

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL**

**UTILIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA TIME-LAPSE PARA EL
ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN**

MALDONADO VALLEJO JUAN SEBASTIAN

Trabajo previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil

Quito, octubre 2018

DEDICATORIA

A mi Madre por creer en mí y siempre apoyarme, a mi Padre por ser el mejor ejemplo y mostrarme la maravillosa profesión de la Ingeniería Civil.

A mis Abuelitos y Hermano, por ser aquellas personas que me motivan a buscar ser cada día mejor.

A mi familia y amigos por demostrarme su cariño y ganas de verme triunfar.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios, por guiarme y estar conmigo cada día de mi vida, sin su presencia incondicional ningún logro hubiera sido posible.

Al apoyo y dirección prestados no solo durante la realización del presente trabajo si no a lo largo de la carrera del Director de Trabajo de Grado, el *Ingeniero Estuardo Páez*, así como a los correctores, los *Ingenieros Fredi Paredes y Diego Cajas*.

A las empresas constructoras especialmente a la empresa *RFS Constructora* por abrirme sus puertas y darme todas las facilidades para realizar el presente estudio.

Finalmente, a quienes me han sabido prestar su apoyo y compartir sus conocimientos para ayudarme a alcanzar mis metas.

RESUMEN

La creación de infraestructura civil sea esta pública o privada es un indicador de avance y desarrollo de una nación, así como fundamental en la economía del país, siendo de vital importancia la óptima utilización de recursos, así como un control de los tiempos de ejecución en la construcción de cualquier obra civil.

Por lo cual se propone como herramienta de control de la productividad la utilización de secuencias de imágenes Time-Lapse aplicada a rubros de construcción con un enfoque al mejoramiento continuo, buscando que el tiempo empleado en acciones no contributivas y contributivas disminuya y de esta manera reducir los tiempos de ejecución y la cantidad de recursos empleados.

ABSTRACT

The creation of civil infrastructure, whether public or private, is an indicator of the progress and development of a nation, as well as a fundamental one in the country's economy, being of vital importance the optimal use of resources, as well as a control of execution times in the construction of any civil work.

Therefore, it is proposed as a productivity control tool the use of Time-Lapse image sequences applied to construction items with a focus on continuous improvement, seeking to reduce the time spent on non-contributory and contributive actions and thus reduce the execution times and the amount of resources used.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Capítulo I.....	1
Introducción	1
1.1. Justificación y Planteamiento del Problema	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
Capítulo II	4
Marco Teórico.....	4
2.1. El sector constructivo en el Ecuador	4
2.2. Productividad en la construcción	6
2.3. Definición de productividad	6
2.4. Factores que influyen negativamente la productividad de la mano de obra en la construcción	8
2.5. Factores que influyen positivamente la productividad de la mano de obra en la construcción	10
2.6. El Trabajo	11
2.6.1 Tipos de trabajo.....	12
2.7. Lean Construction	14
2.7.1. Enfoque y metodología Lean Construction.....	15
2.7.2 Concepto de pérdidas en la construcción.....	16
2.8 Técnicas de control de métodos y procedimientos para la construcción.....	17
2.9 Herramientas para el diagnóstico y reducción de pérdidas en proyectos de construcción	18
2.10 Muestreo del trabajo.....	18
2.11 Cartas de balance o de equilibrio de la cuadrilla.	19
2.12 Introducción Time-Lapse	21
2.12.1. Historia de la técnica Time-Lapse en Ingeniería Civil	22

2.12.2. Time-Lapse como herramienta en la capturar de datos de procesos constructivos	22
2.12.3. Metodología Time-Lapse como herramienta de análisis.	23
2.12.3.1. Flujos de trabajo.	24
2.12.3.2. Actividades del flujo de trabajo.	24
2.12.3.3. Composición del tiempo de cuadrillas.	24
2.13 Procedimiento planteado.	25
2.14 Información proyectos de estudio.	26
Capítulo III.....	29
Metodología	29
3.1 Montaje de cámara/s y equipo para la toma de Fotografías digitales continuas. ..	29
3.2 Equipo necesario para la realización de video Time-Lapse.....	29
3.3. Requerimientos del equipo fotográfico	31
3.4. Descripción y montaje del equipo.....	34
3.5. Ubicación de la cámara.....	37
3.6. Configuración de intervalómetro caso práctico cámara sony a5000.....	39
3.7. Creación de video Time-Lapse	43
3.8. Flujograma de trabajo	46
3.9. Formatos.....	48
3.10. Reconocimiento actividades productivas, contributorias y no contributorias.	49
3.11. Carta de Balance	52
3.12. Resultados.....	54
3.12.1. Resumen cartas de balance miembros de la cuadrilla	55
3.12.2. Nivel de actividad del cada obrero de la cuadrilla	55
3.12.3. Distribución general trabajo de la cuadrilla.....	56
CAPÍTULO IV.....	57
Aplicación de la herramienta Time-Lapse.....	57
4.1. Encofrado de madera columna rectangular	57
4.2. Vaciado de hormigón en columnas.....	64
4.3. Cerramiento de bloque	72
4.4. Fundición losa colaborante (Steel deck).....	78
4.5 Excavación túnel a mano en tierra.	92
4.6 Entibado y encofrado permanente de túnel.	99

