.00
01.04	MOVIMIENTO DE TIERRAS				153,657.09
01.04.01	EXCAVACION DE ZANJA T.N. P/TUB. PVC DIAM <= 160 MM	m	3,871.82	25.77	99,776.80
01.04.02	EXCAVACION DE ZANJAS T.N. CONEXION DOMICILIARIA TUB. PVC DIAM. <= 2"	m	333.00	2.21	735.93
01.04.03	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA TERRENO NORMAL P/TUB <= 160 MM	m	3,871.82	2.45	9,485.96
01.04.04	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA TERRENO NORMAL P/TUB <= 2"	m	333.00	2.05	682.65
01.04.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO	m	4,204.82	2.33	9,797.23
01.04.06	RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA C/MAT. PRESTAMO	m3	577.52	19.84	11,458.00
01.04.07	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30M.	m3	577.52	20.47	11,821.83
01.04.08	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	m3	577.52	17.14	9,898.69
01.05	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS PVC				67,640.72
01.05.01	INSTALACION DE TUBERIAS PVC UF C-10 ISO 1452 C/ANILLO				66,047.04
01.05.01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 160MM UF C - 10	m	1,590.29	18.64	29,643.01
01.05.01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 110MM UF C - 10	m	1,629.07	16.38	26,684.17
01.05.01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 90MM UF C - 10	m	489.30	15.81	7,735.83
01.05.01.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 63MM UF C - 10	m	163.16	12.16	1,984.03
01.05.02	INSTALACION DE TUBERIAS PVC C-10 NTP 399.166:2008				1,593.68
01.05.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=2"	m	15.20	6.60	100.32
01.05.02.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1 1/2"	m	57.40	5.33	305.94
01.05.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1"	m	260.40	4.56	1,187.42

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Metrado</i>	<i>Precio</i>	<i>Total</i>
01.06	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS H.D. - PVC ISO				6,350.33
01.06.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 6"x6"	und	7.00	99.63	697.41
01.06.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 6"x4"	und	5.00	89.63	448.15
01.06.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 6"x3"	und	2.00	84.63	169.26
01.06.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 6"x2"	und	2.00	79.63	159.26
01.06.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 4"x4"	und	5.00	67.23	336.15
01.06.06	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 3"x3"	und	3.00	51.45	154.35
01.06.07	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCION H.D. DE 6"x4"	und	3.00	54.63	163.89
01.06.08	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCION H.D. DE 6"x3"	und	1.00	47.23	47.23
01.06.09	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCION H.D. DE 3"x2"	und	4.00	42.23	168.92
01.06.10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 6"x90°	und	6.00	70.63	423.78
01.06.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 6"x45°	und	1.00	70.13	70.13
01.06.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 6"x22.5°	und	2.00	69.63	139.26
01.06.13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 4"x90°	und	9.00	58.23	524.07
01.06.14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 4"x45°	und	2.00	57.73	115.46
01.06.15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 4"x11.5°	und	2.00	56.73	113.46
01.06.16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 3"x90°	und	2.00	51.78	103.56
01.06.17	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 3"x45°	und	1.00	51.58	51.58
01.06.18	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 3"x22.5°	und	3.00	50.78	152.34
01.06.19	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 3"x11.5°	und	2.00	50.28	100.56
01.06.20	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=2"x90°	und	9.00	9.13	82.17
01.06.21	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=2"x45°	und	18.00	8.83	158.94
01.06.22	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=1 1/2"x90°	und	5.00	8.68	43.40
01.06.23	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=1 1/2"x45°	und	10.00	8.48	84.80
01.06.24	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=1" X 90°	und	102.00	5.82	593.64
01.06.25	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=1" X 45°	und	204.00	5.62	1,146.48
01.06.26	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPON PVC 4"	und	3.00	10.73	32.19
01.06.27	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPON PVC 3"	und	2.00	9.68	19.36
01.06.28	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPON PVC 2"	und	5.00	8.02	40.10
01.06.29	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPON PVC 110MM	und	1.00	10.43	10.43
01.07	VÁLVULAS GRIFOS Y MEDIDORES DE CAUDAL				51,501.16
01.07.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA H.D 6"	und	5.00	180.48	902.40
01.07.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA H.D 4"	und	9.00	115.67	1,041.03
01.07.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA H.D 3"	und	3.00	86.53	259.59
01.07.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA H.D 2"	und	2.00	71.65	143.30
01.07.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GRIFO CONTRA INCENDIO H.D. DE 4"	und	4.00	359.63	1,438.52
01.07.06	EMPALME P/CONEXION DOMIC. AGUA DE 1 1/2" PVC	und	9.00	11.24	101.16
01.07.07	EMPALME P/CONEXION DOMIC. AGUA DE 1" PVC	und	3.00	9.11	27.33
01.07.08	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 2"	und	9.00	466.98	4,202.82
01.07.09	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1 1/2"	und	5.00	417.45	2,087.25
01.07.10	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1"	und	102.00	404.88	41,297.76

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Metrado</i>	<i>Precio</i>	<i>Total</i>
01.08	CAMARAS PARA VALVULAS Y SIMILARES				9,835.16
01.08.01	CAMARA DE VALVULAS DE CONTROL				9,835.16
01.08.01.01	CAMARA DE VALVULAS TIPO 1	und	19.00	517.64	9,835.16
01.09	EMPALMES				44.95
01.09.01	EMPALME DE TUBERÍA A RED DE AGUA EXISTENTE ø 6"	und	1.00	44.95	44.95
01.10	PRUEBAS HIDRAULICAS Y DE CALIDAD				10,029.09
01.10.01	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 160 MM	m	1,590.29	2.93	4,659.55
01.10.02	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 110 MM	m	1,629.07	2.45	3,991.22
01.10.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 90 MM	m	489.30	2.16	1,056.89
01.10.04	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 63 MM	m	163.16	1.97	321.43
01.11	PAVIMENTOS EN ZONAS AFECTADAS				202,399.78
01.11.01	CORTE ROTURA Y REPOSICION DE PAVIMENTOS				202,399.78
01.11.01.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO EXISTENTE E = 6"	m2	2,468.29	6.16	15,204.67
01.11.01.02	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO E=6" f _c =245 kg/cm ²	m2	2,468.29	75.84	187,195.11

Fuente. Expediente técnico del presente proyecto.

Concluyéndose que las partidas más importantes y que representan un porcentaje mayor al 8% del costo directo (superior a los S/43,271.88 soles), son las partidas de: Reposición de pavimento de concreto e=6" f_c=245 kg/cm² (S/187,195.11 soles); Excavación de zanja T.N. p/tub. PVC Diam. ≤ 160 mm (S/99,776.80 soles); Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C-10 (S/66,047.44 soles); Equip. P/conexión domic. de agua potable de 2", 1 ½", 1" (S/47,587.83 soles); que equivalen a un 34.61%, 18.45%, 12.21% y 8.80% respectivamente.

5.3. DESCRIPCIÓN DE LA VIABILIDAD DE LA PROPUESTA

La investigación inicia con el reconocimiento del contexto de estudio, en este caso, la visita al campamento Staff Ilo de la empresa Centauro EIRL, en el cual se realizará un análisis observacional de la eficiencia de los procesos de instalación del sistema de aducción y distribución de agua potable.

Una vez realizado el análisis, se realizará una solicitud expresa a la Gerencia de Centauro EIRL para realizar la investigación de campo en sus instalaciones, para lo cual se solicitará acceso a documentación relativa a procedimientos, que serán de utilidad para elaborar la propuesta de Filosofía Lean.

Una vez elaborada la propuesta de implementación de la Filosofía Lean Construction, se presentará un informe a la Gerencia a nivel de recomendaciones para mejorar los procesos productivos.

CAPÍTULO VI

LOS RESULTADOS

6.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

El sostenimiento de las iniciativas de mejoramiento requiere fundamentalmente del involucramiento de los mandos medios y altos de la empresa. Éstos son quienes deben mostrar la importancia de las iniciativas y el interés por sus resultados.

Además, se requirió de un facilitador interno en la empresa, con conocimientos de Lean Construction, el cual fue el encargado de dirigir los talleres y velar porque se lleven a cabo las iniciativas y actividades necesarias. Adicionalmente, será el facilitador quien mantenga el contacto con los grupos colaborativos.

También es relevante que en los talleres participe el mayor número de involucrados de la partida en estudio. Especialmente contándose con la participación de:

- Últimos Planificadores Directos: Encargados de la ejecución de la partida, como jefes de cuadrillas y capataces.
- Últimos Planificadores Indirectos: Encargados de la liberación de las restricciones y facilitación de la partida, como encargados de prevención, calidad y bodega.
- Mandos medios y altos: Quienes podrán tomar decisiones de ejecución, planificación y coordinación, como administradores de obra y jefes de obra.

En consecuencia, es recomendable que participe un número de aproximadamente 6 o más participantes para así contar con una visión más amplia y objetiva de la situación actual. Los mismos participantes serán quienes se comprometan a ser parte activa en el proceso de mejora y a lograr un correcto levantamiento e interpretación de la información obtenida en el proceso.

En campo se llevaron a cabo la utilización de cartas balance en cada una de las siguientes partidas, agrupándose algunas por su gran similitud:

Tabla 6. Partidas analizadas con cartas balance.

Nro.	Descripción	Und.	Item
1	Trazo niveles y replanteo aducción y redes	m	01.02.02
2	Excavación de zanjas T.N. p tub PVC diam 6	m	01.04.01
			01.05.01.01
3	Suministro e Instalación de tubería de PVC 160 110 90 63 mm UF C - 10	m	01.05.01.02
			01.05.01.03
			01.05.01.04
			01.05.02.01
4	Suministro e instalación de tubería de PVC D 2", 1-1/2", 1"	m	01.05.02.02
			01.05.02.03
5	Cámara de válvulas tipo 1	und	01.08.01.01
6	Reposición de pavimento de concreto E=6" fc=245 kgcm2	m2	01.11.01.02

Fuente. Elaboración propia.

6.2. DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIONABILIDAD DE LA PROPUESTA

La metodología comienza con el primer taller, el cual consiste en reunir a todo el equipo involucrado en la partida crítica de interés y realizar una capacitación sobre los conceptos básicos de pérdidas en la construcción.

En esta misma reunión se realizará una actividad práctica que permita a todo el personal, desde jornales y capataces hasta personal administrativo, repasar los conceptos vistos en la primera parte del taller.

El taller finaliza con la aplicación de una encuesta de identificación de tipos y fuentes de pérdidas.

Una vez concluido el primer taller, el facilitador interno deberá procesar toda la información de las encuestas. En base a la información recopilada, deberá identificar los tipos y fuentes de pérdidas más frecuentes e importantes, los cuales serán utilizados como base para el segundo taller.

En forma paralela, el equipo deberá realizar un levantamiento de índices de productividad en terreno relacionados con la partida a estudiar. Algunos de los índices recomendados son:

- Rendimiento de la mano de obra.

- Tiempo de ciclo por unidad producida.
- Esperas.
- Productividad de mano de obra.
- Productividad de maquinaria o algún equipo crítico.
- Pérdidas de material.
- Inventario.
- Porcentaje de trabajo no productivo.
- Etc.

En el segundo taller se presentan y discuten los resultados de las encuestas. Además, se entrega la información del levantamiento en terreno, para cuantificar y respaldar los datos cualitativos recopilados a través de las encuestas.

Posteriormente se procederá a identificar las causas raíces de las pérdidas y problemáticas encontradas. Para ello se utilizará el mecanismo de 5 por qué para la identificación de causas lineales de un problema particular y el método de Ishikawa para la identificación de posibles causas raíces de problemas sistémicos.

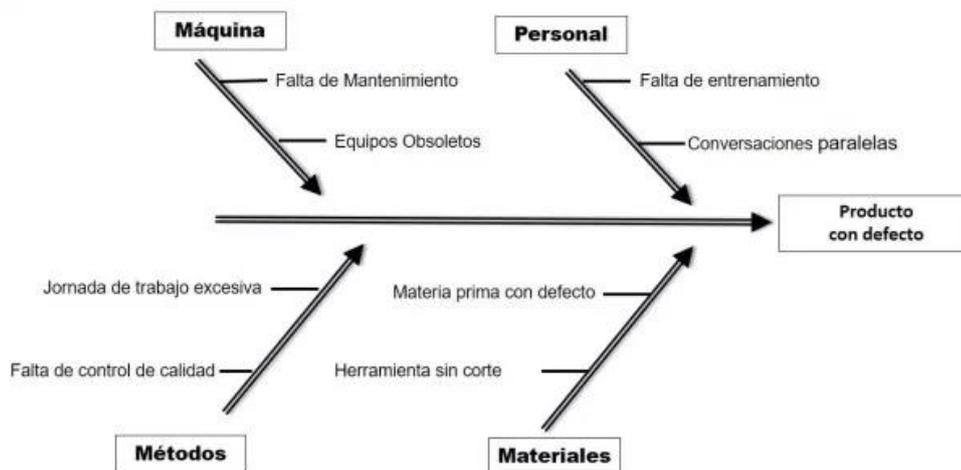


Figura 1. Ejemplo de utilización del diagrama de Ishikawa

Fuente. Arenhart & Martins (2018)

La elección del método de búsqueda dependerá fundamentalmente de las características del problema abordado y la multiplicidad de fuentes o factores involucrados.

Una vez identificadas las causas raíces, se debe establecer un plan de contingencia y eliminación de dichas causas. Para ello, debe realizarse una sesión de Pensamiento A3, en la cual se desagregue el problema y esquematice un plan de solución y seguimiento.

En dicho A3 se propondrán también objetivos y plazos medibles, a los cuales se les hará seguimiento hasta establecer el cumplimiento de resultados.

Una vez cumplido el plazo se vuelven a realizar mediciones en terreno de los mismos índices y se realiza una comparación y un análisis de los resultados. El equipo evaluará el desempeño y compromiso de los integrantes y las lecciones aprendidas de estas experiencias para luego aplicar esta metodología a otras partidas u obras dentro de la empresa.

6.3. CAMBIOS RELEVANTES DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA

6.3.1. Aspectos técnicos durante la ejecución para mejorar el resultado económico del proyecto

a. Planeamiento inicial

Se procede a sectorizar el proyecto teniendo en cuenta el balance de cargas de trabajo, las condiciones topográficas, accesos y tipos de terreno. A cada sector se acondiciona almacenes, equipos y herramientas necesarios a fin de contar con los recursos necesarios en el momento que fuese necesario.

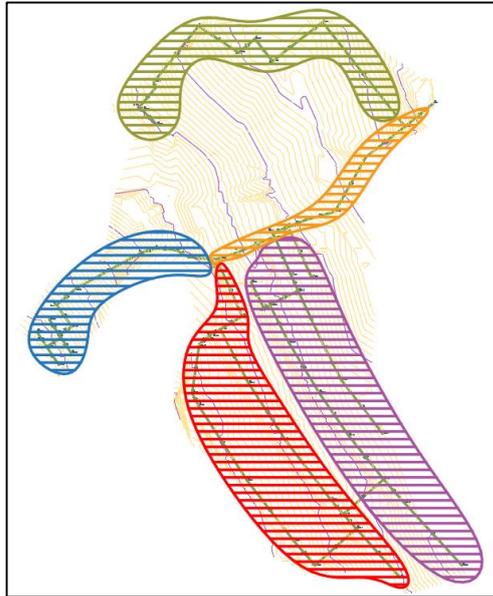


Figura 2. Sectorización de la línea de conducción y la red de agua potable.

Fuente. Elaboración propia.

b. Seguimiento y control durante la ejecución de obra

La programación, ejecución y control del proyecto se realiza con herramientas del Lean, metodología que se viene trabajando en los proyectos de la empresa.

c. Lecciones aprendidas

Entre las políticas la empresa al finalizar cada proyecto se entrega y difunde:

- Las lecciones aprendidas y recomendaciones que permitieron mejorar los rendimientos.
- Las diferentes problemáticas que se presentaron, como se hicieron frente y cómo impactó en el proyecto.
- Los equipos y tecnologías que se usaron para el desarrollo del proyecto.

6.4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

6.4.1. Análisis de la productividad del trabajo de investigación

Inicialmente se acordó un sistema para el inicio de labores, hora de almuerzo y otro para la finalización de las labores de un día típico el cual es de la siguiente manera:

Se inicia con la charla de seguridad a las 7:00 am para el personal obrero. En el que se coordinarán las tareas que se avanzarán durante el día, también se les recomienda comunicar cualquier cosa que suceda durante las labores para evitar problemas de ejecución o sociales que afectan los intereses de la buena ejecución de la obra.

El almuerzo será a las 12:00 pm en el comedor, si existiese demora en llegar más de 10 min, entonces se les tuvo que llevar al lugar de trabajo para evitar fatigas innecesarias al personal obrera, previa coordinación con la camioneta u transporte que se disponga.

Al finalizar la jornada laboral se procede a la limpieza de las herramientas y el carguío de estas al almacén central, sea por medio de la camioneta o vehículo que se encuentre en la obra, en carretillas o manualmente.

Se analizaron las partidas de la siguiente manera:

6.4.1.1. Limpieza del terreno manual

Este trabajo consistió en realizar el retiro de obstrucciones donde se realizaron los trabajos posteriores con la ayuda de herramientas manuales, fue necesario un peón para realizar dicha partida, preparando así el terreno para la partida de trazo y replanteo. Inicialmente en el presupuesto original estaba considerado un rendimiento de 150 m por día, sin embargo, se pudo optimizar este valor en 165 m por día.

Partida	01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL			Rend:	150.0000 m/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0533	14.90	0.79	
						0.79	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.79	0.02	
						0.02	
Costo Unitario por m :						0.81	

Figura 3. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Limpieza del terreno manual.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL			Rend:	165.0000 m/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0485	14.90	0.72	
						0.72	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.72	0.02	
						0.02	
Costo Unitario por m :						0.74	

Figura 4. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Limpieza del terreno manual.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.2. Trazo niveles y replanteo aducción y redes

Comprende la partida 01.02.02. El trazo y replanteo debe ajustarse a los planos del proyecto, inicialmente se consideró un operario y dos peones para dicha labor con materiales como yeso y pintura esmalte, y un nivel topográfico con su estadal.

Dentro del trabajo productivo se encuentran las actividades de Estacionamiento del nivel topográfico (EN), Nivelación con nivel topográfico (NN), y en trabajo contributorio, Nivelación con estadal (NE), Trazado con yeso (T), Replanteo con pintura (R), y en trabajos no contributorios, Esperas (E), Desplazamientos (D), y Ocio (O).

Se realizó una carta balance de dicha partida obteniendo el siguiente resultado:

DÍA	DÍA 1			DÍA 2			DÍA 3			DÍA 4		
	7:30 a 7:41			8:00 a 8:11			9:30 a 9:41			10:00 a 10:11		
TIEMPO (min)	OPERARIO	PEON 01	PEON 02	OPERARIO	PEON 01	PEON 02	OPERARIO	PEON 01	PEON 02	OPERARIO	PEON 01	PEON 02
0.00	EN	E	E	EN	E	E	E	E	E	EN	E	E
0.25	EN	NE	E	E	E	E	EN	E	E	EN	E	E
0.50	NN	NE	E	NN	E	E	NN	NE	E	NN	NE	E
0.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
1.00	NN	NE	T	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
1.25	NN	R	T	NN	NE	T	NN	NE	T	D	NE	E
1.50	NN	R	T	NN	R	T	NN	R	T	D	R	T
1.75	D	D	T	D	T	D	R	T	D	R	T	T
2.00	D	D	T	EN	D	T	EN	R	T	EN	D	T
2.25	EN	D	T	NN	NE	E	EN	D	O	EN	D	T
2.50	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
2.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
3.00	NN	NE	E	NN	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	O
3.25	NN	R	O	NN	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	O
3.50	D	R	T	O	R	T	D	R	T	D	R	T
3.75	D	D	T	D	D	T	D	R	T	EN	R	T
4.00	EN	D	T	EN	D	T	EN	D	T	EN	D	T
4.25	D	D	T	EN	D	T	EN	D	T	EN	D	T
4.50	NN	D	E	EN	NE	T	EN	NE	T	NN	NE	E
4.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
5.00	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
5.25	NN	NE	E	D	NE	E	D	NE	E	NN	NE	E
5.50	D	R	T	D	R	T	D	R	T	D	R	T
5.75	D	R	T	D	R	T	D	R	T	D	R	T
6.00	EN	R	T	EN	R	T	EN	D	T	EN	D	T
6.25	EN	D	T	EN	D	T	EN	NE	T	EN	D	T
6.50	NN	NE	E	NN	D	E	EN	NE	T	NN	NE	E
6.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
7.00	NN	NE	E	NN	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	E
7.25	NN	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	T	NN	NE	O
7.50	D	R	T	NN	R	T	D	R	T	NN	R	T
7.75	D	D	T	D	D	T	D	R	T	D	R	T
8.00	EN	D	T	D	D	T	EN	D	T	EN	D	T
8.25	EN	NE	T	EN	NE	E	EN	D	E	EN	D	T
8.50	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	EN	NE	T
8.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	O	EN	NE	E
9.00	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	O	NN	NE	E
9.25	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
9.50	D	R	T	D	R	T	NN	R	T	D	R	T
9.75	D	R	T	D	R	T	D	D	T	D	R	T
10.00	D	T	EN	D	T	D	D	T	EN	D	T	T
10.25	EN	NE	T	EN	NE	T	EN	D	T	EN	D	T
10.50	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
10.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
11.00	NN	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	E
11.25	NN	NE	T	NN	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	O
11.50	NN	R	T	NN	R	T	D	R	T	D	R	E

DÍA	DÍA 5			DÍA 6			PROMEDIO		
	11:24 a 11:35			13:10 a 13:11			OPERARIO	PEON 01	PEON 02
TIEMPO (min)	OPERARIO	PEON 01	PEON 02	OPERARIO	PEON 01	PEON 02	OPERARIO	PEON 01	PEON 02
0.00	EN	E	E	O	O	EN	E	E	E
0.25	EN	E	E	EN	NE	O	EN	E	E
0.50	NN	E	O	NN	NE	E	NN	NE	E
0.75	NN	NE	O	NN	NE	E	NN	NE	E
1.00	NN	NE	O	D	NE	E	NN	NE	E
1.25	NN	NE	E	D	NE	E	NN	NE	E
1.50	D	R	T	EN	R	T	D	R	T
1.75	D	D	T	EN	E	T	D	R	T
2.00	EN	D	T	EN	D	T	EN	D	T
2.25	EN	D	E	EN	NE	T	EN	D	T
2.50	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
2.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
3.00	NN	NE	E	NN	R	O	NN	NE	O
3.25	D	R	O	NN	R	O	NN	NE	O
3.50	D	R	T	D	R	T	D	R	T
3.75	EN	R	T	D	E	T	D	R	T
4.00	EN	D	T	EN	D	T	EN	D	T
4.25	EN	D	T	EN	D	T	EN	D	T
4.50	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
4.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
5.00	NN	NE	E	NN	NE	O	NN	NE	E
5.25	D	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
5.50	D	R	T	D	R	T	D	R	T
5.75	D	R	T	D	R	T	D	R	T
6.00	D	D	T	EN	R	T	EN	D	T
6.25	EN	D	O	EN	D	T	EN	D	T
6.50	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
6.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
7.00	NN	NE	O	NN	NE	E	NN	NE	O
7.25	NN	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	O
7.50	NN	R	T	D	R	T	D	R	T
7.75	D	D	T	D	R	T	D	R	T
8.00	EN	D	T	EN	D	T	EN	D	T
8.25	EN	NE	T	EN	D	T	EN	D	T
8.50	NN	NE	E	EN	NE	T	NN	NE	E
8.75	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
9.00	NN	NE	E	NN	NE	E	NN	NE	E
9.25	NN	NE	E	NN	R	E	NN	NE	E
9.50	NN	R	T	NN	R	T	D	R	T
9.75	D	R	T	NN	R	T	D	R	T
10.00	EN	D	T	D	D	T	EN	D	T
10.25	EN	D	E	EN	D	T	EN	D	T
10.50	NN	D	E	NN	NE	E	NN	NE	E
10.75	NN	D	E	NN	NE	E	NN	NE	E
11.00	NN	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	O
11.25	D	NE	O	NN	NE	O	NN	NE	O
11.50	D	R	T	NN	R	E	D	R	T

Figura 5. Carta balance de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.

Fuente. Elaboración propia.

Aunque solo se halla analizado en 11:30 min aproximadamente la actividad, fue tiempo suficiente para concluir que es un trabajo repetitivo que no requiere más tiempo de análisis.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
EN	3	33.33%	9
NN	6	66.67%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
NE	6	41.38%	14.5
T	5.5	37.93%	
R	3	20.69%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	5	40.00%	12.5
D	5.5	44.00%	
O	2	16.00%	

Figura 6. Resumen de actividades de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 7. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.

Fuente. Elaboración propia.

Analizando la carta balance se observó que el peón 2 cuenta con un alto nivel de trabajo no contributivo, 56% del total de actividades realizadas para esta partida, por ende, se propuso no contar con éste cargando el peso de las actividades de Trazado con yeso al Peón 1 para lo cual se obtuvo la siguiente carta balance optimizada:

TIEMPO (min)	OPERARIO	PEON 01
0.00	EN	E
0.50	NN	NE
1.00	NN	NE
1.50	D	R
2.00	EN	T
2.50	NN	NE
3.00	NN	NE
3.50	D	R
4.00	EN	T
4.50	NN	NE
5.00	NN	NE
5.50	D	R
6.00	EN	T
6.50	NN	NE
7.00	NN	NE
7.50	D	R
8.00	EN	T
8.50	NN	NE
9.00	NN	NE
9.50	D	R
10.00	EN	T
10.50	NN	NE
11.00	NN	NE
11.50	D	R

Figura 8. Carta balance optimizada de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.

Fuente. Elaboración propia.

Se debió supervisar que la actividad de trazado que originalmente era de 1 min se haga más eficientemente en 30seg para no retrasar el trabajo productivo del operario.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
EN	3	33.33%	9
NN	6	66.67%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
NE	6	52.17%	11.5
T	2.5	21.74%	
R	3	26.09%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	0.5	14.29%	3.5
D	3	85.71%	
O	0	0.00%	

Figura 9. Resumen de actividades optimizada de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.

Fuente. Elaboración propia.

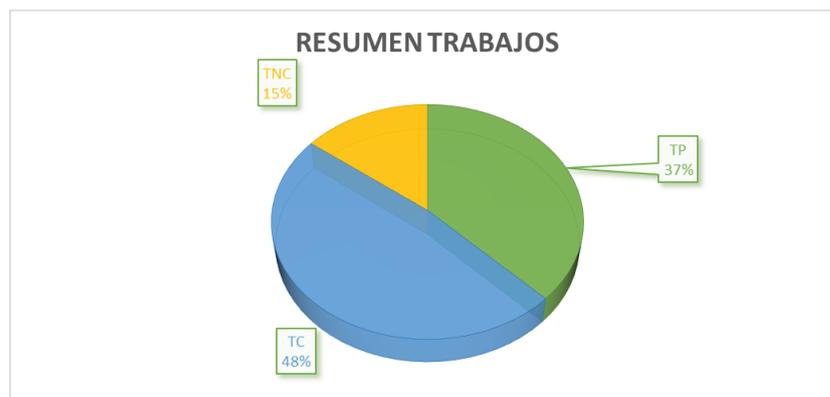


Figura 10. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Trazo niveles y replanteo aducción y redes.

Fuente. Elaboración propia.

Se concluye en una gran disminución del trabajo no contributorio de un 35% a un 15%, mejorando también la productividad de un 25% a un 37%, y el trabajo contributorio de 40% a 48%.

Partida	01.02.02 TRAZO NIVELES Y REPLANTEO ADUCCION Y REDES					Rend:	500.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0160	20.18	0.32	
47 00009	PEON	HH	2.000	0.0320	14.90	0.48	
							0.80
Materiales							
30 01352	YESO DE 28 Kg	BOL		0.0200	8.50	0.17	
54 06860	PINTURA ESMALTE	gal		0.0050	38.13	0.19	
							0.36
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.80	0.02	
49 02475	NIVEL TOPOGRAFICO	HM	1.000	0.0160	10.00	0.16	
							0.18
Costo Unitario por m :							1.34

Figura 11. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Limpieza del terreno manual.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.02.02 TRAZO NIVELES Y REPLANTEO ADUCCION Y REDES					Rend:	500.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0160	20.18	0.32	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0160	14.90	0.24	
							0.56
Materiales							
30 01352	YESO DE 28 Kg	BOL		0.0200	8.50	0.17	
54 06860	PINTURA ESMALTE	gal		0.0050	38.13	0.19	
							0.36
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.56	0.02	
49 02475	NIVEL TOPOGRAFICO	HM	1.000	0.0160	10.00	0.16	
							0.18
Costo Unitario por m :							1.10

Figura 12. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Limpieza del terreno manual.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.3. Trazo niveles y replanteo para conexiones domiciliarias

El trazado de niveles y replante para conexiones domiciliarias consistió en el trabajo de 1 operario y 1 peón por lo tanto su optimización solo será en base a un mayor rendimiento en campo. Este pudo ser optimizado de 500 m/día a 600 m/día.

Partida	01.02.03 TRAZO NIVELES Y REPLANTEO PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS				Rend:	500.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0160	20.18	0.32
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0160	14.90	0.24
						0.56
Materiales						
30 01352	YESO DE 28 Kg	BOL		0.0200	8.50	0.17
						0.17
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.56	0.02
						0.02
Costo Unitario por m :						0.75

Figura 13. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Trazo niveles y replanteo para conexiones domiciliarias.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.02.03 TRAZO NIVELES Y REPLANTEO PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS				Rend:	600.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0133	20.18	0.27
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0133	14.90	0.20
						0.47
Materiales						
30 01352	YESO DE 28 Kg	BOL		0.0200	8.50	0.17
						0.17
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.56	0.02
						0.02
Costo Unitario por m :						0.65

Figura 14. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Trazo niveles y replanteo para conexiones domiciliarias.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.4. Retiro de tubería existente

Una vez excavado la zona donde se va a colocar la nueva red de tuberías, será necesario retirar la tubería existente que se encontró en mal estado por los años de servicio que tuvo en el Campamento, en campo se optimizó el rendimiento del expediente en 220 m/día (inicialmente 200m/día).

Partida	01.02.04 RETIRO DE TUBERIA EXISTENTE				Rend:	200.0000 m/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0400	14.90	0.60	
						0.60	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.60	0.02	
						0.02	
Costo Unitario por m :						0.62	

Figura 15. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Retiro de tubería existente.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.02.04 RETIRO DE TUBERIA EXISTENTE				Rend:	220.0000 m/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0364	14.90	0.54	
						0.54	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.60	0.02	
						0.02	
Costo Unitario por m :						0.56	

Figura 16. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Retiro de tubería existente.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.5. Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. <= 160 mm

Comprende la partida 01.04.01. Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. <= 160 mm el considera un corte de 0.60m de ancho y 0.80m de profundidad aproximadamente, inicialmente se consideró un oficial y un peón para dicha labor con equipos como una retroexcavadora sobre llantas, una compresora neumática 125-175 PCM, 76 HP y un martillo neumático de 24 kg., y herramientas comunes como palas, picos, barretas, carretillas, entre otros.

Dentro del trabajo productivo se encuentran las actividades de Excavación con retroexcavadora (ER), Excavación manual (EM), y en trabajo contributorio, Coordinación entre vigía y operador (CVO), Verificación de la uniformidad de la zanja (VUZ), Indicación de continuar excavando o desestabilización (IE), y en trabajos no contributorios, Esperas (E), Estabilización o desestabilización de

retroexcavadora (ED), Desplazamiento de posición de retroexcavadora (DR) y Ocio (O).

Se realizó una carta balance de dicha partida obteniendo el siguiente resultado:

DÍA	DÍA 1			DÍA 2			DÍA 3			DÍA 4		
HORA	8:20 a 8:50			9:25 a 9:55			10:30 a 11:00			11:15 a 11:45		
TIEMPO (min)	Operario	Peón 01	Peon 02	Operario	Peón 01	Peon 02	Operario	Peón 01	Peon 02	Operario	Peón 01	Peon 02
0.00	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E
0.50	CVO	E	E	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E
1.00	CVO	E	O	CVO	CVO	O	CVO	CVO	O	CVO	CVO	O
1.50	CVO	E	O	CVO	CVO	O	DR	CVO	O	CVO	CVO	O
2.00	CVO	E	O	DR	E	O	ED	E	O	DR	CVO	O
2.50	DR	O	O	ER	O	O	ER	O	O	ED	O	O
3.00	ER	O	E	ER	O	E	ER	O	E	ER	O	E
3.50	ER	E	E	ER	E	E	ER	E	E	ER	VUZ	E
4.00	ER	E	E	ER	VUZ	E	ER	VUZ	E	ER	VUZ	E
4.50	ER	VUZ	E	ER	VUZ	E	ER	VUZ	E	ER	VUZ	E
5.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	E	ER	VUZ	E	ER	VUZ	E
5.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	E	ER	VUZ	E	ER	VUZ	E
6.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
6.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
7.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
7.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
8.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
8.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
9.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
9.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
10.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
10.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	IE	EM	ER	VUZ	EM
11.00	ED	IE	E	ER	VUZ	EM	ED	E	E	ED	VUZ	EM
11.50	ED	E	E	ER	IE	EM	ED	E	E	CVO	IE	EM
12.00	CVO	E	E	ED	E	E	CVO	E	E	CVO	E	E
12.50	CVO	E	E	CVO	CVO	E	DR	CVO	E	DR	CVO	E
13.00	DR	CVO	EM	DR	E	EM	DR	E	EM	DR	E	EM
13.50	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM
14.00	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM
14.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
15.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
15.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
16.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
16.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
17.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
17.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
18.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
18.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
19.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
19.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
20.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	IE	EM	ER	VUZ	EM
20.50	ER	IE	EM	ER	VUZ	EM	ED	E	E	ER	VUZ	EM
21.00	ED	E	EM	ER	IE	EM	ED	E	E	ED	IE	EM
21.50	CVO	E	E	ED	E	E	ED	E	E	ED	E	E
22.00	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E
22.50	DR	E	EM	DR	E	EM	DR	E	EM	DR	E	EM
23.00	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM
23.50	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM
24.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
24.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
25.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
25.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
26.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
26.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
27.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
27.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
28.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
28.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
29.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
29.50	ER	VUZ	EM	ER	IE	EM	ER	VUZ	EM	ER	IE	EM
30.00	ER	IE	EM	ED	E	EM	ER	VUZ	EM	ED	E	EM
30.50	ED	E	EM	ED	E	ED	E	IE	EM	ED	E	EM

DÍA	DÍA 5			DÍA 6			PROMEDIO		
HORA	14:00 A 14:30			15:32 a 16:02					
TIEMPO (min)	Operario	Peón 01	Peon 02	Operario	Peón 01	Peon 02	Operario	Peón 01	Peon 02
0.00	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E	CVO	CVO	E
0.50	CVO	CVO	E	DR	CVO	E	CVO	CVO	E
1.00	CVO	CVO	O	ED	CVO	O	CVO	CVO	O
1.50	CVO	CVO	O	ER	CVO	O	CVO	CVO	O
2.00	DR	CVO	O	ER	E	O	DR	E	O
2.50	ED	O	O	ER	O	E	DR	O	O
3.00	ER	O	E	ER	O	E	ED	O	E
3.50	ER	E	E	ER	E	EM	ED	E	E
4.00	ER	E	E	ER	VUZ	EM	ER	E	E
4.50	ER	VUZ	E	ER	VUZ	EM	ER	E	E
5.00	ER	VUZ	E	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	E
5.50	ER	VUZ	E	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	E
6.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
6.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
7.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
7.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
8.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
8.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
9.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
9.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
10.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
10.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
11.00	ER	IE	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
11.50	ED	E	E	ED	IE	EM	ER	IE	EM
12.00	CVO	E	E	CVO	E	E	ED	E	E
12.50	CVO	CVO	E	DR	CVO	E	CVO	CVO	E
13.00	DR	E	EM	DR	E	EM	DR	E	EM
13.50	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM
14.00	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM
14.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
15.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
15.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
16.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
16.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
17.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
17.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
18.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
18.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
19.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
19.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
20.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
20.50	ER	VUZ	EM	ER	IE	EM	ER	VUZ	EM
21.00	ER	IE	EM	ED	IE	O	ER	IE	EM
21.50	ED	E	E	CVO	E	E	ED	E	E
22.00	CVO	CVO	E	CVO	CVO	EM	CVO	CVO	E
22.50	DR	E	EM	DR	E	EM	DR	E	EM
23.00	ER	E	EM	ER	E	EM	ER	E	EM
23.50	ER	E	EM	ER	VUZ	EM	ER	E	EM
24.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
24.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
25.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
25.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
26.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
26.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
27.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
27.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
28.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
28.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
29.00	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
29.50	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM	ER	VUZ	EM
30.00	ER	VUZ	EM	ER	IE	EM	ER	VUZ	EM
30.50	ER	IE	EM	E	E	E	ER	IE	EM

Figura 17. Carta balance de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.

Fuente. Elaboración propia.

Aunque solo se halla analizado en 30:30 min aproximadamente la actividad, fue tiempo suficiente para concluir que es un trabajo repetitivo que no requiere más tiempo de análisis.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
ER	24	51.06%	47
EM	23	48.94%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
CVO	6	22.22%	27
VUZ	19.5	72.22%	
IE	1.5	5.56%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	12	60.00%	20
ED	2	10.00%	
DR	3	15.00%	
O	3	15.00%	

Figura 18. Resumen de actividades de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 19. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.

Fuente. Elaboración propia.