Capítulo V	108
Resultados obtenidos.....	108
5.1 Análisis de productividad Time-Lapse encofrado de madera columna rectangular.	108
5.2. Análisis de productividad Time-Lapse vaciado de hormigón en columnas ...	110
5.3 Análisis de productividad Time-Lapse cerramiento de bloque.	112
5.4 Análisis de productividad Time-Lapse fundición losa colaborante (Steel deck)	114
5.5 Análisis de productividad Time-Lapse excavación túnel a mano en tierra....	118
5.6 Análisis de productividad Time-Lapse entibado y encofrado permanente de túnel.....	121
5.7 Otra información recopilada.	124
5.7.1 Seguridad.	124
5.7.2 Buenas y malas prácticas.....	125
Capítulo VI.....	127
Observaciones a los procesos constructivos	127
6.1 Encofrado de madera columna rectangular.	127
6.2 Vaciado de hormigón en columnas.....	128
6.3 Cerramiento de bloque	128
6.4. Fundición losa colaborante.	129
6.5. Excavación túnel a mano en tierra, entibado y encofrado permanente de túnel.	130
Capítulo VII	131
Conclusiones y recomendaciones.....	131
7.1 Conclusiones.....	131
7.2. Recomendaciones	133
Bibliografía.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes estándar óptimos de trabajo	14
Tabla 2. Apuntes de campo rubro mampostería de bloque.	48
Tabla 3. Carta de balance albañil rubro mampostería de bloque.	53
Tabla 4. Carta de balance peón rubro mampostería de bloque	54
Tabla 5. Resumen carta de balance albañil rubro mampostería de bloque	55
Tabla 6. Resumen carta de balance peón rubro mampostería de bloque	55
Tabla 7. Apuntes de campo rubro encofrado de madera columna rectangular.	57
Tabla 8. Carta de balance albañil rubro encofrado de columnas rectangulares.	62
Tabla 9. Carta de balance carpintero rubro encofrado de columnas rectangulares. ..	63
Tabla 10. Apuntes de campo rubro vaciado de hormigón en columnas.	65
Tabla 11. Carta de balance albañil rubro vaciado de hormigón en columnas.	70
Tabla 12. Carta de balance peón 1 rubro vaciado de hormigón en columnas.	70
Tabla 13. Carta de balance peón 2 rubro vaciado de hormigón en columnas.	71
Tabla 14. Carta de balance peón 3 rubro vaciado de hormigón en columnas.	71
Tabla 15. Apuntes de campo rubro cerramiento de bloque.	72
Tabla 16. Carta de balance albañil rubro cerramiento de bloque	77
Tabla 17. Carta de balance peón rubro cerramiento de bloque	78
Tabla 18. Apuntes de campo rubro fundición losa colaborante.	79
Tabla 19. Carta de balance maestro mayor rubro fundición losa colaborante.	84
Tabla 20. Carta de balance vibrador 1 rubro fundición losa colaborante.	85
Tabla 21. Carta de balance vibrador 2 rubro fundición losa colaborante	86
Tabla 22. Carta de balance palero 1 rubro fundición losa colaborante	87
Tabla 23. Carta de balance palero 2 rubro fundición losa colaborante	88
Tabla 24. Carta de balance palero 3 rubro fundición losa colaborante	88
Tabla 25. Carta de balance reglero 1 rubro fundición losa colaborante.....	89
Tabla 26. Carta de balance reglero 2 rubro fundición losa colaborante.....	90
Tabla 27. Carta de balance operador tubería rubro fundición losa colaborante	91

Tabla 28. Apuntes de campo excavación túnel a mano en tierra.	92
Tabla 29. Carta de balance operador rotomartillo rubro excavación túnel	97
Tabla 30. Carta de balance palero rubro excavación túnel a mano en tierra.	97
Tabla 31. Carta de balance carretillero 1 rubro excavación túnel a mano en tierra...98	
Tabla 32. Carta de balance carretillero 2 rubro excavación túnel a mano en tierra...99	
Tabla 33. Apuntes de campo excavación túnel a mano en tierra.	100
Tabla 34. Carta de balance albañil entibado y encofrado permanente de túnel.	105
Tabla 35. Carta de balance peón 1 entibado y encofrado permanente de túnel.	106
Tabla 36. Carta de balance peón 2 entibado y encofrado permanente de túnel.	106
Tabla 37. Carta de balance peón 3 entibado y encofrado permanente de túnel.	107
Tabla 38. Resumen carta balance carpintero encofrado columna rectangular.	108
Tabla 39. Resumen carta de balance peón rubro encofrado columna rectangular. .	108
Tabla 40. Resumen carta de balance albañil rubro vaciado de hormigón.	110
Tabla 41. Resumen carta de balance peón 1 rubro vaciado de hormigón.	110
Tabla 42. Resumen carta de balance peón 2 rubro vaciado de hormigón.	110
Tabla 43. Resumen carta de balance peón 3 rubro vaciado de hormigón.	111
Tabla 44. Resumen carta de balance albañil rubro cerramiento de bloque.	112
Tabla 45. Resumen carta de balance peón rubro cerramiento de bloque.	113
Tabla 46. Resumen carta de balance maestro mayor rubro fundición losa.	114
Tabla 47. Resumen carta de balance vibrador 1 rubro fundición losa	115
Tabla 48. Resumen carta de balance vibrador 2 rubro fundición losa	115
Tabla 49. Resumen carta de balance palero 1 rubro fundición losa colaborante. ...	115
Tabla 50. Resumen carta de balance palero 2 rubro fundición losa colaborante. ...	116
Tabla 51. Resumen carta de balance palero 3 rubro fundición losa colaborante. ...	116
Tabla 52. Resumen carta de balance reglero 1 rubro fundición losa colaborante. ...	116
Tabla 53. Resumen carta de balance reglero 2 rubro fundición losa colaborante. ...	117
Tabla 54. Resumen carta de balance operador tubería rubro fundición losa	117
Tabla 55. Resumen carta balance operador rotomartillo rubro excavación túnel. ...	118
Tabla 56. Resumen carta de balance palero rubro excavación túnel.	119
Tabla 57. Resumen carta de balance carretillero 1 rubro excavación túnel tierra. ...	119
Tabla 58. Resumen carta de balance carretillero 2 rubro excavación túnel.	119
Tabla 59. Resumen carta balance albañil entibado y encofrado permanente túnel.	121
Tabla 60. Resumen carta balance peón 1 rubro entibado y encofrado permanente.	121