Analizando la carta balance se observó que el peón 2 cuenta con un alto nivel de trabajo no contributivo, 26% del total de actividades realizadas para esta partida, por ende, se propuso no contar con éste cargando el peso de la actividad de Excavación manual al Peón 1 para lo cual se obtuvo la siguiente carta balance optimizada:

TIEMPO (min)	Operario	Peón 01
0.00	CVO	CVO
0.50	CVO	CVO
1.00	CVO	CVO
1.50	CVO	CVO
2.00	DR	E
2.50	DR	O
3.00	ED	O
3.50	ED	E
4.00	ER	E
4.50	ER	E
5.00	ER	VUZ
5.50	ER	EM
6.00	ER	VUZ
6.50	ER	EM
7.00	ER	VUZ
7.50	ER	EM
8.00	ER	VUZ
8.50	ER	EM
9.00	ER	VUZ
9.50	ER	EM
10.00	ER	VUZ
10.50	ER	EM
11.00	ER	VUZ
11.50	ER	IE
12.50	CVO	CVO
13.00	DR	E
13.50	ER	E
14.00	ER	E
16.00	ER	EM
16.50	ER	VUZ
17.00	ER	EM
17.50	ER	VUZ
18.00	ER	EM
18.50	ER	VUZ
19.00	ER	EM
19.50	ER	VUZ
20.00	ER	EM
20.50	ER	VUZ
21.00	ER	IE
21.50	ED	E
22.00	CVO	CVO
22.50	DR	E
23.00	ER	E
23.50	ER	E
24.00	ER	VUZ
24.50	ER	EM
25.00	ER	VUZ
25.50	ER	EM
26.00	ER	VUZ
26.50	ER	EM
27.00	ER	VUZ
27.50	ER	EM
28.00	ER	VUZ
28.50	ER	EM
29.00	ER	VUZ
29.50	ER	EM
30.00	ER	VUZ
30.50	ER	IE

Figura 20. Carta balance optimizada de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.

Fuente. Elaboración propia.

La coordinación que tiene ahora el peón 1 para coordinar la verificación de la uniformidad de la zanja a la retroexcavadora y la excavación manual debe ser suficiente para no retrasar el trabajo productivo del operario.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
ER	24	72.73%	33
EM	9	27.27%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
CVO	6	33.33%	18
VUZ	10.5	58.33%	
IE	1.5	8.33%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	6	60.00%	10
ED	2	20.00%	
DR	1	10.00%	
O	1	10.00%	

Figura 21. Resumen de actividades optimizada de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 22. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. ≤ 160 mm.

Fuente. Elaboración propia.

Se concluye en una gran disminución del trabajo no contributorio de un 17% a un 12%, mejorando también la productividad de un 54% a un 59%, y el trabajo contributorio no tuvo cambios y se mantuvo con un 29%.

Partida	01.04.01	EXCAVACION DE ZANJA T.N. P/TUB. PVC DIAM <= 160 MM				Rend:	100.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0800	16.58		1.33
47 00009	PEON	HH	2.000	0.1600	14.90		2.38
							3.71
Equipo							
00 07000	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS	hm	1.000	0.0800	178.00		14.24
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.71		0.19
48 06887	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP	hm	1.000	0.0800	76.00		6.08
48 06886	MARTILLO NEUMATICO DE 24 kg	hm	1.000	0.0800	35.00		2.80
							23.31
						Costo Unitario por m :	27.02

Figura 23. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. <= 160 mm.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.04.01	EXCAVACION DE ZANJA T.N. P/TUB. PVC DIAM <= 160 MM				Rend:	100.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0800	16.58		1.33
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0800	14.90		1.19
							2.52
Equipo							
00 07000	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS	hm	1.000	0.0800	178.00		14.24
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.52		0.13
48 06887	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PC	hm	1.000	0.0800	76.00		6.08
48 06886	MARTILLO NEUMATICO DE 24 kg	hm	1.000	0.0800	35.00		2.80
							23.25
						Costo Unitario por m :	25.77

Figura 24. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Excavación de zanja T.N. P/Tub. PVC Diam. <= 160 mm.

Fuente. Elaboración propia.

Antes de iniciar el trabajo, a las 7:00 am la retroexcavadora debe tener un calentamiento previo de 10 minutos aproximadamente, dependiendo de la altura respecto al mar, el frío, entre otros; se usó una CAT 420 F, para estos trabajos. Una vez verificado el funcionamiento de la retroexcavadora y llenado de tanque se procede a ir al área de trabajo, e iniciar con el mismo.

Las excavaciones de zanjas se realizan con maquinarias en lugares que hay espacio y forma manual donde no y con el tamaño exacto al diseño indicado en los

planos. En los lugares de roca fracturada y roca fija se utiliza compresora neumática y martillo neumático.

Una vez en campo, previa limpieza del terreno manual, trazado y replanteo, contando con máquina, equipos y herramientas necesarias, se procede a abrir zanja.

Se cuenta con un vigía que guía a la retroexcavadora hasta donde excavar de profundidad, puede ser un peón, esto mejora la coordinación para excavar y depende de ello el avance de la excavación.

Luego de que la máquina excava, lo sigue la partida de refinando la zanja y aplicar el primer relleno.

6.4.1.6. Excavación de zanjas T.N. conexión domiciliaria tub. PVC Diám. <= 2"

La excavación de zanjas para conexiones domiciliarias para tuberías de diámetro menor a 2" se hará en función de un oficial, un peón, y sus herramientas manuales, las cuales son picos, palas, carretillas, etc., por ello la manera de optimizar esta partida es mediante un mayor control de los obreros involucrados y la experiencia que estos tienen conforme va transcurriendo el tiempo de programación, el rendimiento se optimizó de 120m por día a 130m por día.

Partida	01.04.02	EXCAVACION DE ZANJAS T.N. CONEXION DOMICILIARIA TUB. PVC DIAM. <= 2"	Rend:	120.0000 m/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0667	16.58	1.11
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0667	14.90	0.99
						2.10
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.10	0.11
						0.11
Costo Unitario por m :						2.21

Figura 25. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Excavación de zanjas T.N. conexión domiciliaria tub. PVC Diám. <= 2".

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.04.02	EXCAVACION DE ZANJAS T.N. CONEXION DOMICILIARIA TUB. PVC DIAM. <= 2"			Rend:	130.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0615	16.58	1.02
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0615	14.90	0.92
						1.94
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.94	0.10
						0.10
Costo Unitario por m :						2.04

Figura 26. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Excavación de zanjas T.N. conexión domiciliaria tub. PVC Diám. <= 2".

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.7. Refine y nivelación de zanja terreno normal P/Tub. <= 160 mm y <= 2"

No hubo cambio en el rendimiento del refine y nivelación de la zanja, sin embargo, se pudo observar que la excavación con retroexcavadora en ciertos tramos pudo disminuir la labor de esta partida, lo que demostró que esta es una variable que dependía del estrato a excavar.

Partida	01.04.03	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA TERRENO NORMAL P/TUB <= 160 MM			Rend:	100.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00009	PEON	HH	2.000	0.1600	14.90	2.38
						2.38
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.38	0.07
						0.07
Costo Unitario por m :						2.45

Figura 27. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Refine y nivelación de zanja terreno normal P/Tub. <= 160 mm.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.04.04	REFINE Y NIVELACION DE ZANJA TERRENO NORMAL P/TUB <= 2"			Rend:	120.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00009	PEON	HH	2.000	0.1333	14.90	1.99
						1.99
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.99	0.06
						0.06
Costo Unitario por m :						2.05

Figura 28. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Refine y nivelación de zanja terreno normal P/Tub. <= 2".

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.8. Relleno compactado con material propio seleccionado o seleccionado

Ambas partidas muy similares no muestran variación en el rendimiento, el material no presenta raíces, cenizas, césped, barro, lodo, ni piedras con aristas que dañen la tubería colocada. La compactación se hizo en capas de 0.20m sucesivas con un equipo vibroapisonador tipo canguro de 3HP.

Partida	01.04.05	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO				Rend:	150.0000 m ² /DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0533	20.18	1.08	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0533	14.90	0.79	
						1.87	
	Equipo						
00 07001	VIBROAPISONADOR TIPO CANGURO 3HP	hm	0.500	0.0267	15.00	0.40	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.87	0.06	
						0.46	
							Costo Unitario por m : 2.33

Figura 29. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Relleno compactado con material propio seleccionado.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.04.06	RELLENO Y COMPACTACION DE ZANJA C/MAT. PRESTAMO				Rend:	45.0000 m ³ /DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.1778	20.18	3.59	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.1778	14.90	2.65	
						6.24	
	Materiales						
00 07002	ARENILLA	m ³		0.3000	43.51	13.05	
						13.05	
	Equipo						
00 07001	VIBROAPISONADOR TIPO CANGURO 3HP	hm	0.500	0.0889	15.00	1.33	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.24	0.19	
						1.52	
							Costo Unitario por m³ : 20.81

Figura 30. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Relleno y compactación de zanja c/mat. Préstamo.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.9. Acarreo de material excedente hasta 30m.

Comprende una cuadrilla de 4 peones, luego de haber rellenado la zanja con el material propio seleccionado, existirá material sobrante, ya sea éste o del material de préstamo, para ello se de acopiar mediante carretillas y herramientas manuales en un punto cercano a la excavación no mayor a 30m para su posterior eliminación. Se pudo optimizar el acarreo en 26 m³/día.

Partida	01.04.07 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30M.				Rend:	24.0000 m3/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	PEON	HH	4.000	1.3333	14.90	19.87	
						19.87	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	19.87	0.60	
						0.60	
Costo Unitario por m3 :						20.47	

Figura 31. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Acarreo de material excedente hasta 30m.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.04.07 ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30M.				Rend:	26.0000 m3/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00009	PEON	HH	4.000	1.2308	14.90	18.34	
						18.34	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	18.34	0.55	
						0.55	
Costo Unitario por m3 :						18.89	

Figura 32. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Acarreo de material excedente hasta 30m.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.10. Eliminación de material excedente c/equipo

El material excedente, ya acarreado en la partida anterior fue removido con un camión volquete de 15m³, un cargador sobre llantas de 125-135 HP 3 yd³, el cual en campo se pudo observar que este rendimiento estaba en función del punto de acopio y el botadero donde se eliminará este material. El rendimiento optimizado fue de 400 m³.

Partida	01.04.08	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO				Rend:	385.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0208	16.58	0.34	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0208	14.90	0.31	
						0.65	
Equipo							
00 07004	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	3.750	0.0779	150.00	11.69	
00 07003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.000	0.0208	230.00	4.78	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.65	0.02	
						16.49	
Costo Unitario por m3 :						17.14	

Figura 33. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Eliminación de material excedente c/equipo.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.04.08	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO				Rend:	400.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0200	16.58	0.33	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0200	14.90	0.30	
						0.63	
Equipo							
00 07004	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	3.750	0.0750	150.00	11.25	
00 07003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.000	0.0200	230.00	4.60	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.63	0.02	
						15.87	
Costo Unitario por m3 :						16.50	

Figura 34. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Eliminación de material excedente c/equipo.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.11. Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10

Luego de terminado la partida de excavación de zanja y haber refinado y nivelado la zanja, esta será inspeccionada y limpiada, eliminándose cualquier elemento defectuoso que presente rajaduras o protuberancias, por el operario o ingeniero a cargo, para su adecuada instalación y evitar futuros retrasos si el material hubiese estado dañado.

Comprende las partidas de 01.05.01.01., 01.05.01.02., 01.05.01.03. y 01.05.01.04., inicialmente se consideró un operario y dos peones para dicha labor

se usaron materiales como pegamento para PVC y la tubería correspondiente según planos.

Dentro del trabajo productivo se encuentran las actividades de Instalación de tubería y tapado del lado abierto (I), Cortado, engrasado y limpieza de punta de tubería (C), y en trabajo contributorio, Verificación del estado de la tubería (VE), Nivelación de fondo de zanja (NF), y en trabajos no contributorios, Esperas (E), Traslado de tubería a punto de instalación (T), Regreso al punto de acopio de tuberías (R) y Ocio (O).

Se realizó una carta balance de dicha partida obteniendo el siguiente resultado:

DÍA	DÍA 1			DÍA 2			DÍA 3			DÍA 4		
HORA	7:45 a 7:56			8:35 a 8:46			10:10 a 10:21			11:33 a 11:44		
TIEMPO (min)	Operario	Peon 01	Peon 02	Operario	Peon 01	Peon 02	Operario	Peon 01	Peon 02	Operario	Peon 01	Peon 02
0.00	E	VE	E	E	VE	E	E	VE	E	E	VE	E
0.25	E	VE	E	E	T	E	E	VE	E	E	VE	O
0.50	E	VE	E	E	T	E	E	T	NF	E	T	O
0.75	E	T	E	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
1.00	C	T	NF	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
1.25	C	T	NF	E	T	E	E	T	E	E	T	NF
1.50	C	R	NF	C	R	O	C	R	O	C	R	O
1.75	I	R	O	C	R	O	C	R	O	C	R	O
2.00	I	R	E	I	R	E	I	R	E	I	R	E
2.25	I	R	E	I	R	E	I	R	NF	E	R	E
2.50	O	T	E	O	T	NF	I	T	NF	O	T	NF
2.75	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF
3.00	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
3.25	C	T	NF	E	R	NF	E	T	NF	C	R	NF
3.50	C	R	NF	C	R	E	C	T	E	C	R	NF
3.75	C	R	E	C	R	E	C	T	E	C	R	E
4.00	I	R	O	I	R	E	I	R	E	I	R	E
4.25	O	T	E	I	R	E	I	R	E	I	R	E
4.50	O	T	NF	O	T	E	I	T	NF	O	T	E
4.75	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF	O	T	E
5.00	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
5.25	C	T	E	E	T	NF	E	T	E	C	T	NF
5.50	C	R	O	C	R	NF	C	R	E	C	T	NF
5.75	I	R	O	C	R	E	C	R	E	C	R	E
6.00	O	R	O	I	R	O	I	R	O	I	R	O
6.25	O	R	O	I	R	O	I	R	O	O	R	E
6.50	E	T	NF	I	T	NF	O	T	NF	O	T	E
6.75	E	T	NF	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF
7.00	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF	C	T	NF
7.25	E	T	NF	C	T	E	E	T	NF	C	T	NF
7.50	C	R	E	C	R	E	C	R	NF	C	R	E
7.75	C	R	E	C	R	E	C	R	E	C	R	E
8.00	I	R	O	I	R	O	I	R	O	I	R	NF
8.25	I	R	O	I	R	NF	I	R	O	I	R	NF
8.50	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF
8.75	E	T	NF	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF
9.00	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
9.25	O	T	NF	E	T	NF	C	T	NF	E	T	NF
9.50	C	T	O	C	R	E	C	R	O	E	R	O
9.75	C	R	O	C	R	O	C	R	O	C	R	O
10.00	I	R	E	I	R	E	I	R	E	I	R	E
10.25	I	R	E	I	R	E	I	R	E	I	R	E
10.50	I	T	NF	O	T	NF	I	T	NF	O	T	NF
10.75	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF
11.00	O	T	NF	E	T	NF	O	T	NF	E	T	NF
11.25	E	T	NF	O	T	NF	E	R	NF	E	T	NF
11.50	E	R	NF	O	R	O	E	R	O	E	T	NF

DÍA	DÍA 5			DÍA 6			PROMEDIO		
HORA	14:07 a 14:18			15:46 a 15:57					
TIEMPO (min)	Operario	Peon 01	Peon 02	Operario	Peon 01	Peon 02	Operario	Peon 01	Peon 02
0.00	E	VE	E	E	VE	E	E	VE	E
0.25	E	VE	E	E	VE	NF	E	VE	E
0.50	E	VE	NF	E	T	NF	E	T	NF
0.75	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
1.00	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
1.25	E	T	E	E	T	NF	E	T	NF
1.50	C	R	O	C	R	O	C	R	O
1.75	C	R	O	C	R	O	C	R	O
2.00	I	R	E	I	R	O	I	R	E
2.25	I	R	NF	E	R	E	I	R	E
2.50	O	T	NF	O	T	E	O	T	NF
2.75	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF
3.00	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
3.25	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
3.50	E	R	E	C	R	NF	C	R	E
3.75	C	R	E	C	R	E	C	R	E
4.00	I	R	E	I	R	E	I	R	E
4.25	I	R	E	I	R	NF	I	R	E
4.50	I	T	NF	O	T	NF	O	T	NF
4.75	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF
5.00	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
5.25	E	T	NF	E	R	E	E	T	NF
5.50	E	R	E	E	R	O	C	R	E
5.75	C	R	E	C	R	O	C	R	E
6.00	I	R	O	I	R	O	I	R	O
6.25	I	R	O	I	R	NF	I	R	O
6.50	O	T	NF	O	T	NF	O	T	NF
6.75	O	T	NF	E	T	NF	O	T	NF
7.00	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
7.25	E	T	NF	E	T	E	E	T	NF
7.50	E	R	E	E	R	O	C	R	E
7.75	C	R	E	C	R	O	C	R	E
8.00	I	R	O	C	R	O	I	R	O
8.25	I	R	O	I	R	NF	I	R	O
8.50	O	T	NF	O	R	NF	O	T	NF
8.75	O	T	NF	E	T	NF	O	T	NF
9.00	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
9.25	E	T	NF	E	T	NF	E	T	NF
9.50	C	R	O	E	R	O	C	R	O
9.75	C	R	O	C	R	O	C	R	O
10.00	I	R	E	I	R	E	I	R	E
10.25	I	R	E	I	R	E	I	R	E
10.50	O	T	E	I	T	NF	O	T	NF
10.75	O	T	E	O	T	NF	O	T	NF
11.00	E	R	NF	E	T	NF	E	T	NF
11.25	E	R	NF	E	R	NF	E	T	NF
11.50	E	R	NF	E	R	NF	E	R	O

Figura 35. Carta balance de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.

Aunque solo se halla analizado en 11:00 min aproximadamente la actividad, fue tiempo suficiente para concluir que es un trabajo repetitivo que no requiere más tiempo de análisis.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
I	2.5	50.00%	5
C	2.5	50.00%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
VE	0.5	7.69%	6.5
NF	6	92.31%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	9	39.13%	23
T	6	26.09%	
R	5	21.74%	
O	3	13.04%	

Figura 36. Resumen de actividades de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 37. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.

Analizando la carta balance se observó que el peón 1 cuenta con un alto nivel de trabajo no contributivo, 96% del total de actividades realizadas para esta partida, por ende, se propuso no contar con éste cargando el peso de la actividad de Excavación manual al Operario para lo cual se obtuvo la siguiente carta balance optimizada:

TIEMPO (min)	Operario	Peon 01
0.00	E	VE
0.50	NF	T
1.00	NF	T
1.50	C	R
2.00	I	R
2.50	NF	T
3.00	NF	T
3.50	C	R
4.00	I	R
4.50	NF	T
5.00	NF	T
5.50	C	R
6.00	I	R
6.50	NF	T
7.00	NF	T
7.50	C	R
8.00	I	R
8.50	NF	T
9.00	NF	T
9.50	C	R
10.00	I	R
10.50	NF	T
11.00	NF	T

Figura 38. Carta balance optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.

El trabajo ahora realizado por el operario es más exigente, pues se le ha sobrecargado con la actividad de Nivelación del fondo de zanja, el peón se encargó de suministrar las herramientas necesarias para dicha actividad desde fuera de la zanja y la suministración de tuberías.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
I	2.5	50.00%	5
C	2.5	50.00%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
VE	0.5	7.69%	6.5
NF	6	92.31%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	0.5	4.35%	11.5
T	6	52.17%	
R	5	43.48%	
O	0	0.00%	

Figura 39. Resumen de actividades optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 40. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.

Se concluye en una gran disminución del trabajo no contributorio de un 67% a un 50%, mejorando también la productividad de un 14% a un 22%, y el trabajo contributorio de un 19% a un 28%.

Partida	01.05.01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 160MM UF C - 10			Rend:	220.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0364	20.18	0.73
47 00009	PEON	HH	2.000	0.0727	14.90	1.08
						1.81
Materiales						
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08
00 07006	TUBERIA PVC ø 160 MM C-10	m		1.0500	15.90	16.70
						16.78
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.81	0.05
						0.05
Costo Unitario por m :						18.64

Figura 41. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm UF C - 10.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.05.01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 110MM UF C - 10				Rend:	250.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0320	20.18		0.65
47 00009	PEON	HH	2.000	0.0640	14.90		0.95
							1.60
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00		0.08
00 07007	TUBERIA PVC ø 110 MM C-10	m		1.0500	13.95		14.65
							14.73
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.60		0.05
							0.05
Costo Unitario por m :							16.38

Figura 42. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 110mm UF C - 10.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.05.01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 90MM UF C - 10				Rend:	300.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0267	20.18		0.54
47 00009	PEON	HH	2.000	0.0533	14.90		0.79
							1.33
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00		0.08
00 07008	TUBERIA PVC ø 90 MM C-10	m		1.0500	13.68		14.36
							14.44
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.33		0.04
							0.04
Costo Unitario por m :							15.81

Figura 43. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 90mm UF C - 10.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.05.01.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 63MM UF C - 10				Rend:	380.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0211	20.18		0.43
47 00009	PEON	HH	2.000	0.0421	14.90		0.63
							1.06
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00		0.08
00 07009	TUBERIA PVC ø 63 MM C-10	m		1.0500	10.47		10.99
							11.07
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.06		0.03
							0.03
						Costo Unitario por m :	12.16

Figura 44. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 63mm UF C - 10.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.05.01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 160MM UF C - 10				Rend:	220.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0364	20.18		0.73
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0364	14.90		0.54
							1.27
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00		0.08
00 07006	TUBERIA PVC ø 160 MM C-10	m		1.0500	15.90		16.70
							16.78
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.27		0.04
							0.04
						Costo Unitario por m :	18.09

Figura 45. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.05.01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 110MM UF C - 10				Rend:	250.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0320	20.18		0.65
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0320	14.90		0.48
							1.13
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00		0.08
00 07007	TUBERIA PVC ø 110 MM C-10	m		1.0500	13.95		14.65
							14.73
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.13		0.03
							0.03
Costo Unitario por m :							15.89

Figura 46. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 110mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.05.01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 90MM UF C - 10				Rend:	300.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0267	20.18		0.54
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0267	14.90		0.40
							0.94
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00		0.08
00 07008	TUBERIA PVC ø 90 MM C-10	m		1.0500	13.68		14.36
							14.44
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.94		0.03
							0.03
Costo Unitario por m :							15.41

Figura 47. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 90mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.05.01.04 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 63MM UF C - 10					Rend:	380.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0211	20.18	0.43	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0211	14.90	0.31	
						0.74	
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07009	TUBERIA PVC ø 63 MM C-10	m		1.0500	10.47	10.99	
						11.07	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.74	0.02	
						0.02	
Costo Unitario por m :						11.83	

Figura 48. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 63mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.12. Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1"

Luego de terminado la partida de excavación de zanja y haber refinado y nivelado la zanja, esta será inspeccionada y limpiada, eliminándose cualquier elemento defectuoso que presente rajaduras o protuberancias, por el operario o ingeniero a cargo, para su adecuada instalación y evitar futuros retrasos si el material hubiese estado dañado.

Comprende las partidas de 01.05.02.01., 01.05.02.02. y 01.05.02.03., inicialmente se consideró un operario y un peón para dicha labor se usaron materiales como pegamento para PVC y la tubería correspondiente según planos.

Dentro del trabajo productivo se encuentran las actividades de Corte y teflonado de tubería (C), Instalación de tubería (I), y en trabajo contributorio, Verificación del estado y limpieza de la tubería (V), y en trabajos no contributorios, Esperas (E), Traslado de tubería a punto de instalación (T), y Ocio (O).

Se realizó una carta balance de dicha partida obteniendo el siguiente resultado:

DÍA	DÍA 1		DÍA 2		DÍA 3		DÍA 4	
HORA	7:35 a 7:54		8:32 a 8:51		10:13 a 10:32		14:10 a 14:29	
TIEMPO (min)	OPERARIO	PEON	OPERARIO	PEON	OPERARIO	PEON	OPERARIO	PEON
0.00	E	T	E	T	E	T	E	T
0.25	E	T	E	T	E	T	E	T
0.50	E	T	V	T	E	T	V	T
0.75	V	T	V	T	V	O	V	O
1.00	C	O	C	O	C	O	C	O
1.25	C	O	C	E	C	E	C	E
1.50	I	T	I	E	I	E	I	E
1.75	E	T	I	E	I	E	E	T
2.00	E	T	E	T	I	T	E	T
2.25	V	E	E	T	E	T	E	T
2.50	V	E	V	T	V	T	V	T
2.75	V	E	V	T	V	T	V	T
3.00	C	E	C	E	C	E	C	E
3.25	C	E	C	E	C	E	C	E
3.50	I	T	I	E	I	E	I	E
3.75	I	T	I	T	E	E	E	E
4.00	I	T	E	T	E	T	O	T
4.25	I	T	V	T	E	T	E	T
4.50	I	T	V	T	V	T	V	T
4.75	V	T	V	T	V	T	V	T
5.00	C	E	C	E	C	E	C	E
5.25	C	E	C	E	C	E	C	E
5.50	I	O	I	E	I	E	I	E
5.75	E	O	I	T	I	E	I	T
6.00	E	T	I	T	I	T	I	T
6.25	E	T	E	T	E	T	E	T
6.50	V	T	V	T	V	T	V	T
6.75	V	T	V	T	V	T	V	T
7.00	C	E	C	E	V	E	V	E
7.25	C	E	C	E	C	E	C	O
7.50	I	O	I	O	I	E	C	O
7.75	E	E	I	O	I	E	I	T
8.00	E	E	E	E	E	T	E	T
8.25	E	T	V	T	E	T	E	T
8.50	V	T	V	T	V	T	V	T
8.75	V	T	V	T	V	T	V	T
9.00	C	E	C	E	V	E	C	E
9.25	C	E	C	E	C	E	C	E
9.50	I	O	I	O	I	O	I	E
9.75	I	O	E	O	I	O	I	E
10.00	E	T	E	T	E	T	I	T
10.25	V	T	E	T	E	T	I	T
10.50	V	T	V	T	V	T	E	T
10.75	V	T	C	T	V	T	V	T
11.00	V	O	C	T	C	T	C	E
11.25	C	E	C	O	C	O	C	E
11.50	I	E	I	O	I	O	I	E
11.75	I	E	I	E	E	E	I	E
12.00	E	E	E	E	E	E	E	E
12.25	V	T	E	T	E	T	E	T
12.50	C	T	E	T	V	T	V	T
12.75	C	T	V	T	V	T	V	T
13.00	C	T	C	E	C	E	C	E
13.25	C	E	C	E	C	E	C	E
13.50	I	E	I	E	I	T	I	O
13.75	E	E	E	T	I	T	E	E
14.00	E	E	E	T	E	T	E	T
14.25	E	E	E	T	E	T	E	T
14.50	V	T	V	T	E	T	V	T
14.75	V	T	V	T	V	T	V	T
15.00	C	E	C	E	V	E	C	E
15.25	C	E	C	E	C	E	C	E
15.50	I	E	I	E	I	E	I	E
15.75	E	E	I	E	E	E	I	E
16.00	E	E	E	T	E	E	E	E
16.25	E	T	E	T	E	T	E	T
16.50	E	T	V	T	V	T	V	T
16.75	V	T	V	T	V	T	V	T
17.00	C	E	C	E	C	E	V	E
17.25	C	E	C	E	C	E	V	E
17.50	C	E	I	E	I	E	C	E
17.75	I	E	I	E	I	T	C	T
18.00	E	T	I	T	I	T	I	T
18.25	E	T	E	T	I	T	E	T
18.50	E	T	V	T	E	T	V	T
18.75	V	T	V	E	V	E	V	T
19.00	C	E	C	E	C	E	C	E
19.25	C	O	C	E	I	E	C	O
19.50	C	O	I	E	I	E	I	E

DÍA	DÍA 5		DÍA 6		PROMEDIO	
HORA	14:50 a 15:09		15:22 a 15:41			
TIEMPO (min)	OPERARIO	PEON	OPERARIO	PEON	OPERARIO	PEON
0.00	E	T	E	T	E	T
0.25	E	T	E	T	E	T
0.50	E	T	V	T	V	T
0.75	V	T	V	T	V	T
1.00	C	E	C	E	C	E
1.25	C	O	C	O	C	E
1.50	I	O	I	E	I	E
1.75	I	E	E	T	I	E
2.00	E	T	V	T	E	T
2.25	V	T	V	T	E	T
2.50	V	T	V	T	V	T
2.75	V	T	V	T	V	T
3.00	C	E	C	E	C	E
3.25	C	E	C	E	C	E
3.50	I	E	I	O	I	E
3.75	I	O	I	O	I	E
4.00	E	T	I	T	E	T
4.25	E	T	E	T	E	T
4.50	V	T	V	T	V	T
4.75	V	T	V	T	V	T
5.00	C	E	C	E	C	E
5.25	C	E	C	E	C	E
5.50	I	E	I	T	I	E
5.75	O	E	I	T	I	E
6.00	E	T	I	T	E	T
6.25	E	T	I	T	E	T
6.50	V	T	V	T	V	T
6.75	V	T	V	T	V	T
7.00	C	E	V	E	C	E
7.25	C	E	C	E	C	E
7.50	I	T	I	E	I	O
7.75	E	T	I	O	I	O
8.00	E	T	I	T	E	T
8.25	E	T	E	T	E	T
8.50	V	E	V	T	V	T
8.75	V	E	V	E	V	T
9.00	C	E	C	E	C	E
9.25	C	E	C	E	C	E
9.50	I	E	I	E	I	E
9.75	I	E	I	E	I	E
10.00	E	T	I	T	E	T
10.25	E	T	E	T	E	T
10.50	V	T	V	T	V	T
10.75	C	T	V	T	V	T
11.00	C	E	C	E	C	O
11.25	C	E	C	E	C	O
11.50	C	E	I	E	I	O
11.75	I	E	E	T	I	O
12.00	E	T	E	T	E	T
12.25	E	T	E	T	E	T
12.50	E	T	V	T	V	T
12.75	V	T	V	T	V	T
13.00	C	E	C	T	C	E
13.25	C	E	C	E	C	E
13.50	I	E	I	E	I	E
13.75	I	O	E	E	I	E
14.00	E	T	E	T	E	T
14.25	E	T	E	T	E	T
14.50	V	T	E	T	V	T
14.75	V	T	V	T	V	T
15.00	V	E	V	E	C	E
15.25	C	E	C	E	C	E
15.50	I	E	I	E	I	E
15.75	I	E	I	E	I	E
16.00	I	T	E	T	E	T
16.25	E	T	E	T	E	T
16.50	E	T	V	T	V	T
16.75	V	E	C	T	V	T
17.00	V	E	C	E	C	E
17.25	C	E	C	E	C	E
17.50	I	E	C	E	I	E
17.75	I	E	I	E	I	E
18.00	E	T	I	E	E	T
18.25	E	T	E	T	E	T
18.50	E	T	V	T	V	T
18.75	V	T	V	O	V	T
19.00	C	T	C	E	C	E
19.25	I	E	I	E	C	E
19.50	I	E	I	E	I	E

Figura 49. Carta balance de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC 160mm, 110mm, 90mm, 63mm UF C - 10.

Fuente. Elaboración propia.

Aunque solo se halla analizado en 19:30 min aproximadamente la actividad, fue tiempo suficiente para concluir que es un trabajo repetitivo que no requiere más tiempo de análisis.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
C	5	50.00%	10
I	5	50.00%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
V	5	100.00%	5
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	13.5	54.00%	25
T	10	40.00%	
O	1.5	6.00%	

Figura 50. Resumen de actividades de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".

Fuente. Elaboración propia.



Figura 51. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".

Fuente. Elaboración propia.

Analizando la carta balance se observó que el peón 1 cuenta con un alto nivel de trabajo no contributivo, 100% del total de actividades realizadas para esta partida, por ende, se propuso no contar con éste cargando el peso de la actividad de

Traslado de tubería a punto de instalación al Operario para lo cual se obtuvo la siguiente carta balance optimizada:

TIEMPO (min)	OPERARIO
0.00	E
0.50	V
1.00	C
1.50	I
2.00	T
2.50	V
3.00	C
3.50	I
4.00	T
4.50	V
5.00	C
5.50	I
6.00	T
6.50	V
7.00	C
7.50	I
8.00	T
8.50	V
9.00	C
9.50	I
10.00	T
10.50	V
11.00	C
11.50	I
12.00	T
12.50	V
13.00	C
13.50	I
14.00	T
14.50	V
15.00	C
15.50	I
16.00	T
16.50	V
17.00	C
17.50	I
18.00	T
18.50	V
19.00	C
19.50	I

Figura 52. Carta balance optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".

Fuente. Elaboración propia.

El trabajo ahora realizado por el operario es más exigente.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
C	5	50.00%	10
I	5	50.00%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
V	5	100.00%	5
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	0.5	10.00%	5
T	4.5	90.00%	
O	0	0.00%	

Figura 53. Resumen de actividades optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".

Fuente. Elaboración propia.



Figura 54. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2", 1 1/2", 1".

Fuente. Elaboración propia.

Se concluye en una gran disminución del trabajo no contributorio de un 63% a un 25%, mejorando también la productividad de un 25% a un 50%, y el trabajo contributorio de un 12% a un 25%.

Partida	01.05.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=2"			Rend:	200.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0400	20.18	0.81
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0400	14.90	0.60
						1.41
Materiales						
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08
00 07010	TUBERIA PVC SP NTP ISO 399.002 C-10	m		1.0500	4.00	4.20
						4.28
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.41	0.04
						0.04
Costo Unitario por m :						5.73

Figura 55. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2".

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.05.02.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1 1/2"				Rend:	220.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0364	20.18	0.73	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0364	14.90	0.54	
						1.27	
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07011	TUBERIA PVC SP NTP ISO 399.002 C-10	m		1.0500	3.40	3.57	
						3.65	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.27	0.04	
						0.04	
Costo Unitario por m :						4.96	

Figura 56. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 1 1/2".

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.05.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1"				Rend:	260.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0308	20.18	0.62	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0308	14.90	0.46	
						1.08	
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07012	TUBERIA PVC SP NTP ISO 399.002 C-10	m		1.0500	2.90	3.05	
						3.13	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.08	0.03	
						0.03	
Costo Unitario por m :						4.24	

Figura 57. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 1".

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.05.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=2"				Rend:	200.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0400	20.18	0.81	
						0.81	
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07010	TUBERIA PVC SP NTP ISO 399.002 C-10	m		1.0500	4.00	4.20	
						4.28	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.81	0.02	
						0.02	
Costo Unitario por m :						5.11	

Figura 58. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 2".

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.05.02.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1 1/2"				Rend:	220.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0364	20.18	0.73	
						0.73	
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07011	TUBERIA PVC SP NTP ISO 399.002 C-10	m		1.0500	3.40	3.57	
						3.65	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.73	0.02	
						0.02	
Costo Unitario por m :						4.40	

Figura 59. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 1 1/2".

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.05.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1"				Rend:	260.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0308	20.18	0.62	
						0.62	
Materiales							
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07012	TUBERIA PVC SP NTP ISO 399.002 C-10	m		1.0500	2.90	3.05	
						3.13	
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.62	0.02	
						0.02	
Costo Unitario por m :						3.77	

Figura 60. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Suministro e instalación de tubería de PVC D = 1".

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.13. Suministro e instalación de accesorios H.D. - PVC ISO

Comprende las siguientes partidas:

Tabla 7. Partidas de Suministro e instalación de accesorios H.D. – PVC ISO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND
01.06.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 6"x6"	und
01.06.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 6"x4"	und
01.06.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 6"x3"	und
01.06.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 6"x2"	und
01.06.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 4"x4"	und
01.06.06	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TEE H.D 3"x3"	und
01.06.07	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCION H.D. DE 6"x4"	und
01.06.08	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCION H.D. DE 6"x3"	und
01.06.09	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE REDUCCION H.D. DE 3"x2"	und
01.06.10	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 6"x90°	und
01.06.11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 6"x45°	und
01.06.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 6"x22.5°	und
01.06.13	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 4"x90°	und
01.06.14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 4"x45°	und
01.06.15	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 4"x11.5°	und
01.06.16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 3"x90°	und
01.06.17	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 3"x45°	und
01.06.18	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 3"x22.5°	und
01.06.19	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CODO H.D 3"x11.5°	und
01.06.20	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=2"x90°	und
01.06.21	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=2"x45°	und
01.06.22	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=1 1/2"x90°	und
01.06.23	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=1 1/2"x45°	und
01.06.24	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=1" X 90°	und
01.06.25	SUMINISTRO E INSTALACION DE CODO PVC D=1" X 45°	und
01.06.26	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPON PVC 4"	und
01.06.27	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPON PVC 3"	und
01.06.28	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPON PVC 2"	und
01.06.29	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TAPON PVC 110MM	und

Fuente. Elaboración propia.

Estas partidas representan alrededor del 1.20% del costo directo total, por ello su importancia es baja.

6.4.1.14. Suministro e instalación de válvula H.D. 6", 4", 3" y 2", grifo contraincendio H.D. de 4", empalme p/ conexión domiciliaria agua de 1 ½" y 1" PVC

Comprende las siguientes partidas:

Tabla 8. Partidas de Suministro e instalación de válvula H.D. 6", 4", 3" y 2", grifo contraincendio H.D. de 4", empalme p/ conexión domiciliaria agua de 1 ½" y 1" PVC

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND
01.07.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA H.D 6"	und
01.07.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA H.D 4"	und
01.07.03	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA H.D 3"	und
01.07.04	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA H.D 2"	und
01.07.05	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GRIFO CONTRA INCENDIO H.D. DE 4"	und
01.07.06	EMPALME P/CONEXION DOMIC. AGUA DE 1 1/2" PVC	und
01.07.07	EMPALME P/CONEXION DOMIC. AGUA DE 1" PVC	und

Fuente. Elaboración propia.

Estas partidas representan alrededor del 0.75% del costo directo total, por ello su importancia es baja.