Tabla 61. Resumen carta balance peón 2 rubro entibado y encofrado permanente.121

Tabla 62. Resumen carta balance peón 3 rubro entibado y encofrado permanente.122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. PIB sector de la Construcción.	5
Figura 2. Número de empleados del sector de la construcción 2008-Sep 2016.....	5
Figura 3. Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad	7
Figura 4. Principales categorías de pérdidas de productividad	10
Figura 5. Elementos básicos del trabajo	12
Figura 6. Composición normal del contenido de trabajo	13
Figura 7. Esquema del proceso de producción	15
Figura 8. Metodología Lean Construction.....	16
Figura 9. Proceso de obtención de información y su uso para el control	17
Figura 10. Ejemplo de clasificación de los datos.....	19
Figura 11. Carta de equilibrio de la cuadrilla	20
Figura 12. Carta de balance de personal de albañiles	21
Figura 13. Esquema método Time-Lapse para medición de la productividad.....	25
Figura 14. Ilustración proceso Time-Lapse para medición de la productividad.	26
Figura 15. Emplazamiento Proyecto Denali.	26
Figura 16. Imagen render Proyecto Denali.....	27
Figura 17. Emplazamiento Proyecto Manarola.	27
Figura 18. Emplazamiento proyecto Interceptor Quebrada Cornejo.	28
Figura 19. Emplazamiento proyecto Interceptor Quebrada Cornejo	28
Figura 20. Relación focal objetivo y ángulo de visión.....	32
Figura 21. Esquema ilustrativo sistema de captura de imágenes autosoportante	34
Figura 22. Esquema ilustrativo sistema de captura de imágenes de fijación	35
Figura 23. Sistema de captura de imágenes continuas auto soportable	36
Figura 24. Sistema de captura de imágenes continuas de fijación	36
Figura 25. Ubicación cámara y trabajos de mampostería de bloque en el plano	38
Figura 26. Ilustración ubicación cámara con respecto a la zona de trabajo del rubro mampostería de bloque.	38

Figura 27. Intervalómetro digital cámara Sony a5000.....	39
Figura 28. Inicio de trabajos rubro mampostería de bloque	41
Figura 29. Secuencia de imágenes para Time-Lapse rubro mampostería de bloque.....	42
Figura 30. Fin de trabajos rubro mampostería de bloque.....	42
Figura 31. Imágenes importadas en Adobe Lightroom.....	43
Figura 32. Formato exportación Adobe Lightroom.....	44
Figura 33. Espacio de trabajo video Adobe Photoshop	44
Figura 34. Exportación video de Adobe Photoshop.....	45
Figura 35. Video Time-Lapse final.	46
Figura 36. Flujo de trabajo observado rubro mampostería de bloque	47
Figura 37. Formato Apuntes de campo	48
Figura 38. Formato carta de balance para análisis de videos Time-Lapse.....	49
Figura 39. Preparación mortero, tiempo productivo	50
Figura 40. Colocación bloque, tiempo productivo.....	50
Figura 41. Identificación personal: Albañil (casco blanco, chaleco tomate), Peón (casco anarillo, chaleco verde).....	51
Figura 42. Secuencia imágenes acarreo materiales, tiempo contributorio.....	51
Figura 43. Distracción (charla), tiempo no contributorio.....	52
Figura 44. Nivel de actividad cuadrilla mampostería de bloque	55
Figura 45. Distribución general trabajo cuadrilla rubro mampostería de bloque.....	56
Figura 46. Referencia ubicación cámara y columna a encofrarse	58
Figura 47. Inicio trabajos de encofrado de madera columna rectangular	59
Figura 48. Imágenes para Time-Lapse encofrado de madera columna rectangular	59
Figura 49. Fotografía final encofrado de madera columna rectangular	60
Figura 50. Video Time-Lapse encofrado de madera columna rectangular	60
Figura 51. Flujo de trabajo observado rubro encofrado de madera columna.....	61
Figura 52. Referencia ubicación cámara y columna a hormigonarse	66
Figura 53. Inicio trabajos vaciado de hormigón en columnas	67
Figura 54. Imágenes para Time-Lapse vaciado de hormigón en columnas	67
Figura 55. Fotografía final vaciado de hormigón en columnas	68
Figura 56. Video Time-Lapse vaciado de hormigón en columnas	68
Figura 57. Flujo de trabajo observado rubro vaciado de hormigón en columna.....	69
Figura 58. Referencia ubicación cámara y muro de cerramiento	73