6.4.1.15. Equip. P/conexión domic. De agua potable de 2", 1 ½" y 1"

Comprende las partidas de 01.07.08., 01.07.09., 01.07.10., se pudo mejorar el rendimiento de las partidas obteniéndose los siguientes resultados en los análisis de precios unitarios.

Partida	01.07.08	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 2"				Rend:	10.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.8000	20.18	16.14	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.8000	14.90	11.92	
							28.06
Materiales							
00 07049	ABRAZADERA DE 2"	und		1.0000	80.00	80.00	
00 07055	CAJA DE CONCRETO PARA MEDIDOR AGUA	und		1.0000	50.00	50.00	
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TIPO IP	bol		0.7800	19.49	15.20	
00 07050	LLAVE CORPORATION 2"	und		1.0000	70.00	70.00	
00 07056	LLAVE DE PASO DE 2"	pza		1.0000	10.00	10.00	
00 07054	MARCO Y TAPA TERMOPLASTICO	und		1.0000	100.00	100.00	
00 07048	NIPLE CON ROSCA PVC 2" X 1"	und		1.0000	2.50	2.50	
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07051	UNION PVC SIMPLE DE 2"	und		1.0000	0.90	0.90	
00 07053	UNION UNIVERSAL CON ROSCA PVC 2"	und		1.0000	15.90	15.90	
04 00033	ARENA FINA	M3		0.0500	110.00	5.50	
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
30 02988	CINTA TEFLON	UND		2.0000	2.00	4.00	
38 00005	HORMIGON	M3		0.8800	95.00	83.60	
							438.08
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	28.06	0.84	
							0.84
Costo Unitario por und :							466.98

Figura 61. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 2".

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.07.09	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1 1/2"				Rend:	15.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.5333	20.18	10.76	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.5333	14.90	7.95	
							18.71
Materiales							
00 07058	ABRAZADERA DE 1 1/2"	und		1.0000	65.00	65.00	
00 07055	CAJA DE CONCRETO PARA MEDIDOR AGUA	und		1.0000	50.00	50.00	
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TIPO IP	bol		0.7800	19.49	15.20	
00 07059	LLAVE CORPORATION 1 1/2"	und		1.0000	60.00	60.00	
00 07061	LLAVE DE PASO DE 1 1/2"	pza		1.0000	2.00	2.00	
00 07054	MARCO Y TAPA TERMOPLASTICO	und		1.0000	100.00	100.00	
00 07057	NIPLE CON ROSCA PVC 1 1/2" X 2"	und		1.0000	1.50	1.50	
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07046	UNION PVC SIMPLE DE 1 1/2"	und		1.0000	2.00	2.00	
00 07060	UNION UNIVERSAL CON ROSCA PVC 1 1/2"	und		1.0000	8.90	8.90	
04 00033	ARENA FINA	M3		0.0500	110.00	5.50	
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
30 02988	CINTA TEFLON	UND		2.0000	2.00	4.00	
38 00005	HORMIGON	M3		0.8800	95.00	83.60	
							398.18
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	18.71	0.56	
							0.56
Costo Unitario por und :							417.45

Figura 62. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 1 1/2".

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.07.10	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1"				Rend:	20.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.4000	20.18	8.07	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.4000	14.90	5.96	
							14.03
Materiales							
00 07063	ABRAZADERA DE 1"	und		1.0000	51.00	51.00	
00 07055	CAJA DE CONCRETO PARA MEDIDOR AGUA	und		1.0000	50.00	50.00	
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TIPO IP	bol		0.7800	19.49	15.20	
00 07064	LLAVE CORPORATION 1"	und		1.0000	50.00	50.00	
00 07066	LLAVE DE PASO DE 1"	pza		1.0000	3.00	3.00	
00 07054	MARCO Y TAPA TERMOPLASTICO	und		1.0000	100.00	100.00	
00 07062	NIPLE CON ROSCA PVC 1" X 2"	und		1.0000	1.00	1.00	
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07047	UNION PVC SIMPLE DE 1"	und		1.0000	0.80	0.80	
00 07065	UNION UNIVERSAL CON ROSCA PVC 1"	und		1.0000	5.90	5.90	
04 00033	ARENA FINA	M3		0.1000	110.00	11.00	
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
30 02988	CINTA TEFLON	UND		2.0000	2.00	4.00	
38 00005	HORMIGON	M3		0.8800	95.00	83.60	
							375.98
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	14.03	0.42	
							0.42
Costo Unitario por und :							390.43

Figura 63. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 1".

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.07.08	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 2"				Rend:	12.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	20.18	13.45	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.6667	14.90	9.93	
							23.38
Materiales							
00 07049	ABRAZADERA DE 2"	und		1.0000	80.00	80.00	
00 07055	CAJA DE CONCRETO PARA MEDIDOR AGUA	und		1.0000	50.00	50.00	
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TIPO IP	bol		0.7800	19.49	15.20	
00 07050	LLAVE CORPORATION 2"	und		1.0000	70.00	70.00	
00 07056	LLAVE DE PASO DE 2"	pza		1.0000	10.00	10.00	
00 07054	MARCO Y TAPA TERMOPLASTICO	und		1.0000	100.00	100.00	
00 07048	NIPLE CON ROSCA PVC 2" X 1"	und		1.0000	2.50	2.50	
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07051	UNION PVC SIMPLE DE 2"	und		1.0000	0.90	0.90	
00 07053	UNION UNIVERSAL CON ROSCA PVC 2"	und		1.0000	15.90	15.90	
04 00033	ARENA FINA	M3		0.0500	110.00	5.50	
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
30 02988	CINTA TEFLON	UND		2.0000	2.00	4.00	
38 00005	HORMIGON	M3		0.8800	95.00	83.60	
							438.08
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	23.38	0.70	
							0.70
Costo Unitario por und :							462.16

Figura 64. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 2".

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.07.09	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1 1/2"				Rend:	17.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.4706	20.18	9.50	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.4706	14.90	7.01	
							16.51
Materiales							
00 07058	ABRAZADERA DE 1 1/2"	und		1.0000	65.00	65.00	
00 07055	CAJA DE CONCRETO PARA MEDIDOR AGUA	und		1.0000	50.00	50.00	
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TIPO IP	bol		0.7800	19.49	15.20	
00 07059	LLAVE CORPORATION 1 1/2"	und		1.0000	60.00	60.00	
00 07061	LLAVE DE PASO DE 1 1/2"	pza		1.0000	2.00	2.00	
00 07054	MARCO Y TAPA TERMOPLASTICO	und		1.0000	100.00	100.00	
00 07057	NIPLE CON ROSCA PVC 1 1/2" X 2"	und		1.0000	1.50	1.50	
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07046	UNION PVC SIMPLE DE 1 1/2"	und		1.0000	2.00	2.00	
00 07060	UNION UNIVERSAL CON ROSCA PVC 1 1/2"	und		1.0000	8.90	8.90	
04 00033	ARENA FINA	M3		0.0500	110.00	5.50	
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
30 02988	CINTA TEFLON	UND		2.0000	2.00	4.00	
38 00005	HORMIGON	M3		0.8800	95.00	83.60	
							398.18
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	16.51	0.50	
							0.50
Costo Unitario por und :							415.19

Figura 65. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 1 1/2".

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.07.10	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1"				Rend:	22.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.3636	20.18	7.34	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.3636	14.90	5.42	
							12.76
Materiales							
00 07063	ABRAZADERA DE 1"	und		1.0000	51.00	51.00	
00 07055	CAJA DE CONCRETO PARA MEDIDOR AGUA	und		1.0000	50.00	50.00	
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TIPO IP	bol		0.7800	19.49	15.20	
00 07064	LLAVE CORPORATION 1"	und		1.0000	50.00	50.00	
00 07066	LLAVE DE PASO DE 1"	pza		1.0000	3.00	3.00	
00 07054	MARCO Y TAPA TERMOPLASTICO	und		1.0000	100.00	100.00	
00 07062	NIPLE CON ROSCA PVC 1" X 2"	und		1.0000	1.00	1.00	
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0020	40.00	0.08	
00 07047	UNION PVC SIMPLE DE 1"	und		1.0000	0.80	0.80	
00 07065	UNION UNIVERSAL CON ROSCA PVC 1"	und		1.0000	5.90	5.90	
04 00033	ARENA FINA	M3		0.1000	110.00	11.00	
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
30 02988	CINTA TEFLON	UND		2.0000	2.00	4.00	
38 00005	HORMIGON	M3		0.8800	95.00	83.60	
							375.98
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	12.76	0.38	
							0.38
Costo Unitario por und :							389.12

Figura 66. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Equip. P/conexión domic. De agua potable de 1".

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.16. Cámara de válvulas Tipo 1

Para dicha partida será necesario 2 operarios, y 4 peones según el análisis de precios unitarios del Expediente Técnico, se usaron como materiales accesorios en

juegos, cemento portland puzolánico Tipo IP, pegamento para PVC, arena gruesa, agua, piedra chancada de 1/2" y cinta teflón; y como equipos una mezcladora de concreto 9-11p3, y un vibrador de concreto 3/4" – 2".

Dentro del trabajo productivo se encuentran las actividades de Vaciado de concreto (VA), Vibrado de concreto (VI), e Instalación de accesorios (I), y en trabajo contributorio, la Alimentación de mezcladora y preparación de concreto (A), y Carguío y traslado de mezcla de concreto (C) y en trabajos no contributorios, Esperas (E), Viajes y traslado de agregado (V), Ocio (O), y Lavado de herramientas (L).

Se realizó una carta balance de dicha partida obteniendo el siguiente resultado:

DÍA	DÍA 1						DÍA 2					
HORA	7:40 a 8:11						8:37 a 9:08					
TIEMPO (min)	Operario 01	Operario 02	Peon 01	Peon 02	Peon 03	Peon 04	Operario 01	Operario 02	Peon 01	Peon 02	Peon 03	Peon 04
0.00	E	E	L	L	L	L	E	E	L	L	L	L
0.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	L	V	V
1.00	A	E	A	A	V	A	A	E	A	V	A	A
1.50	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2.00	VA	VI	A	A	C	A	VA	VI	A	A	A	A
2.50	A	A	C	C	V	C	A	A	C	A	C	A
3.00	E	A	V	V	V	V	E	A	V	C	V	C
3.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
4.00	VA	VI	C	C	V	C	VA	VI	V	C	C	V
4.50	E	E	V	V	C	V	E	E	C	V	V	C
5.00	VA	E	C	V	V	V	E	E	V	V	V	V
5.50	E	VI	V	C	C	C	VA	VI	C	V	C	C
6.00	E	E	A	V	V	V	E	E	V	C	V	V
6.50	A	A	A	V	A	V	E	A	A	V	A	A
7.00	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
7.50	VA	VI	A	C	A	A	VA	A	A	A	A	A
8.00	A	A	C	V	A	C	A	VI	C	A	C	C
8.50	A	E	V	V	C	V	E	A	V	C	V	V
9.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
9.50	VA	E	C	C	C	V	VA	VI	C	C	V	C
10.00	E	VI	V	V	V	C	E	E	V	V	C	V
10.50	E	E	V	C	V	V	E	E	V	V	V	V
11.00	VA	VI	C	V	C	V	VA	E	C	C	V	C
11.50	E	E	V	V	V	C	E	VI	V	V	C	V
12.00	A	A	A	A	A	V	A	E	A	V	V	V
12.50	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	V	A
13.00	VA	A	A	A	A	A	VA	VI	A	A	A	A
13.50	A	VI	C	A	C	A	A	A	C	A	A	C
14.00	E	A	V	C	V	C	E	A	V	C	C	V
14.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
15.00	VA	VI	C	V	C	V	VA	VI	C	V	V	C
15.50	E	E	V	C	V	C	E	E	V	C	C	V
16.00	VA	E	V	V	V	V	VA	E	V	V	V	V
16.50	E	VI	C	C	V	V	E	VI	C	C	C	V
17.00	E	E	V	V	C	C	A	E	V	V	V	C
17.50	A	A	A	V	V	V	A	A	A	V	A	V
18.00	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
18.50	VA	VI	A	A	A	A	VA	VI	A	A	A	A
19.00	A	A	C	A	C	C	A	A	C	A	C	C
19.50	E	A	V	C	V	V	E	A	V	C	V	V
20.00	E	E	V	V	V	C	E	E	V	V	V	V
20.50	E	VI	C	V	C	V	VA	E	C	C	V	C
21.00	VA	E	V	C	V	V	E	VI	V	V	C	V
21.50	E	E	V	V	V	C	E	E	V	V	V	V
22.00	VA	E	C	C	C	V	VA	VI	C	C	V	C
22.50	E	VI	C	V	V	V	E	E	V	V	C	V
23.00	A	E	V	A	A	A	A	A	A	A	V	A
23.50	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
24.00	VA	VI	A	A	A	A	VA	A	A	A	A	A
24.50	A	A	C	A	C	C	A	VI	C	A	C	C
25.00	E	E	V	A	V	V	E	A	V	C	V	V
25.50	E	E	V	C	V	V	E	E	V	V	V	V
26.00	VA	VI	C	V	C	C	VA	E	C	C	C	V
26.50	E	E	V	C	V	V	E	VI	C	V	V	C
27.00	VA	E	V	V	V	C	E	E	V	V	V	V
27.50	I	VI	C	E	C	C	E	VI	C	V	C	V
28.00	I	I	E	C	E	E	VA	I	E	C	E	V
28.50	I	I	L	O	O	O	E	I	I	O	O	C
29.00	I	I	L	E	O	O	I	I	L	E	O	O
29.50	I	I	L	L	O	O	I	I	L	L	O	O
30.00	I	I	L	L	O	O	I	I	L	L	O	O
30.50	I	I	L	L	L	L	I	I	L	L	L	O
31.00	I	I	L	L	L	L	I	I	L	L	L	L
31.50	I	I	L	L	L	L	I	I	L	L	L	L

DÍA	DÍA 3						DÍA 4					
HORA	9:49 a 10:20						11:48 a 12:19					
TIEMPO (min)	Operario 01	Operario 02	Peon 01	Peon 02	Peon 03	Peon 04	Operario 01	Operario 02	Peon 01	Peon 02	Peon 03	Peon 04
0.00	E	E	L	L	L	L	E	E	L	L	L	L
0.50	E	E	V	L	V	V	E	E	V	V	V	V
1.00	A	A	A	V	A	V	A	A	V	V	V	A
1.50	A	VI	A	A	A	A	A	A	V	A	A	A
2.00	VA	A	A	A	A	A	VA	VI	A	A	A	A
2.50	A	A	C	A	C	C	A	A	C	A	A	C
3.00	A	E	V	C	V	V	E	E	V	C	C	V
3.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
4.00	VA	E	C	C	V	C	VA	E	C	C	V	C
4.50	E	VI	V	V	C	V	E	VI	V	V	C	V
5.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
5.50	VA	E	V	C	C	C	VA	VI	C	C	C	C
6.00	E	VI	C	V	V	V	E	E	V	V	V	V
6.50	E	E	V	A	A	A	A	E	A	A	A	A
7.00	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
7.50	VA	A	A	A	A	A	VA	VI	A	A	A	A
8.00	A	VI	C	C	A	C	A	A	A	C	A	A
8.50	E	A	V	V	C	V	E	A	C	V	C	C
9.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
9.50	E	VI	C	V	C	C	VA	E	V	C	V	V
10.00	VA	E	V	C	V	V	E	VI	C	V	C	C
10.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	C	V	V
11.00	VA	VI	C	V	V	C	VA	VI	C	V	V	C
11.50	E	E	V	C	C	V	E	E	V	A	C	V
12.00	A	A	A	V	V	A	E	A	A	A	V	A
12.50	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
13.00	VA	A	A	A	A	A	VA	VI	A	A	A	A
13.50	A	VI	C	A	C	C	A	A	C	A	A	C
14.00	E	A	V	C	V	V	E	E	V	C	C	V
14.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
15.00	VA	VI	C	C	C	V	VA	E	C	C	C	C
15.50	E	E	V	V	V	C	E	VI	V	V	C	V
16.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
16.50	VA	VI	C	C	C	C	VA	VI	C	C	C	C
17.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
17.50	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
18.00	A	VI	A	C	A	C	A	A	A	A	A	A
18.50	VA	A	A	V	A	C	VA	A	A	A	A	A
19.00	A	A	C	V	C	V	A	VI	C	A	C	C
19.50	E	E	V	V	V	V	E	A	V	C	V	V
20.00	E	E	V	V	V	V	E	E	C	V	V	V
20.50	VA	E	C	C	C	C	VA	E	V	V	C	C
21.00	E	VI	V	V	V	V	E	VI	V	C	V	V
21.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	C	C
22.00	E	VI	C	C	C	C	VA	E	C	C	V	V
22.50	VA	E	V	V	V	V	E	VI	V	V	A	V
23.00	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
23.50	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
24.00	VA	VI	A	A	A	A	VA	VI	A	A	A	A
24.50	VA	A	C	C	C	C	A	A	C	A	C	C
25.00	A	E	V	V	V	V	E	E	V	C	V	V
25.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	C	V
26.00	VA	VI	C	C	C	C	VA	E	C	V	V	C
26.50	E	E	V	V	V	V	E	VI	V	C	V	V
27.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
27.50	E	VI	C	V	V	C	E	VI	C	V	C	C
28.00	VA	I	E	V	C	E	VA	I	E	C	E	E
28.50	I	I	O	C	E	E	I	I	O	O	O	E
29.00	I	I	E	E	O	O	I	I	E	E	O	O
29.50	I	I	L	O	O	O	I	I	L	E	O	E
30.00	I	I	L	L	O	O	I	I	L	L	O	E
30.50	I	I	L	L	L	L	I	I	L	L	L	E
31.00	I	I	L	L	L	L	I	I	L	L	L	L
31.50	I	I	L	L	L	L	I	I	L	L	L	L

DÍA	DÍA 5						DÍA 6					
HORA	14:15 a 14:46						14:50 a 15:21					
TIEMPO (min)	Operario 01	Operario 02	Peon 01	Peon 02	Peon 03	Peon 04	Operario 01	Operario 02	Peon 01	Peon 02	Peon 03	Peon 04
0.00	E	E	L	L	L	L	E	E	L	L	L	L
0.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
1.00	E	E	V	A	V	A	A	E	A	A	A	A
1.50	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2.00	VA	A	A	A	A	A	VA	A	A	A	A	A
2.50	A	VI	C	C	A	C	A	VI	C	C	A	C
3.00	E	A	V	V	A	V	E	A	V	V	C	V
3.50	E	E	V	V	C	V	E	E	V	V	V	V
4.00	E	VI	C	V	V	C	VA	VI	C	C	V	C
4.50	VA	E	V	C	C	V	E	E	V	V	C	V
5.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	C	V	V
5.50	VA	E	C	C	V	C	VA	E	C	V	C	C
6.00	E	VI	V	V	C	V	E	VI	V	V	V	V
6.50	A	E	A	A	V	A	A	E	V	A	A	A
7.00	A	A	A	A	A	A	A	E	A	A	A	A
7.50	VA	VI	A	A	C	A	VA	A	A	A	A	A
8.00	A	A	C	C	V	C	A	VI	C	A	A	C
8.50	E	E	V	C	V	V	E	A	V	C	C	V
9.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
9.50	VA	E	C	C	V	C	VA	VI	C	V	C	C
10.00	E	VI	V	V	C	V	E	E	V	C	V	V
10.50	E	E	V	C	V	V	E	E	V	V	V	V
11.00	VA	VI	C	V	C	C	E	VI	C	C	C	C
11.50	E	E	V	V	V	V	VA	E	V	V	C	V
12.00	A	A	A	A	A	A	E	E	A	A	V	A
12.50	A	VI	A	A	A	A	A	E	A	A	A	A
13.00	VA	A	A	C	C	A	VA	A	A	C	A	A
13.50	A	E	C	V	V	C	A	VI	A	V	A	C
14.00	E	E	V	V	V	V	E	A	C	V	A	V
14.50	VA	E	V	V	C	V	E	E	V	V	C	V
15.00	VA	VI	C	C	V	C	VA	E	V	C	V	C
15.50	E	E	V	C	V	V	E	VI	C	V	C	V
16.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
16.50	VA	VI	C	C	C	C	VA	VI	C	V	V	C
17.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	C	C	V
17.50	A	A	A	A	A	A	A	E	A	V	V	A
18.00	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
18.50	VA	VI	A	C	A	A	VA	VI	A	A	A	A
19.00	A	A	C	V	C	C	A	A	C	A	C	C
19.50	A	E	V	V	V	V	A	E	V	C	V	V
20.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	V
20.50	VA	VI	C	C	C	C	VA	VI	C	V	C	C
21.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	C	V	V
21.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	C
22.00	VA	E	C	C	V	C	VA	VI	C	C	C	V
22.50	E	VI	V	V	C	V	E	E	V	V	V	A
23.00	A	E	A	A	V	A	A	A	A	A	A	A
23.50	A	A	A	A	A	A	A	VI	A	A	A	A
24.00	VA	VI	A	C	A	A	VA	VI	A	A	A	A
24.50	A	A	C	V	A	A	A	A	C	C	A	A
25.00	E	A	V	V	C	C	E	E	V	V	C	C
25.50	E	E	V	V	V	V	E	E	V	C	V	V
26.00	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	V	C	C
26.50	E	E	V	V	C	C	E	E	V	V	V	V
27.00	E	E	V	V	V	V	E	E	V	V	V	C
27.50	VA	E	C	V	V	C	E	VI	C	V	C	E
28.00	I	VI	E	C	V	E	VA	I	E	C	E	E
28.50	I	I	O	O	C	E	I	I	O	O	O	O
29.00	I	I	E	O	O	O	I	I	E	E	O	O
29.50	I	I	O	E	O	E	I	I	O	O	O	O
30.00	I	I	O	L	O	O	I	I	E	L	L	O
30.50	I	I	L	L	L	L	I	I	L	L	L	L
31.00	I	I	L	L	L	L	I	I	L	L	L	L
31.50	I	I	L	L	L	L	I	I	L	L	L	L

DÍA	PROMEDIO					
HORA						
TIEMPO (min)	Operario 01	Operario 02	Peon 01	Peon 02	Peon 03	Peon 04
0.00	E	E	L	L	L	L
0.50	E	E	V	V	V	V
1.00	A	A	A	A	A	A
1.50	A	A	A	A	A	A
2.00	VA	VI	A	A	A	A
2.50	A	A	C	C	C	C
3.00	E	E	V	V	V	V
3.50	E	E	V	V	V	V
4.00	VA	VI	C	C	C	C
4.50	E	E	V	V	V	V
5.00	E	E	V	V	V	V
5.50	VA	VI	C	C	C	C
6.00	E	E	V	V	V	V
6.50	A	A	A	A	A	A
7.00	A	A	A	A	A	A
7.50	VA	VI	A	A	A	A
8.00	A	A	C	C	C	C
8.50	E	E	V	V	V	V
9.00	E	E	V	V	V	V
9.50	VA	VI	C	C	C	C
10.00	E	E	V	V	V	V
10.50	E	E	V	V	V	V
11.00	VA	VI	C	C	C	C
11.50	E	E	V	V	V	V
12.00	A	A	A	A	A	A
12.50	A	A	A	A	A	A
13.00	VA	VI	A	A	A	A
13.50	A	A	C	C	C	C
14.00	E	E	V	V	V	V
14.50	E	E	V	V	V	V
15.00	VA	VI	C	C	C	C
15.50	E	E	V	V	V	V
16.00	E	E	V	V	V	V
16.50	VA	VI	C	C	C	C
17.00	E	E	V	V	V	V
17.50	A	A	A	A	A	A
18.00	A	A	A	A	A	A
18.50	VA	VI	A	A	A	A
19.00	A	A	C	C	C	C
19.50	E	E	V	V	V	V
20.00	E	E	V	V	V	V
20.50	VA	VI	C	C	C	C
21.00	E	E	V	V	V	V
21.50	E	E	V	V	V	V
22.00	VA	VI	C	C	C	C
22.50	E	E	V	V	V	V
23.00	A	A	A	A	A	A
23.50	A	A	A	A	A	A
24.00	VA	VI	A	A	A	A
24.50	A	A	C	C	C	C
25.00	E	E	V	V	V	V
25.50	E	E	V	V	V	V
26.00	VA	VI	C	C	C	C
26.50	E	E	V	V	V	V
27.00	E	E	V	V	V	V
27.50	VA	VI	C	C	C	C
28.00	I	I	E	E	E	E
28.50	I	I	O	O	O	O
29.00	I	I	E	E	O	O
29.50	I	I	L	L	O	O
30.00	I	I	L	L	O	O
30.50	I	I	L	L	L	L
31.00	I	I	L	L	L	L
31.50	I	I	L	L	L	L

Figura 67. Carta balance de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.

Fuente. Elaboración propia.

Aunque solo se halla analizado en 31:30 min aproximadamente la actividad, fue tiempo suficiente para concluir que es un trabajo repetitivo que no requiere más tiempo de análisis.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
VA	7.5	32.61%	23
VI	7.5	32.61%	
I	8	34.78%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
A	45	60.00%	75
C	30	40.00%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	29.5	31.38%	94
V	50	53.19%	
O	4.5	4.79%	
L	10	10.64%	

Figura 68. Resumen de actividades de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 69. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.

Fuente. Elaboración propia.

Analizando la carta balance se observó que el peón 4 cuenta con un alto nivel de trabajo no contributivo, 53% del total de actividades realizadas para esta partida, por ende, se propuso no contar con éste cargando el peso de la actividad de Alimentación de mezcladora y preparación de concreto, y Carguío y traslado de la mezcla de concreto al Operario 2 y a Peón 1 para lo cual se obtuvo la siguiente carta balance optimizada:

TIEMPO (min)	Operario 01	Operario 02	Peon 01	Peon 02	Peon 03
0.00	E	E	L	L	L
0.50	E	E	V	V	V
1.00	A	A	A	A	A
1.50	A	A	A	A	A
2.00	VA	VI	A	A	A
2.50	A	A	C	C	C
3.00	E	A	C	V	V
3.50	E	C	V	V	V
4.00	E	V	C	C	C
4.50	VI	C	V	V	V
5.00	A	A	A	V	V
5.50	A	A	A	C	C
6.00	VA	VI	A	V	V
6.50	A	A	C	A	A
7.00	E	A	C	A	A
7.50	E	C	V	A	A
8.00	E	V	C	C	C
8.50	VI	C	V	V	V
9.00	A	A	A	V	V
9.50	A	A	A	C	C
10.00	VA	VI	A	V	V
10.50	A	A	C	V	V
11.00	E	A	C	C	C
11.50	E	C	V	V	V
12.00	E	V	C	A	A
12.50	VI	C	V	A	A
13.00	A	A	A	A	A
13.50	A	A	A	C	C
16.00	E	V	C	V	V
16.50	VI	C	V	C	C
17.00	A	A	A	V	V
17.50	A	A	A	A	A
18.00	VA	VI	A	A	A
18.50	A	A	C	A	A
19.00	E	A	C	C	C
19.50	E	C	V	V	V
20.00	E	V	C	V	V
20.50	VI	C	V	C	C
21.00	A	A	A	V	V
21.50	A	A	A	V	V
22.00	VA	VI	A	C	C
22.50	A	A	C	V	V
23.00	E	A	C	A	A
23.50	E	C	V	A	A
24.00	E	V	C	A	A
24.50	VI	C	V	C	C
25.00	I	I	E	V	V
25.50	I	I	E	V	V
26.00	I	I	E	C	C
26.50	I	I	E	V	V
27.00	I	I	E	V	V
27.50	I	I	E	C	C
28.00	I	I	E	E	E
28.50	I	I	E	E	E
29.00	O	O	O	E	E
29.50	I	I	L	L	L
30.00	I	I	L	L	L
30.50	I	I	L	L	L
31.00	I	I	L	L	L
31.50	I	I	L	L	L

Figura 70. Carta balance optimizada de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.

Fuente. Elaboración propia.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
VA	3	13.64%	22
VI	6	27.27%	
I	13	59.09%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
A	45	60.00%	75
C	30	40.00%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	18	28.57%	63
V	34.5	54.76%	
O	1.5	2.38%	
L	9	14.29%	

Figura 71. Resumen de actividades optimizada de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.

Fuente. Elaboración propia.

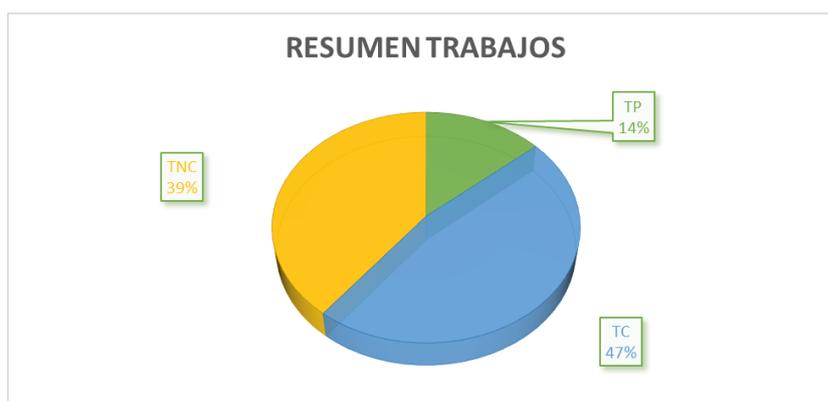


Figura 72. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.

Fuente. Elaboración propia.

Se concluye en una gran disminución del trabajo no contributorio de un 49% a un 39%, mejorando también la productividad de un 12% a un 14%, y el trabajo contributorio de un 39% a un 47%.

Partida	01.08.01.01	CAMARA DE VALVULAS TIPO 1			Rend:	10.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	2.000	1.6000	20.18	32.29
47 00009	PEON	HH	4.000	3.2000	14.90	47.68
						79.97
Materiales						
00 07067	ACCESORIOS EN JUEGOS	und		1.0000	300.00	300.00
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TI	bol		0.7800	19.49	15.20
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0180	40.00	0.72
04 00029	ARENA GRUESA	M3		0.5300	101.00	53.53
05 00002	AGUA	M3		0.2100	2.00	0.42
05 00099	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5200	110.00	57.20
30 02988	CINTA TEFLON	UND		0.5000	2.00	1.00
						428.07
Equipo						
00 07068	MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 p3	hm	0.500	0.4000	10.00	4.00
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	79.97	2.40
48 06202	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"	hm	0.500	0.4000	8.00	3.20
						9.60
Costo Unitario por und :						517.64

Figura 73. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.08.01.01	CAMARA DE VALVULAS TIPO 1			Rend:	10.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	2.000	1.6000	20.18	32.29
47 00009	PEON	HH	3.000	2.4000	14.90	35.76
						68.05
Materiales						
00 07067	ACCESORIOS EN JUEGOS	und		1.0000	300.00	300.00
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TI	bol		0.7800	19.49	15.20
00 07005	PEGAMENTO PARA PVC	gal		0.0180	40.00	0.72
04 00029	ARENA GRUESA	M3		0.5300	101.00	53.53
05 00002	AGUA	M3		0.2100	2.00	0.42
05 00099	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5200	110.00	57.20
30 02988	CINTA TEFLON	UND		0.5000	2.00	1.00
						428.07
Equipo						
00 07068	MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 p3	hm	0.500	0.4000	10.00	4.00
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	68.05	2.04
48 06202	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"	hm	0.500	0.4000	8.00	3.20
						9.24
Costo Unitario por und :						505.36

Figura 74. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Cámara de válvulas Tipo 1.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.17. Empalme de tubería a red de agua existente ø 6"

Comprende la partida 01.09.01. Empalme de tubería a red de agua existente ø 6", el cual no es muy importante en el valor de costo directo de la obra, sin

embargo, se pudo reducir la mano de obra indicada en el expediente técnico de 1 operario y 1 peón a solo 1 operario, con el mismo rendimiento.

Partida	01.09.01	EMPALME DE TUBERÍA A RED DE AGUA EXISTENTE ø 6"			Rend:	15.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.5333	20.18	10.76
47 00009	PEON	HH	1.000	0.5333	14.90	7.95
						18.71
Materiales						
00 07069	UNION PVC SIMPLE DE 6"	und		1.0000	25.30	25.30
						25.30
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	18.71	0.94
						0.94
Costo Unitario por und :						44.95

Figura 75. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Empalme de tubería a red de agua existente ø 6".

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.09.01	EMPALME DE TUBERÍA A RED DE AGUA EXISTENTE ø 6"			Rend:	15.0000 und/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.5333	20.18	10.76
						10.76
Materiales						
00 07069	UNION PVC SIMPLE DE 6"	und		1.0000	25.30	25.30
						25.30
Equipo						
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	10.76	0.54
						0.54
Costo Unitario por und :						36.60

Figura 76. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Empalme de tubería a red de agua existente ø 6".

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.18. Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 160 mm, 110 mm, 90 mm, 63 mm

El rendimiento en campo se pudo mejorar en alrededor de un 15% en las partidas 01.10.01., 01.10.02., 01.10.03., y 01.10.04. obteniéndose los siguientes resultados.

Partida	01.10.01	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 160 MM				Rend:	150.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0533	20.18		1.08
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0533	14.90		0.79
							1.87
Materiales							
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00		0.40
							0.40
Equipo							
00 07070	EQUIPO DE PRUEBA HIDRAULICA	und		0.0100	60.00		0.60
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.87		0.06
							0.66
						Costo Unitario por m :	2.93

Figura 77. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 160 mm.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.10.02	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 110 MM				Rend:	200.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0400	20.18		0.81
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0400	14.90		0.60
							1.41
Materiales							
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00		0.40
							0.40
Equipo							
00 07070	EQUIPO DE PRUEBA HIDRAULICA	und		0.0100	60.00		0.60
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.41		0.04
							0.64
						Costo Unitario por m :	2.45

Figura 78. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 110 mm.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.10.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 90 MM				Rend:	250.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0320	20.18	0.65	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0320	14.90	0.48	
						1.13	
Materiales							
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
						0.40	
Equipo							
00 07070	EQUIPO DE PRUEBA HIDRAULICA	und		0.0100	60.00	0.60	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.13	0.03	
						0.63	
Costo Unitario por m :						2.16	

Figura 79. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 90 mm.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.10.04	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 63 MM				Rend:	300.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0267	20.18	0.54	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0267	14.90	0.40	
						0.94	
Materiales							
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
						0.40	
Equipo							
00 07070	EQUIPO DE PRUEBA HIDRAULICA	und		0.0100	60.00	0.60	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.94	0.03	
						0.63	
Costo Unitario por m :						1.97	

Figura 80. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 63 mm.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.10.01	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 160 MM				Rend:	170.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0471	20.18	0.95	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0471	14.90	0.70	
						1.65	
Materiales							
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
						0.40	
Equipo							
00 07070	EQUIPO DE PRUEBA HIDRAULICA	und		0.0100	60.00	0.60	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.65	0.05	
						0.65	
Costo Unitario por m :						2.70	

Figura 81. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 160 mm.

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.10.02	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 110 MM				Rend:	230.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0348	20.18	0.70	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0348	14.90	0.52	
						1.22	
Materiales							
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
						0.40	
Equipo							
00 07070	EQUIPO DE PRUEBA HIDRAULICA	und		0.0100	60.00	0.60	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.22	0.04	
						0.64	
Costo Unitario por m :						2.26	

Figura 82. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 110 mm.

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.10.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 90 MM				Rend:	280.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0286	20.18	0.58	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0286	14.90	0.43	
						1.01	
Materiales							
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
						0.40	
Equipo							
00 07070	EQUIPO DE PRUEBA HIDRAULICA	und		0.0100	60.00	0.60	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.01	0.03	
						0.63	
Costo Unitario por m :						2.04	

Figura 83. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 90 mm.

Fuente. Elaboración propia.

Partida	01.10.04	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 63 MM				Rend:	340.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0235	20.18	0.47	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0235	14.90	0.35	
						0.82	
Materiales							
05 00002	AGUA	M3		0.2000	2.00	0.40	
						0.40	
Equipo							
00 07070	EQUIPO DE PRUEBA HIDRAULICA	und		0.0100	60.00	0.60	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.82	0.02	
						0.62	
Costo Unitario por m :						1.84	

Figura 84. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Prueba hidráulica y desinfección de tubería PVC 63 mm.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.19. Corte y rotura de pavimento de concreto existente E = 6"

Corresponde a la partida 01.11.01.01. el cual comprende un operario, un peón, como mano de obra, y como herramientas una cortadora de concreto. Se vió una mejora en el rendimiento en campo de hasta un 20% respecto al del Expediente Técnico.

Partida	01.11.01.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO EXISTENTE E = 6"				Rend:	75.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.1067	20.18	2.15	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.1067	14.90	1.59	
						3.74	
Equipo							
00 07071	CORTADORA	dia		0.0133	50.00	0.67	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.74	0.11	
						0.78	
Costo Unitario por m2 :						4.52	

Figura 85. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Corte y rotura de pavimento de concreto existente E = 6".

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.11.01.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO EXISTENTE E = 6"				Rend:	90.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0889	20.18	1.79	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0889	14.90	1.32	
						3.11	
Equipo							
00 07071	CORTADORA	dia		0.0133	50.00	0.67	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.11	0.09	
						0.76	
Costo Unitario por m2 :						3.87	

Figura 86. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Corte y rotura de pavimento de concreto existente E = 6".

Fuente. Elaboración propia.

6.4.1.20. Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2

Una vez terminado la partida de corte de pavimento. Se realiza las comprobaciones del buen funcionamiento del trompo, gasolina y equipos necesarios y/o herramientas manuales para el inicio de esta partida.

Se inicia con el siguiente personal:

- 2 operarios
- 2 oficiales
- 2 peones

De la siguiente manera, los 2 peones se acopian los agregados, cemento y agua junto al trompo, los 2 oficiales proceden con el saturado de agregado y lavado de trompo, el operario inicia el encendido del trompo junto al otro operario que se encargaba de echar e indicar las cantidades de materiales necesarias para que la

mezcla sea uniforme; para evitar el tiempo de espera, también apoyó con echar el agua necesaria para la mezcla.