Figura 59. Inicio trabajos cerramiento de bloque	74
Figura 60. Imágenes para Time-Lapse cerramiento de bloque	74
Figura 61. Fotografía final cerramiento de bloque	75
Figura 62. Video Time-Lapse cerramiento de bloque.....	75
Figura 63. Flujo de trabajo observado rubro cerramiento de bloque.....	76
Figura 64. Referencia ubicación cámara y columna en estudio	80
Figura 65. Inicio trabajos fundición losa colaborante	81
Figura 66. Imágenes para Time-Lapse fundición losa colaborante	81
Figura 67. Fin de trabajos fundición losa colaborante	82
Figura 68. Video Time-Lapse fundición losa colaborante	82
Figura 69. Flujo de trabajo observado rubro mampostería de bloque	83
Figura 70. Referencia ubicación cámara en la cercha.....	93
Figura 71. Inicio trabajos excavación túnel a mano en tierra.....	94
Figura 72. Imágenes para Time-Lapse excavación túnel a mano en tierra	94
Figura 73. Fotografía final excavación túnel a mano en tierra	95
Figura 74. Video Time-Lapse excavación túnel a mano en tierra	95
Figura 75. Flujo de trabajo excavación túnel a mano en tierra.....	96
Figura 76. Referencia ubicación cámara en la cercha	101
Figura 77. Inicio trabajos entibado y encofrado permanente de túnel.....	101
Figura 78. Imágenes para Time-Lapse entibado y encofrado permanente de túnel.....	102
Figura 79. Fotografía final entibado y encofrado permanente de túnel.....	102
Figura 80. Video Time-Lapse entibado y encofrado permanente de túnel	103
Figura 81. Flujo de trabajo entibado y encofrado permanente de túnel.....	104
Figura 82. Nivel de actividad obrero cuadrilla encofrado columna rectangular	109
Figura 83. Distribución general trabajo cuadrilla encofrado columna rectangular	109
Figura 84. Nivel de actividad obrero cuadrilla vaciado en columnas	111
Figura 85. Distribución general del trabajo vaciado de hormigón en columnas	112
Figura 86. Nivel de actividad de cada obrero cuadrilla cerramiento de bloque	113
Figura 87. Distribución general del trabajo cuadrilla cerramiento de bloque	114
Figura 88. Nivel de actividad de cada obrero fundición losa colaborante	117
Figura 89. Distribución general del trabajo cuadrilla fundición losa colaborante .	118
Figura 90. Nivel de actividad de cada obrero excavación túnel a mano en tierra. .	120
Figura 91. Distribución general del trabajo excavación túnel a mano en tierra.	120

Figura 92. Nivel de actividad de cada obrero entibado y encofrado permanente ..	122
Figura 93. Distribución general del trabajo entibado y encofrado permanente	123
Figura 94. Falta de equipo de seguridad trabajos en altura	124
Figura 95. Contratista sin equipo básico de seguridad.....	124
Figura 96. Falta de uso de equipo de seguridad, y mala práctica laboral	125
Figura 97. Correcta disposición de materiales	125
Figura 98. Mala disposición de materiales	126
Figura 99. Esperas, falta de continuidad.....	126
Figura 100. Flujo de trabajo propuesto rubro encofrado columna rectangular.	127
Figura 101. Flujo de trabajo propuesto rubro encofrado columna rectangular.	129

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El sector constructivo de un país forma parte fundamental del desarrollo económico y social del mismo, la creación de infraestructura será siempre un constante requerimiento tanto para el sector privado como para el público, por consiguiente, los encargados de desarrollar, gestionar y administrar proyectos constructivos se ven siempre en la necesidad de maximizar la productividad, disminuir pérdidas y mantener una relación favorable de costo-beneficio. (Alarcón, Fuster, Mora, & Sossdort, 2008).

Tomando en cuenta las consideraciones mencionadas, se plantea la necesidad de utilizar nuevas herramientas que nos ayuden al mejoramiento de procesos y sistemas constructivos mediante la recopilación de información utilizando nuevas tecnologías para el campo de la construcción. (Alarcón, Fuster, Mora, & Sossdort, 2008).

Para recopilar datos del desarrollo de procesos de construcción se propone la utilización de fotografías digitales capturadas durante intervalos continuos a lo largo de la realización de los trabajos y mediante la utilización de software crear videos Time-Lapse y realizar análisis a los procesos mediante metodologías como cartas de balance y flujos de trabajo para estudiar la productividad y plantear mejoras en base a lo observado.

1.1. Justificación y Planteamiento del Problema

Los recursos económicos serán siempre un limitante al desarrollo de obras civiles, por lo que es de suma importancia alcanzar niveles óptimos de productividad en el sector de la construcción buscando la disminución de tiempos de entrega, reducción de costos para fomentar el desarrollo de uno de los pilares más importantes de la economía de un país como es el sector constructivo

Por lo que se encuentra la necesidad de que los procesos de construcción tengan un seguimiento que pueda ser controlado, revisado y analizado, siendo de esta manera los Time-Lapse, la herramienta ideal para ello. Para realizar este seguimiento, se realiza el montaje de cámaras en lugares determinados las cuales tomarán fotografías en intervalos de tiempo definidos para observar la actividad en análisis, luego con ayuda de un ordenador, mediante el uso de software especializado, se unen dichas imágenes en un video del cual se obtienen datos como duración de las actividades, cantidad de recursos empleados, rendimientos de cuadrilla, desempeño de equipos, causales de accidentes, razones de desperdicio de materiales e influencia del clima en la actividad (Alárcón, Fuster, Mora, & Sossdort, 2008)

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo General

El objetivo general es el estudio a los videos Time-Lapse como herramienta para realizar análisis de productividad de rubros de construcción con miras a la optimización de las duraciones de las actividades.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar si es competente el empleo de videos Time-Lapse para realizar análisis de procesos constructivos.
- Identificar causas y razones que afectan a la productividad de rubros de construcción.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. El sector constructivo en el Ecuador

El sector constructivo es considerado el principal empleador del mundo, así como uno de los sectores productivos que aportan mayor beneficio y bienestar a la sociedad, por la creación de puestos de trabajo, beneficio a las empresas dedicadas a actividades directas y relacionadas, el desarrollo de infraestructura para la sociedad (CAMICON, 2017).

En el campo de la construcción intervienen dos grandes factores que son las inversiones y el flujo del capital por lo que se denomina a la construcción como un complejo productivo de alta significación lo cual conlleva a que este esté ligado a los diferentes indicadores económicos como el Producto Interno Bruto (PIB) (Mayorga, 2014).

Actualmente en el Ecuador el sector constructivo participa con un 8.42% del total del Producto Interno Bruto (PIB).