Se ubicó la máquina cerca de los puntos a vaciar no más de 30 metros para disminuir los tiempos de espera y viajes, y en ocasiones se usó la retroexcavadora para realizar el carguío y la distribución del concreto

Dentro del trabajo productivo se encuentran las actividades de Vaciado de concreto (VA), Vibrado de concreto (VI), y Regleo (R), y en trabajo contributivo, la Alimentación de mezcladora y preparación de concreto (A), y Carguío y traslado de mezcla de concreto (C) y en trabajos no contributivos, Esperas (E), Viajes y traslado de agregado (V), Ocio (O), y Lavado de herramientas (L).

Se realizó una carta balance de dicha partida obteniendo el siguiente resultado:

DÍA HORA TIEMPO (min)	DÍA 1 7:43 a 8:14						DÍA 2 8:34 a 9:05					
	Operario 01	Operario 02	Oficial 01	Oficial 02	Peon 01	Peon 02	Operario 01	Operario 02	Oficial 01	Oficial 02	Peon 01	Peon 02
	0.00	L	E	A	A	V	L	L	E	A	A	V
0.50	VA	VI	C	C	E	E	VA	VI	C	C	E	C
1.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
1.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
2.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	A	A
2.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
3.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
3.50	VA	E	V	V	A	C	VA	VA	V	V	A	C
4.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
4.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	R	V	A
5.00	E	VA	R	R	C	C	E	VA	R	E	C	V
5.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
6.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
6.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
7.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
7.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
8.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
8.50	E	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
9.00	VA	VA	R	E	V	C	E	VA	R	E	C	C
9.50	VA	E	C	C	C	C	VA	E	C	C	A	C
10.00	E	E	A	R	A	A	E	E	A	R	E	A
10.50	VA	E	C	C	V	V	E	VI	C	C	V	V
11.00	E	VI	R	V	C	C	VA	VA	R	V	C	C
11.50	VA	VA	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
12.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
12.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
13.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
13.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
14.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
14.50	VA	VI	C	C	C	V	VA	VI	C	C	C	V
15.00	E	VA	R	V	A	E	E	VA	R	C	A	C
15.50	VA	E	V	V	E	C	VA	E	V	V	E	C
16.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
16.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
17.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	E	C
17.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	C	C
18.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	A	A
18.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
19.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
19.50	VA	E	V	V	A	C	VA	VA	V	V	A	C
20.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
20.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
21.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
21.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
22.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
22.50	VA	VI	C	C	C	V	VA	VI	C	C	V	V
23.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
23.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
24.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
24.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
25.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
25.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
26.00	E	R	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
26.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
27.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
27.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
28.00	E	E	A	A	E	A	E	VI	A	A	E	A
28.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
29.00	E	VA	R	E	E	C	E	VA	R	E	C	C
29.50	VA	E	C	C	C	C	VA	E	C	C	A	C
30.00	E	E	A	R	A	A	E	E	A	R	E	A
30.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
31.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
31.50	E	O	E	E	L	L	O	O	E	E	L	L

DÍA	DÍA 3						DÍA 4					
HORA	9:47 a 10:18						11:35 a 12:06					
TIEMPO (min)	Operario 01	Operario 02	Oficial 01	Oficial 02	Peon 01	Peon 02	Operario 01	Operario 02	Oficial 01	Oficial 02	Peon 01	Peon 02
0.00	L	E	A	A	V	L	L	E	A	A	V	L
0.50	VA	VI	C	C	E	E	VA	VI	C	C	E	E
1.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
1.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
2.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
2.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
3.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
3.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
4.00	E	E	A	A	V	A	E	E	A	A	E	A
4.50	VA	VI	C	R	E	V	VA	VI	C	R	V	V
5.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
5.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
6.00	E	VI	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
6.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
7.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
7.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
8.00	E	E	A	A	V	A	E	E	A	A	E	A
8.50	VA	VI	C	R	E	V	VA	VI	C	R	V	V
9.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
9.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
10.00	E	VI	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
10.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
11.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
11.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
12.00	E	E	A	A	E	A	E	VI	A	A	O	A
12.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
13.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
13.50	E	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
14.00	VA	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
14.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
15.00	E	VA	R	V	C	C	E	E	R	V	C	C
15.50	VA	E	V	V	A	C	E	E	V	V	A	C
16.00	E	E	A	A	E	A	VA	E	A	A	E	A
16.50	VA	VI	C	R	V	A	VA	VI	C	R	V	V
17.00	E	VA	R	E	C	V	E	VA	R	E	C	C
17.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
18.00	F	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
18.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
19.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
19.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
20.00	E	E	A	A	V	A	E	VI	A	A	V	A
20.50	VA	E	C	R	E	V	VA	VI	C	R	E	V
21.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
21.50	E	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
22.00	VA	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
22.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
23.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
23.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
24.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
24.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
25.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
25.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
26.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
26.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
27.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
27.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
28.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
28.50	VA	E	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
29.00	E	E	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
29.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
30.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
30.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
31.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
31.50	O	O	E	E	L	L	O	O	E	E	L	L

DÍA	DÍA 5						DÍA 6					
HORA	14:41 a 15:12						15:33 a 16:04					
TIEMPO (min)	Operario 01	Operario 02	Oficial 01	Oficial 02	Peon 01	Peon 02	Operario 01	Operario 02	Oficial 01	Oficial 02	Peon 01	Peon 02
0.00	L	E	A	A	V	L	L	E	A	A	V	L
0.50	VA	VI	C	C	E	E	VA	VI	C	C	E	E
1.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
1.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
2.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
2.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
3.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
3.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
4.00	VA	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
4.50	E	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
5.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
5.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
6.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
6.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
7.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
7.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
8.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
8.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
9.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
9.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
10.00	E	R	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
10.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
11.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
11.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
12.00	E	E	A	A	V	A	E	E	A	A	V	A
12.50	VA	VI	C	R	E	V	VA	VI	C	R	C	V
13.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
13.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
14.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
14.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
15.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
15.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
16.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
16.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
17.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
17.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
18.00	F	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
18.50	VA	E	C	C	V	V	VA	E	C	C	V	V
19.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
19.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
20.00	E	E	A	A	E	A	E	E	A	A	E	A
20.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
21.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
21.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
22.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
22.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
23.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	V
23.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
24.00	VA	E	A	A	E	A	VA	E	A	A	E	A
24.50	VA	VI	C	R	V	V	VA	VI	C	R	V	V
25.00	E	VA	R	E	C	C	E	VA	R	E	C	C
25.50	VA	E	C	C	A	C	VA	E	C	C	A	C
26.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
26.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
27.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
27.50	VA	E	V	V	A	C	VA	E	V	V	A	C
28.00	E	E	A	A	V	A	E	E	A	A	E	A
28.50	VA	VI	C	R	C	V	VA	VI	C	R	V	V
29.00	E	VA	R	E	A	C	E	VA	R	E	C	C
29.50	VA	E	C	C	E	C	VA	E	C	C	A	C
30.00	E	E	A	R	E	A	E	E	A	R	E	A
30.50	VA	VI	C	C	V	V	VA	VI	C	C	V	V
31.00	E	VA	R	V	C	C	E	VA	R	V	C	C
31.50	O	O	E	E	L	L	O	O	E	E	L	L

DÍA	PROMEDIO					
HORA						
TIEMPO (min)	Operario 01	Operario 02	Oficial 01	Oficial 02	Peon 01	Peon 02
0.00	L	E	A	A	V	L
0.50	VA	VI	C	C	E	E
1.00	E	VA	R	E	C	C
1.50	VA	E	C	C	A	C
2.00	E	E	A	R	E	A
2.50	VA	VI	C	C	V	V
3.00	E	VA	R	V	C	C
3.50	VA	E	V	V	A	C
4.00	E	E	A	A	E	A
4.50	VA	VI	C	R	V	V
5.00	E	VA	R	E	C	C
5.50	VA	E	C	C	A	C
6.00	E	E	A	R	E	A
6.50	VA	VI	C	C	V	V
7.00	E	VA	R	V	C	C
7.50	VA	E	V	V	A	C
8.00	E	E	A	A	E	A
8.50	VA	VI	C	R	V	V
9.00	E	VA	R	E	C	C
9.50	VA	E	C	C	A	C
10.00	E	E	A	R	E	A
10.50	VA	VI	C	C	V	V
11.00	E	VA	R	V	C	C
11.50	VA	E	V	V	A	C
12.00	E	E	A	A	E	A
12.50	VA	VI	C	R	V	V
13.00	E	VA	R	E	C	C
13.50	VA	E	C	C	A	C
14.00	E	E	A	R	E	A
14.50	VA	VI	C	C	V	V
15.00	E	VA	R	V	C	C
15.50	VA	E	V	V	A	C
16.00	E	E	A	A	E	A
16.50	VA	VI	C	R	V	V
17.00	E	VA	R	E	C	C
17.50	VA	E	C	C	A	C
18.00	E	E	A	R	E	A
18.50	VA	VI	C	C	V	V
19.00	E	VA	R	V	C	C
19.50	VA	E	V	V	A	C
20.00	E	E	A	A	E	A
20.50	VA	VI	C	R	V	V
21.00	E	VA	R	E	C	C
21.50	VA	E	C	C	A	C
22.00	E	E	A	R	E	A
22.50	VA	VI	C	C	V	V
23.00	E	VA	R	V	C	C
23.50	VA	E	V	V	A	C
24.00	E	E	A	A	E	A
24.50	VA	VI	C	R	V	V
25.00	E	VA	R	E	C	C
25.50	VA	E	C	C	A	C
26.00	E	E	A	R	E	A
26.50	VA	VI	C	C	V	V
27.00	E	VA	R	V	C	C
27.50	VA	E	V	V	A	C
28.00	E	E	A	A	E	A
28.50	VA	VI	C	R	V	V
29.00	E	VA	R	E	C	C
29.50	VA	E	C	C	A	C
30.00	E	E	A	R	E	A
30.50	VA	VI	C	C	V	V
31.00	E	VA	R	V	C	C
31.50	O	O	E	E	L	L

Figura 87. Carta balance de la partida de Reposición de pavimento de concreto $E=6''$ $f'c=245$ kg/cm².

Fuente. Elaboración propia.

Aunque solo se halla analizado en 31:30 min aproximadamente la actividad, fue tiempo suficiente para concluir que es un trabajo repetitivo que no requiere más tiempo de análisis.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
VA	23.5	50.00%	47
VI	8	17.02%	
R	15.5	32.98%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
A	27	38.03%	71
C	44	61.97%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	44.5	60.14%	74
V	26.5	35.81%	
O	1	1.35%	
L	2	2.70%	

Figura 88. Resumen de actividades de la partida de Reposición de pavimento de concreto $E=6'' f'c=245 \text{ kg/cm}^2$.

Fuente. Elaboración propia.



Figura 89. Gráfico circular de resumen de trabajos de la partida de Reposición de pavimento de concreto $E=6'' f'c=245 \text{ kg/cm}^2$.

Fuente. Elaboración propia.

Analizando la carta balance se observó que el peón 4 cuenta con un alto nivel de trabajo no contributivo, 53% del total de actividades realizadas para esta partida, por ende, se propuso no contar con éste cargando el peso de la actividad de Alimentación de mezcladora y preparación de concreto, y Carguío y traslado de la mezcla de concreto al Operario 2 y a Peón 1 para lo cual se obtuvo la siguiente carta balance optimizada:

TIEMPO (min)	Operario 01	Operario 02	Oficial 01	Oficial 02	Peon 01
0.00	L	E	A	A	V
0.50	VA	VI	C	C	E
1.00	E	VA	R	E	C
1.50	VA	E	C	C	A
2.00	A	R	A	C	C
2.50	VA	VI	C	C	V
3.00	E	VA	R	V	C
3.50	VA	E	V	V	A
4.00	A	C	A	A	C
4.50	VA	VI	C	R	V
5.00	E	VA	R	E	C
5.50	VA	E	C	C	A
6.00	A	R	A	C	C
6.50	VA	VI	C	C	E
7.00	E	VA	R	E	C
7.50	VA	E	C	C	A
8.00	A	R	A	C	C
8.50	VA	VI	C	C	V
9.00	E	VA	R	V	C
9.50	VA	E	V	V	A
10.00	A	C	A	A	C
10.50	VA	VI	C	R	V
11.00	E	VA	R	E	C
11.50	VA	E	C	C	A
12.00	A	R	A	C	C
12.50	VA	VI	C	C	E
13.00	E	VA	R	E	C
13.50	VA	E	C	C	A
14.00	A	R	A	C	C
14.50	VA	VI	C	C	V
15.00	E	VA	R	V	C
15.50	VA	E	V	V	A
16.00	A	C	A	A	C
16.50	VA	VI	C	R	V
17.00	E	VA	R	E	C
17.50	VA	E	C	C	A
18.00	A	R	A	C	C
18.50	VA	VI	C	C	E
19.00	E	VA	R	E	C
19.50	VA	E	C	C	A
20.00	A	R	A	C	C
20.50	VA	VI	C	C	V
21.00	E	VA	R	V	C
21.50	VA	E	V	V	A
22.00	A	C	A	A	C
22.50	VA	VI	C	R	V
23.00	E	VA	R	E	C
23.50	VA	E	C	C	A
24.00	A	R	A	C	C
24.50	VA	VI	C	C	E
25.00	E	VA	R	E	C
25.50	VA	E	C	C	A
26.00	A	R	A	C	C
26.50	VA	VI	C	C	V
27.00	E	VA	R	V	C
27.50	VA	E	V	V	A
28.00	A	C	A	A	C
28.50	VA	VI	C	R	V
29.00	E	VA	R	E	C
29.50	VA	E	C	C	A

Figura 90. Carta balance optimizada de la partida de Reposición de pavimento de concreto $E=6'' f'c=245 \text{ kg/cm}^2$.

Fuente. Elaboración propia.

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENT.	T. ACUMUL.
TRABAJOS PRODUCTIVOS			
VA	22.5	50.56%	44.5
VI	7.5	16.85%	
R	14.5	32.58%	
TRABAJOS CONTRIBUTORIOS			
A	25	36.23%	69
C	44	63.77%	
TRABAJOS NO CONTRIBUTORIOS			
E	23	63.01%	36.5
V	13	35.62%	
O	0	0.00%	
L	0.5	1.37%	

Figura 91. Resumen de actividades optimizada de la partida de Reposición de pavimento de concreto $E=6''$ $f'c=245$ kg/cm².

Fuente. Elaboración propia.



Figura 92. Gráfico circular optimizado de resumen de trabajos de la partida de Reposición de pavimento de concreto $E=6''$ $f'c=245$ kg/cm².

Fuente. Elaboración propia.

Se concluye en una gran disminución del trabajo no contributorio de un 49% a un 39%, mejorando también la productividad de un 12% a un 14%, y el trabajo contributorio de un 39% a un 47%.

Partida	01.11.01.02	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO E=6" f'c=245 kg/cm2				Rend:	80.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	2.000	0.2000	20.18	4.04	
47 00008	OFICIAL	HH	2.000	0.2000	16.58	3.32	
47 00009	PEON	HH	2.000	0.2000	14.90	2.98	
						10.34	
Materiales							
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TIPO IP	bol		0.3000	19.49	5.85	
04 00029	ARENA GRUESA	M3		0.2500	101.00	25.25	
05 00002	AGUA	M3		0.2100	2.00	0.42	
05 00099	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.2700	110.00	29.70	
						61.22	
Equipo							
00 07068	MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 p3	hm	0.500	0.0500	10.00	0.50	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	10.34	0.31	
48 06202	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"	hm	0.500	0.0500	8.00	0.40	
						1.21	
Costo Unitario por m2 :						72.77	

Figura 93. Análisis de precios unitarios Base de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.

Fuente. Expediente Técnico.

Partida	01.11.01.02	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO E=6" f'c=245 kg/cm2				Rend:	85.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00007	OPERARIO	HH	2.000	0.1882	20.18	3.80	
47 00008	OFICIAL	HH	2.000	0.1882	16.58	3.12	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.0941	14.90	1.40	
						8.32	
Materiales							
00 07052	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO TIPO IP	bol		0.3000	19.49	5.85	
04 00029	ARENA GRUESA	M3		0.2500	101.00	25.25	
05 00002	AGUA	M3		0.2100	2.00	0.42	
05 00099	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.2700	110.00	29.70	
						61.22	
Equipo							
00 07068	MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 p3	hm	0.500	0.0471	10.00	0.47	
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	8.32	0.25	
48 06202	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"	hm	0.500	0.0471	8.00	0.38	
						1.10	
Costo Unitario por m2 :						70.64	

Figura 94. Análisis de precios unitarios Optimizada de la partida de Reposición de pavimento de concreto E=6" f'c=245 kg/cm2.

Fuente. Elaboración propia.

6.4.2. Discusión de resultados

En el siguiente cuadro se muestran los rendimientos calculados con la aplicación de la siguiente fórmula empleada en los gráficos de gestión de productividad del libro del Ingeniero Gio (Castillo, 2001, págs. 135,136).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Jornada} \times \text{N}^\circ \text{ de trabajadores}}{\text{Producción diaria}}$$

Evaluando el índice de productividad de las partidas que han sido optimizadas se obtuvo valores de hasta 2.00, lo cual significa que se mejoró en ciertos aspectos la productividad en un 100% más.

Tabla 9. Índice de productividad de partidas base y optimizadas.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	PRODUCC. DIARIA	N° TRABAJ.	PRODUCT. BASE	RENDIM. BASE	PRODUCC. DIARIA	N° TRABAJAD. OPTIMIZADA	PRODUCT. OPTIMIZADA	RENDIM. OPTIMIZADO	ÍNDICE DE PRODUCT.
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m	150.00	1.00	18.75	0.05	165.00	1.00	20.63	0.05	1.10
01.02.02	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO ADUCCION Y REDES	m	500.00	3.00	20.83	0.05	500.00	2.00	31.25	0.03	1.50
01.02.03	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS	m	500.00	2.00	31.25	0.03	600.00	2.00	37.50	0.03	1.20
01.04.01	EXCAVACION DE ZANJA T.N. P/TUB. PVC DIAM <= 160 MM	m	100.00	3.00	4.17	0.24	100.00	2.00	6.25	0.16	1.50
01.04.02	EXCAVACION DE ZANJAS T.N. CONEXION DOMICILIARIA TUB. PVC DIAM. <= 2"	m	120.00	2.00	7.50	0.13	130.00	2.00	8.13	0.12	1.08
01.04.07	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30M.	m3	24.00	4.00	0.75	1.33	26.00	4.00	0.81	1.23	1.08
01.05.01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 160MM UF C - 10	m	220.00	3.00	9.17	0.11	220.00	2.00	13.75	0.07	1.50
01.05.01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 110MM UF C - 10	m	250.00	3.00	10.42	0.10	250.00	2.00	15.63	0.06	1.50
01.05.01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 90MM UF C - 10	m	300.00	3.00	12.50	0.08	300.00	2.00	18.75	0.05	1.50
01.05.01.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 63MM UF C - 10	m	380.00	3.00	15.83	0.06	380.00	2.00	23.75	0.04	1.50
01.05.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=2"	m	200.00	2.00	12.50	0.08	200.00	1.00	25.00	0.04	2.00
01.05.02.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1 1/2"	m	220.00	2.00	13.75	0.07	220.00	1.00	27.50	0.04	2.00
01.05.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1"	m	260.00	2.00	16.25	0.06	260.00	1.00	32.50	0.03	2.00
01.07.08	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 2"	und	10.00	2.00	0.63	1.60	12.00	2.00	0.75	1.33	1.20
01.07.09	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1 1/2"	und	15.00	2.00	0.94	1.07	17.00	2.00	1.06	0.94	1.13
01.07.10	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1"	und	20.00	2.00	1.25	0.80	22.00	2.00	1.38	0.73	1.10
01.08.01.01	CAMARA DE VALVULAS TIPO 1	und	10.00	6.00	0.21	4.80	10.00	5.00	0.25	4.00	1.20
01.09.01	EMPALME DE TUBERÍA A RED DE AGUA EXISTENTE ø 6"	und	15.00	2.00	0.94	1.07	15.00	1.00	1.88	0.53	2.00
01.10.01	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 160 MM	m	150.00	2.00	9.38	0.11	170.00	2.00	10.63	0.09	1.13
01.10.02	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 110 MM	m	200.00	2.00	12.50	0.08	230.00	2.00	14.38	0.07	1.15
01.10.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 90 MM	m	250.00	2.00	15.63	0.06	280.00	2.00	17.50	0.06	1.12
01.10.04	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 63 MM	m	300.00	2.00	18.75	0.05	340.00	2.00	21.25	0.05	1.13
01.11.01.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO EXISTENTE E = 6"	m2	75.00	2.00	4.69	0.21	90.00	2.00	5.63	0.18	1.20
01.11.01.02	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO E=6" f'c=245 kg/cm2	m2	80.00	6.00	1.67	0.60	85.00	5.00	2.13	0.47	1.28

Fuente. Elaboración propia.

Al mejorar la productividad en HH, se redujo el costo de cada uno de los análisis de precios unitarios hasta en un 18.58%.

Tabla 10. Porcentaje de variación de los análisis de precios unitarios base vs los optimizados.

Item	Descripción	Und.	A.P.U. Base	A.P.U. Optimizado	%
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m	0.81	0.74	8.64
01.02.02	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO ADUCCION Y REDES	m	1.34	1.10	17.91
01.02.03	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS	m	0.75	0.65	13.33
01.04.01	EXCAVACION DE ZANJA T.N. P/TUB. PVC DIAM <= 160 MM	m	27.02	25.77	4.63
01.04.02	EXCAVACION DE ZANJAS T.N. CONEXION DOMICILIARIA TUB. PVC DIAM. <= 2"	m	2.21	2.04	7.69
01.04.07	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30M.	m3	20.47	18.89	7.72
01.05.01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 160MM UF C - 10	m	18.64	18.09	2.95
01.05.01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 110MM UF C - 10	m	16.38	15.89	2.99
01.05.01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 90MM UF C - 10	m	15.81	15.41	2.53
01.05.01.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 63MM UF C - 10	m	12.16	11.83	2.71
01.05.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=2"	m	5.73	5.11	10.82
01.05.02.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1 1/2"	m	4.96	4.40	11.29
01.05.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1"	m	4.24	3.77	11.08
01.07.08	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 2"	und	466.98	462.16	1.03
01.07.09	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1 1/2"	und	417.45	415.19	0.54
01.07.10	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1"	und	390.43	389.12	0.34
01.08.01.01	CAMARA DE VALVULAS TIPO 1	und	517.64	505.36	2.37
01.09.01	EMPALME DE TUBERÍA A RED DE AGUA EXISTENTE ø 6"	und	44.95	36.60	18.58
01.10.01	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 160 MM	m	2.93	2.70	7.85
01.10.02	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 110 MM	m	2.45	2.26	7.76
01.10.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 90 MM	m	2.16	2.04	5.56
01.10.04	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 63 MM	m	1.97	1.84	6.60
01.11.01.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO EXISTENTE E = 6"	m2	4.52	3.87	14.38
01.11.01.02	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO E=6" fc=245 kg/cm2	m2	72.77	70.64	2.93

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 11. Comparación de los costos parciales obtenidos del presupuesto base y el presupuesto optimizado.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	PARCIAL BASE	PARCIAL OPTIMIZADO	DIFERENCIA
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m	3,405.90	3,111.57	294.33
01.02.02	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO ADUCCION Y REDES	m	5,188.24	4,259.00	929.24
01.02.03	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS	m	249.75	216.45	33.30
01.04.01	EXCAVACION DE ZANJA T.N. P/TUB. PVC DIAM <= 160 MM	m	104,616.58	99,776.80	4,839.78
01.04.02	EXCAVACION DE ZANJAS T.N. CONEXION DOMICILIARIA TUB. PVC DIAM. <= 2"	m	735.93	679.32	56.61
01.04.07	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30M.	m3	11,821.83	10,909.35	912.48
01.05.01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 160MM UF C - 10	m	29,643.01	28,768.35	874.66
01.05.01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 110MM UF C - 10	m	26,684.17	25,885.92	798.25
01.05.01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 90MM UF C - 10	m	7,735.83	7,540.11	195.72
01.05.01.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 63MM UF C - 10	m	1,984.03	1,930.18	53.85
01.05.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=2"	m	87.10	77.67	9.43
01.05.02.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1 1/2"	m	284.70	252.56	32.14
01.05.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1"	m	1,104.10	981.71	122.39
01.07.08	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 2"	und	4,202.82	4,159.44	43.38
01.07.09	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1 1/2"	und	2,087.25	2,075.95	11.30
01.07.10	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1"	und	39,823.86	39,690.24	133.62
01.08.01.01	CAMARA DE VALVULAS TIPO 1	und	9,835.16	9,601.84	233.32
01.09.01	EMPALME DE TUBERÍA A RED DE AGUA EXISTENTE ø 6"	und	44.95	36.60	8.35
01.10.01	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 160 MM	m	4,659.55	4,293.78	365.77
01.10.02	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 110 MM	m	3,991.22	3,681.70	309.52
01.10.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 90 MM	m	1,056.89	998.17	58.72
01.10.04	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 63 MM	m	321.43	300.21	21.22
01.11.01.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO EXISTENTE E = 6"	m2	11,156.67	9,552.28	1,604.39
01.11.01.02	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO E=6" $f_c=245$ kg/cm2	m2	179,617.46	174,360.01	5,257.45
TOTAL			450,338.43	433,139.21	17,199.22

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 12. Comparación de tiempos de las partidas base y optimizada.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	TIEMPO BASE	TIEMPO OPTIMIZADO	DIFERENCIA
01.02.01	LIMPIEZA DEL TERRENO MANUAL	m	28.00	26.00	2.00
01.02.02	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO ADUCCION Y REDES	m	8.00	8.00	-
01.02.03	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS	m	1.00	1.00	-
01.04.01	EXCAVACION DE ZANJA T.N. P/TUB. PVC DIAM <= 160 MM	m	39.00	39.00	-
01.04.02	EXCAVACION DE ZANJAS T.N. CONEXION DOMICILIARIA TUB. PVC DIAM. <= 2"	m	3.00	3.00	-
01.04.07	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA 30M.	m3	24.00	23.00	1.00
01.05.01.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 160MM UF C - 10	m	8.00	8.00	-
01.05.01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 110MM UF C - 10	m	7.00	7.00	-
01.05.01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 90MM UF C - 10	m	2.00	2.00	-
01.05.01.04	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC 63MM UF C - 10	m	1.00	1.00	-
01.05.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=2"	m	1.00	1.00	-
01.05.02.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1 1/2"	m	1.00	1.00	-
01.05.02.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE PVC D=1"	m	1.00	1.00	-
01.07.08	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 2"	und	1.00	1.00	-
01.07.09	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1 1/2"	und	1.00	1.00	-
01.07.10	EQUIP. P/CONEXION DOMIC. DE AGUA POTABLE DE 1"	und	5.00	5.00	-
01.08.01.01	CAMARA DE VALVULAS TIPO 1	und	2.00	2.00	-
01.09.01	EMPALME DE TUBERÍA A RED DE AGUA EXISTENTE ϕ 6"	und	1.00	1.00	-
01.10.01	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 160 MM	m	11.00	10.00	1.00
01.10.02	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 110 MM	m	9.00	7.00	2.00
01.10.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 90 MM	m	2.00	2.00	-
01.10.04	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION DE TUBERIA PVC 63 MM	m	1.00	1.00	-
01.11.01.01	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO DE CONCRETO EXISTENTE E = 6"	m2	33.00	28.00	5.00
01.11.01.02	REPOSICION DE PAVIMENTO DE CONCRETO E=6" fc=245 kg/cm2	m2	31.00	29.00	2.00
		TOTAL	221.00	208.00	13.00

Fuente. Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- El proceso de medición y evaluación de la productividad se ha visto mejorado mediante cartas balance con resultados con índices de productividad superior a 1 (llegando hasta 2) en las partidas de Limpieza de terreno manual, trazo niveles y replanteo de aducción y redes, y conexiones domiciliarias, excavación de zanjas, acarreo de material, suministro e instalación de tubería de 160 mm, 110 mm, 90 mm, 63 mm, 2", 1 1/2", 1", cámaras de válvula tipo 1, empalme de tubería a red de agua existente D=6", prueba hidráulica y desinfección de tubería de 160 mm, 110 mm, 90 mm, 63 mm, corte y rotura de pavimento de concreto y su reposición con $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$.
- Se obtuvo un ahorro en costo directo de S/ 17,199.22 soles.
- Se obtuvo una disminución del tiempo de ejecución de hasta 13 días, en las mismas partidas mencionadas anteriormente.
- Se puede concluir que la intervención social previa al inicio de la ejecución de obra y durante el desarrollo de la misma es relevante para minimizar las paralizaciones y su impacto directo en el plazo de ejecución.
- Se concluye que, al realizar un nuevo levantamiento topográfico al inicio de la ejecución, aún fuera del presupuesto, se pueden detectar deficiencias en el expediente técnico subsanables dentro del plazo contractual o mejoras en ella, sin generar sobrecostos a la entidad.
- Se concluye que el uso de nuevas tecnologías en la detección de interferencias permite la optimización del tiempo en la etapa de trazo y replanteo y reduce el índice de accidentes al momento de la ejecución.
- Se concluye que para obras de gran extensión como las de saneamiento, el seguimiento al avance de obra con el uso de drones permite tener una mejor visión del mismo.

- Se concluye que la aplicación de las herramientas de Lean Construction permite un control adecuado generando una optimización en el rendimiento de la producción de la mano de obra.

7.2. RECOMENDACIONES

- Al ser las obras de saneamiento de gran impacto social se recomienda implementar estrategias y herramientas para su manejo, como las actas de paz social, los talleres de información, las asambleas comunitarias, las actividades de apoyo y una comunicación constante con los involucrados.
- Se recomienda realizar la verificación total de la topografía de los proyectos de saneamiento para identificar las deficiencias y mejoras al expediente, debido a la incidencia en el desarrollo óptimo del mismo.
- Se recomienda el uso de los nuevos equipos de detección de interferencias como los georadares y scanners los cuales ayudan a definir el trazo y replanteo minimizando las calicatas de exploración y reduciendo la posibilidad de accidentes durante la ejecución de las redes.
- Se recomienda que para el seguimiento de la ejecución de este tipo de proyectos se realice a través de drones, que permiten tener una visión en tiempo real de trabajos en obras de gran extensión y de geografías diversas.
- Se recomienda el uso de las herramientas lean para el control de la mano de obra lo que permite conocer el consumo real de este recurso, debiéndose llevar un control de cada partida, el uso de estas herramientas no necesita la implementación de un sistema de gestión operacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad. (2003). *Empleo y Productividad del trabajo: un análisis descriptivo para las industrias gallega y española*. Valencia.
- Ahuja. (2012). *Lean & Green Construction. India*: International Journal of Scientific & Engineering Research.
- Arenhart & Martins. (2018). *Diagrama de Ishikawa* [Mensaje en un blog]. Blog de la calidad. Recuperado de <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>
- Ballard. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. Birmingham: University of Birmingham, UK.
- Ballard. (2008). *The Lean Project Delivery System: An Update*. Lean Construction Journal.
- Bergmiller. (2009). *Are Lean and Green Programs Synergistic?* . Lubbock: Industrial Engineering Research Conference.
- Bhamu & Singh. (2013). *Lean manufacturing: literature*. Pilani: Birla Institute of Technology and Science. .
- Blog Oxfamintermon. (2019). <https://blog.oxfamintermon.org>. Obtenido de <https://blog.oxfamintermon.org/definicion-de-sostenibilidad-sabes-que-es-y-sobre-que-trata/>
- Brioso. (2015). *El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación*. España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Brundtland. (1987). Informe Brundtland. ONU.
- Carneiro & Campos. (2012). *Lean and green: a relationship matrix*. International Group on Lean Construction. San Diego, EEUU: Clean.

- Costa. (2016). *Estudio para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía “Lean Construction” en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias, casos: Cuenca y Loja*. Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Cotrina. (2017). *Aplicación del Lean Construction para optimizar la productividad en una obra de ampliación del pabellón educativo en Ñaña – Lurigancho – Lima 2017*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Deming. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Madrid: Ediciones Días Santos S. A.
- Deville & Gallo. (2017). *Contribucion de Lean Construction para alcanzar la construcción sostenible*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Flores. (2016). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de la construcción del estadio de la UNA – Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Goldratt. (2010). *La Meta, un proceso de mejora continua*. Great Barrington, MA: Granica.
- Horman. (2004). *Lean and Green: Integrating Sustainability and Lean Construction*. Toronto, Canadá.: CIB World building congress.
- Howell. (1999). *What is Lean Construction. Brazil: Lean Construction Institute*.
- Knoow. (2019). <http://knoow.net>. Obtenido de <http://knoow.net/es/cieeconcom/gestion/target-costing-costo-objetivo/>
- Koskela. (1992). *“Application of the New Production Philosophy to Construction”*. Standford, EEUU: Universidad de Standford .
- Lean Construction Enterprise. (2017). Obtenido de <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/last-planner>
- Maldonado. (2017). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos en el proyecto*

- de vivienda el nuevo rancho, Surco, Lima*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Morillo & Lozano. (2007). *Estudio de la productividad en una obra de edificación*. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Nakamuro. (2017). *Kaizen: Causa & Efecto*.
- Paxi. (2015). *Propuesta metodológica para la mejora de la planificación, programación y control de obras de construcción aplicando la interacción de las herramientas de Lean Construction y BIM*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Pons. (2014). *Introducción a Lean Construction . Fundacion laboral de la construcción*.
- Ramírez. (2018). *La construcción sostenible*. España: Consejo de la Construcción Verde.
- Roberto Espinosa. (13 de Mayo de 2017). <https://robertoespinosa.es>. Obtenido de <https://robertoespinosa.es/2017/05/13/benchmarking-que-es-tipos-ejemplos/>
- Smith Mossman & Emmitt. (2011). *Lean and Integrated Project Delivery*. Lean Construction Journal.
- Spendolini. (1994). *Benchmarking*. Norma.
- Stalk & Hout. (2003). *Competing Against Time: How Time-Based Competition Is Reshaping Global Markets*. EEUU.
- Teichmann & Evans. (1999). *Philosophy: A Beginner's Guide*. Blackwell Publishing.
- Villamizar & Ortiz. (2016). *Implementación de los principios de Lean Construction en la constructora colproyectos s.a.s. de un proyecto de vivienda en el Municipio de Villa del Rosario. Bucaramanga, Colombia*: Universidad Industrial de Santander.

Wikipedia. (2017). <https://es.wikipedia.org>. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing#cite_note-2

Wikipedia. (2019). <https://es.wikipedia.org/wiki>. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/LEED#Sistema_de_certificaci%C3%B3n

ANEXOS

ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</p> <p>¿Cuál será el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019?</p> <p>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS</p> <p>a) ¿Cuál será el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de medición de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019?</p> <p>b) ¿Cuál será el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de evaluación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019?</p> <p>c) ¿Cuál será el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de planeación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019?</p>	<p>1. OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.</p> <p>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a) Medir el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de medición de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.</p> <p>b) Evaluar el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de evaluación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.</p> <p>c) Analizar el efecto de implementar la filosofía Lean Construction en la mejora del proceso de planeación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La filosofía Lean Construction tiene un efecto significativo para mejorar la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.</p> <p>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a) La filosofía Lean Construction tiene un efecto significativo en la mejora del proceso de medición de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.</p> <p>b) La filosofía Lean Construction tiene un efecto significativo en la mejora del proceso de evaluación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.</p> <p>c) La filosofía Lean Construction tiene un efecto significativo en la mejora del proceso de planeación de la productividad del sistema de aducción y distribución de agua potable en el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.</p>	<p>1. HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>Variable independiente (X) X1. Filosofía Lean Construction</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espera por falta de equipos. - Esperas por procesos mal ejecutados. - Tiempos ociosos. - Desplazamientos innecesarios. - Reprocesos. <p>Variable dependiente (Y) Y1. Productividad.</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desviación de costo. - Desviación de plazo. - HH Real / HH Presupuestada. 	<p>-Tipo de investigación</p> <p>El tipo de investigación es aplicada, dado que el estudio se enfoca en la aplicación del modelo de filosofía Lean Construction, considerando sus características y permaneciendo sobre las bases teóricas desarrolladas.</p> <p>-Diseño de la investigación</p> <p>A partir de la intervención del investigador, el diseño de estudio es no experimental, debido a que el desarrollo de la tesis procura no manipular ni modificar el contexto sobre el que se desarrolla el campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL en el año 2019.</p> <p>Por otro lado, a partir del periodo de estudio, la investigación es transversal, es decir, que la investigación se desarrollará en un único y determinado momento en el tiempo.</p> <p>Por otro lado, la investigación es prospectiva, debido a que el estudio tiene un enfoque en realizar una propuesta de acciones que pueden ser aplicados a futuro para generar cambios y mejoras sobre el contexto.</p> <p>-Ámbito de estudio</p> <p>Reforzamiento estructural.</p> <p>-Población</p> <p>Sistemas de aducción y distribución de agua potable.</p> <p>-Muestra</p> <p>Campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL..</p> <p>-Técnicas de recolección de datos</p> <p>La técnica que se empleará es la observación, la cual requiere la medición y evaluación de los parámetros de productividad del personal de obra.</p> <p>Por otro lado, se realizará análisis documental, haciendo revisión de libros, tesis, papers y documentación del campamento Stadd Ilo de la empresa Centauro EIRL, relativo al proceso de aducción y distribución de agua potable.</p> <p>-Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guía de observación. • Guía de análisis documental.

ANEXO 02. PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Excavación de zanja.



Fotografía 2. Colocación de unión entre tuberías.



Fotografía 3. Instalación de buzones de inspección.



Fotografía 4. Instalación de la tubería de PVC de 4”.



Fotografía 5. Compactación de relleno.



Fotografía 6. Movimiento de tierras.