Figura 1. PIB sector de la Construcción.
Fuente: Banco Central del Ecuador

El sector constructivo registraba 519.383 empleos directos siendo un 6.8% del total de la población con empleo según datos del INEC en el año 2016.

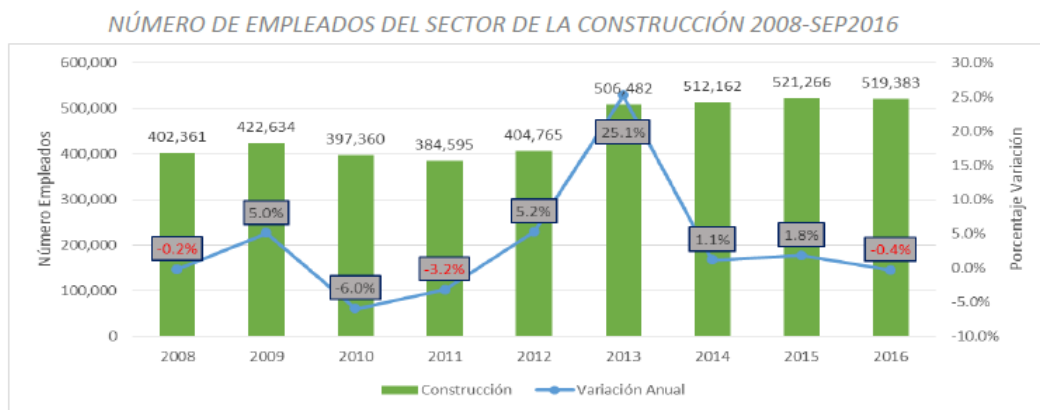


Figura 2. Número de empleados del sector de la construcción 2008-Sep 2016
Fuente: (Cámara de la Industria de la Construcción a los candidatos presidenciales, 2016).

2.2. Productividad en la construcción

La competitividad se ha vuelto un factor determinante para que una empresa fracase o alcance el éxito, por lo que son cada vez más solicitados los estudios que buscan aumentar los niveles de productividad, sin embargo, en el Ecuador y dentro de Latinoamérica, en el sector constructivo podemos decir sin temor a equivocarnos que los avances, estudios y cambios pensando en el ámbito productivo han sido muy pocos, esto se debe a varias razones de las que destacan el desconocimiento a los beneficios que estos estudios pueden ofrecer, interrogantes acerca de cómo aplicar las metodologías para poder realizar los estudios, considerar al costo de estos estudios como mayor a los beneficios ocasionando una falta de interés en invertir en los mismos y que no es necesario incurrir en gastos de este tipo (Contreras, 2012).

Ya que se desconoce los beneficios de realizar estos estudios y poner en práctica los resultados obtenidos se elaboró el presente trabajo con la finalidad de presentar una metodología clara para la obtención de información y posterior análisis de esta con miras en aumentar la productividad y hacer un mejor uso del recurso “tiempo”.

2.3. Definición de productividad

Productividad es el cociente de la división de la producción entre los recursos usados para lograr dicha producción (Castillo, 2004). Es decir, la productividad es definida como una relación entre las cantidades producidas y la cantidad de recursos que se emplearon para lograrlo. Por lo tanto, un incremento en la productividad significaría producir más empleando la misma cantidad de recursos o a la vez producir lo mismo, pero utilizando menor cantidad de recursos.

$$Productividad = \frac{Cantidad\ Producida}{Recursos\ Empeados}$$

Ecuación 1: La productividad, (Serpell, 2002)

La construcción consiste en transformar recursos e insumos en productos deseados, de calidad garantizada sin presentar deficiencias, entonces la productividad no puede existir sin involucrar la eficiencia y la efectividad (Botero & Álvarez , 2004).

UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS		
Pobre	Alta	
EFECTIVO PERO INEFICIENTE	EFECTIVO Y EFICIENTE <u>ÁREA DE ALTA</u> <u>PRODUCTIVIDAD</u>	Alto
INEFECTIVO E INEFICIENTE	EFICIENTE PERO INEFECTIVO	Bajo
		OBTENCIÓN DE LAS METAS

Figura 3. Relación entre la eficiencia, efectividad y productividad

Fuente: (Botero & Álvarez , 2004).

Dentro de las obras civiles a la productividad se la clasifica según el recurso que se desea analizar los cuales son: (Botero & Álvarez , 2004).

- Materiales.
- Mano de obra.
- Maquinaria y equipos.

2.4. Factores que influyen negativamente la productividad de la mano de obra en la construcción

La productividad puede llegar a ser afectada por un extenso número de factores y si se analizara cada obra de manera particular se podrían encontrar aún más, los más representativos se presentan a continuación (Serpell, 2002):

a) Trabajo de Oficina.

- Falta o carencia de estudios del terreno.
- Errores en los diseños, planos y o especificaciones.
- Diseños incompletos, falta de información.
- Modificaciones o cambios en diseños una vez empezados los trabajos.
- Demoras en transmisión de información o decisiones desde oficina al proyecto.

b) Obra Civil.

- Mano de obra no capacitada.
- Mano de obra con escaso control.
- Cuadrillas de trabajo ineficientes.
- Falta continuidad trabajadores. (Despidos y contrataciones).
- Falta de orden jerárquico entre trabajadores.
- Carencia de orden en la obra.
- Mala distribución de los materiales.
- Falta de seguridad industrial, detenciones obra por accidentes.
- Falta de control y planificación a las interrupciones durante los trabajos. (Refrigerios, descansos, relevos).

- Demasiados trabajadores en zonas de trabajo de tamaño reducidas.
- Mala iluminación, ventilación, que generan condiciones adversas para el trabajo.

c) Materiales y Equipos.

- No contar con los materiales necesarios.
- No disponer de todas herramientas y maquinarias requeridas.
- Cortes o interrupciones al suministro de los materiales.
- Herramientas y maquinaria en mal estado.
- Utilizar herramientas inadecuadas para el trabajo.

d) Localización de la obra.

- Difícil acceso a la ubicación de la obra.
- Zonas muy alejadas de centros poblados.
- Carencia de personal capacitado en las cercanías de la obra.
- Condiciones climáticas de la zona.



Figura 4. Principales categorías de pérdidas de productividad

Fuente: (Serpell, 2002)

2.5. Factores que influyen positivamente la productividad de la mano de obra en la construcción

Evitando incurrir en los problemas anteriormente vistos como factores que afectan de manera negativa a la productividad podríamos decir que se alcanzaría los niveles aceptados o esperados de productividad, pero, a su vez debemos considerar aquellos factores positivos los cuales si fueren aplicados nos permitirían producir más reduciendo el tiempo y a menor costo, algunos de estos factores se presentan a continuación (Serpell, 2002):

- Valerse del fenómeno de aprendizaje en el trabajador.
- Aprendizaje continuo mediante cursos y capacitaciones al personal.
- Aplicar medidas de seguridad industrial.
- Aplicación de nuevas tecnologías, materiales y procedimientos innovadores.
- Utilización de elementos prefabricados.

- Aplicación de técnicas de planificación actualizadas.
- Utilización de software dedicado.
- Aplicación de programas motivacionales para los trabajadores.
- Optimización de los diseños para facilitar la constructibilidad.
- Priorizar la producción en masa, estandarización de los elementos.
- Utilización de incentivos para los trabajadores.
- Incentivar la sana competencia entre cuadrillas.
- Aplicación de las herramientas propuestas por la ingeniería industrial a la construcción.
- Estudios a las actividades, métodos y tiempos.
- Programación a nivel de cuadrillas de actividades inmediatas.
- Óptima utilización de subcontratistas.
- Realización de estudios de tiempos y movimientos buscando realizar los trabajos más eficiente e inteligentemente.
- Análisis por cuadro de videos con intervalos de tiempo para estudiar y mejorar métodos de trabajo.

2.6. El Trabajo

El trabajo es una acción la cual es desarrollada por el personal que compone un proyecto, es el resultado de la acción de la administración que persigue un objetivo o finalidad (Serpell, 2002).



Figura 5. Elementos básicos del trabajo

Fuente: (Serpell, 2002)

2.6.1 Tipos de trabajo.

El trabajo es el desarrollo de las actividades buscando un objetivo el cuál en la ingeniería civil es la materialización de los diseños, la obra como producto final. Para esto se requiere de recursos, y de diferentes procesos que intervienen dentro del trabajo, por ello se ha decidido clasificar al trabajo según el tipo de actividad o tarea. (Serpell, 2002):

1. Trabajo Productivo (TP): Aporta directamente a la creación del producto final. Tiempo necesario para producir cualquier unidad de construcción (Botero & Álvarez , 2004). Actividades tales como colocación de bloque, enlucido, armado de hierros, etc.
2. Trabajo Contributorio (TC): Trabajos de apoyo sin los cuales no pudiera ejecutarse el trabajo productivo (Serpell, 2002). Actividades tales como limpieza zona de trabajo, transporte de materiales, descargas de material, etc.

3. Trabajo No Contributorio o No Productivo (TNC): Toda actividad que sea realizada por los obreros y que no forme parte del trabajo productivo ni contributorio se los considera como pérdidas, ya que no generan valor (Botero & Álvarez , 2004)Actividades tales como rehacer trabajos mal hechos, tiempo ocioso, esperas por materiales, etc.

En una investigación de productividad y gestión de proyectos de construcción realizada en Chile, según (Serpell, 2002) se determinaron los siguientes promedios:

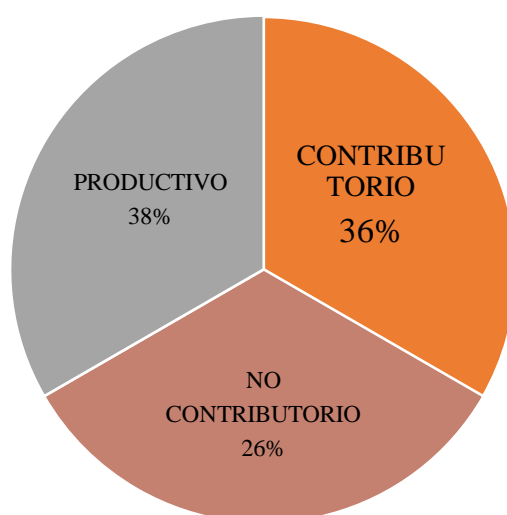


Figura 6. Composición normal del contenido de trabajo

Fuente: (Serpell, 2002).

En dicho estudio también se nos presentan los valores alcanzados en obras en las que se ha realizado seguimiento continuo y aplicado sistemas de mejoramiento de la productividad, logrando estas obras alcanzar valores muy superiores al promedio nacional (Chile), lo cual permitió establecer o definir los valores óptimos que toda obra de construcción debería fijar como meta. (Serpell, 2002).

Tabla 1. Porcentajes estándar óptimos de trabajo

TIPO DE TRABAJO	%
Trabajo productivo (TP)	60
Trabajo contributorio (TC)	25
Trabajo no contributivo (TNC)	15

Fuente: (Serpell, 2002)

2.7. Lean Construction

El académico finlandés Lauri Koskela en 1992 presentó el estudio “Application of the new production philosophy to construction”, en su trabajo analiza al sector constructivo mediante un enfoque nuevo de producción. Koskela identifica en su estudio que los nuevos lineamientos de producción comparten el fundamento en común de concebir a las operaciones de construcción como un conjunto de procesos. Por lo que a esta filosofía se la puede definir como un flujo de materiales, así como de información que empieza en la materia prima y culmina en el producto terminado (Botero & Álvarez , 2004).

En el flujo planteado por Koskela la materia prima se procesa (conversión), se inspecciona, transporta o se encuentra en espera (flujo de proceso) (Botero & Álvarez , 2004).

En conclusión, se puede decir que las metodologías tradicionales de construcción consideran que el proceso de producción está compuesto solo por conversiones mientras la metodología Lean Construction considera al proceso productivo como un conjunto tanto de conversiones como de flujos. (Botero & Álvarez , 2004).



Figura 7. Esquema del proceso de producción

Fuente: (Botero & Álvarez , 2004)

En la figura 7 los cuadros con texto color rojo representan actividades que no agregan valor (flujo), siendo los textos con color verde conversiones.

2.7.1. Enfoque y metodología Lean Construction.

El enfoque de la metodología Lean Construction va dirigido a la detección de pérdidas y sus debidas correcciones, así como al manejo de los flujos según plantea Koskela. Esta metodología busca una optimización a los flujos y procesos, por lo tanto, demanda plantear mejoras tanto al modelo de gestión de la producción y al proceso de la producción (Castillo, 2004).

Para reducir las pérdidas en la construcción esta metodología concentra su trabajo en los siguientes puntos (Castillo, 2004):

- Adecuada planificación operacional.
- Óptimo diseño de procesos.
- Estabilización de los flujos de trabajo.
- Mejora en la fiabilidad de los flujos.

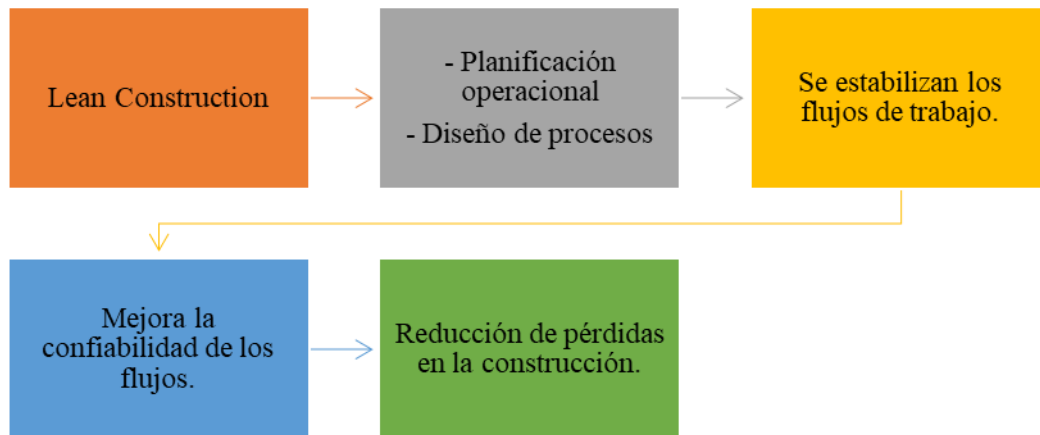


Figura 8. Metodología Lean Construction

Fuente: (Castillo, 2004)

2.7.2 Concepto de pérdidas en la construcción.

Las pérdidas según las nuevas metodologías de construcción son actividades que se desarrollan durante el proceso de producción y que generan un costo sin agregar ningún valor ni desarrollo al proyecto, se las mide en función de sus costos. Así mismo existen otros tipos de pérdidas que tienen relación con la eficiencia de los procesos, equipos y personal, se las mide en función del tiempo (Alarcón, 1997).

En 1986 Borcharding plantea que las pérdidas de productividad en obras grandes y/o complejas están relacionadas a las 5 categorías siguientes (Alarcón, 1997):

1. Pérdidas por esperas (inactividad).
2. Pérdidas por traslado o transporte.
3. Pérdidas por trabajo lento.
4. Pérdidas por trabajo inefectivo.
5. Pérdidas por trabajos mal hechos (rehacer trabajos).

2.8 Técnicas de control de métodos y procedimientos para la construcción

Los objetivos principales que persiguen estas técnicas para el control tanto de procedimientos como métodos son los siguientes (Serpell, 2002):

- Detección de pérdidas durante el proceso de construcción
- Reconocimiento de las áreas donde existe pérdidas y determinación de sus causas.
- Cuantificación de las pérdidas.
- La información entregada debe permitir realizar acciones para aumentar la productividad.
- Utilizar la información obtenida como base para la medición de mejoras.

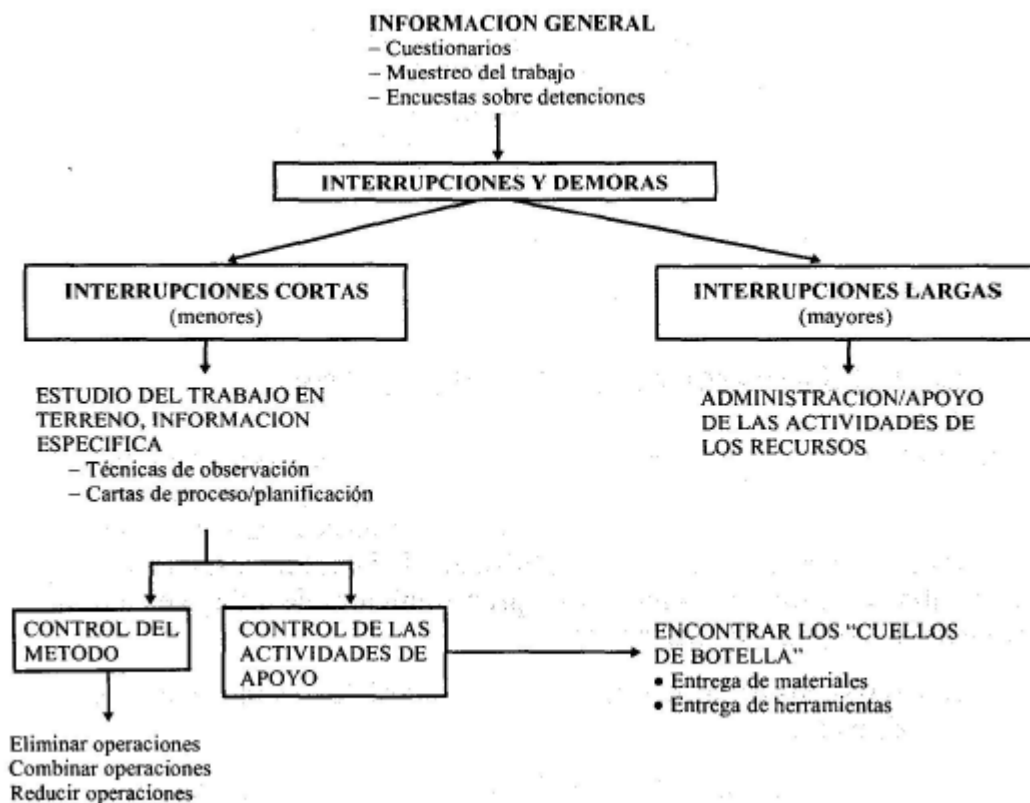


Figura 9. Proceso de obtención de información y su uso para el control

Fuente: (Serpell, 2002)

Para la metodología propuesta la obtención de información se la realizaría mediante la captura de imágenes, y para la identificación de interrupciones y demoras se visualizaría y los videos Time-Lapse generados.

2.9 Herramientas para el diagnóstico y reducción de pérdidas en proyectos de construcción

El nuevo enfoque de productividad propuso y/o adaptó herramientas para el diagnóstico, medición y corrección, por ejemplo, encuestas a los maestros de obra, métodos de muestreo del trabajo, registro de materiales, cartas de balance, son ejemplos de herramientas que ayudan a la identificación de pérdidas y en base a estas tomar decisiones que permitan aumentar la productividad (Botero & Álvarez , 2004).

2.10 Muestreo del trabajo.

Es un método de medición de los niveles de actividad del trabajo realizado en un proyecto u operación, se la utiliza para incrementar la productividad, ya que los datos que se obtienen mediante el muestreo permiten emitir juicio acerca de fallas de productividad observados (Alarcón, Fuster, Mora, & Sossdort, 2008).

Esta metodología permite medir porcentajes de los tiempos (TP, TC, TNC) ocupados para realizar determinadas actividades. Analizando como se utiliza el tiempo de estos recursos se determinará cuáles son los problemas que afectan la productividad (Serpell, 2002).

Algunas características del muestreo del trabajo son (Serpell, 2002):

- Es una medición de carácter cuantitativo en términos de tiempo.
- Principalmente se la aplica a la mano de obra y/o equipos.
- Las observaciones de muestreo se deben realizar en forma aleatoria.
- Se debe clasificar a las actividades de los recursos según su tipo de trabajo.

Las etapas básicas para realizar un plan de muestreo del trabajo son (Serpell, 2002):

- Definición del objetivo.
- Selección de los rubros de trabajo.
- Proceso de captura de datos.
- Análisis datos.

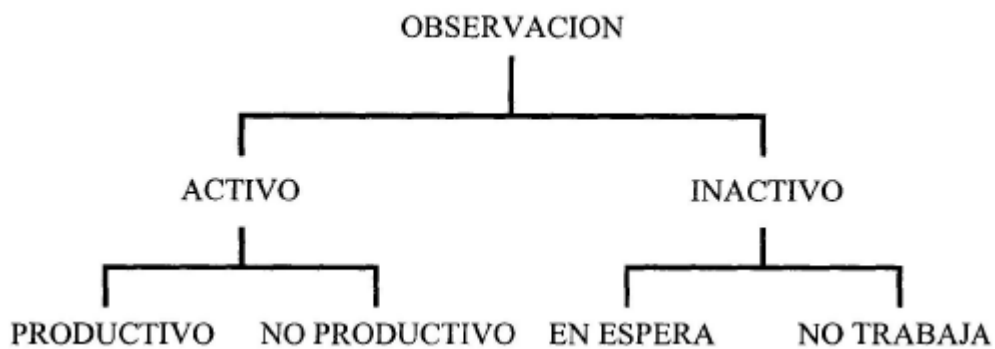


Figura 10. Ejemplo de clasificación de los datos

Fuente: (Serpell, 2002)

2.11 Cartas de balance o de equilibrio de la cuadrilla.

Dentro de las metodologías clásicas para analizar procesos de construcción tenemos a las cartas de balance o de equilibrio de la cuadrilla, estas se utilizan para realizar el seguimiento detallado de cómo son utilizados los recursos al realizarse operaciones de construcción, para identificar oportunidades para mejorar la productividad (Alarcón, 1997).

Las cartas de balance de cuadrillas son un gráfico de barras verticales donde la ordenada (eje Y) es el tiempo, y en la abscisa (eje X) los recursos (trabajadores, maquinaria, equipo, etc.) que intervienen en la actividad en estudio, el número de barras verticales será igual al número de recursos empleados. Cada barra vertical estará dividida según el tiempo que toman las actividades en la secuencia que sean realizadas incluyendo las aquellas que no generen ningún aporte a la producción. Mediante el gráfico de barras también es posible observar cómo se relacionan los recursos entre sí, y determinar ciclos de trabajo (Serpell, 2002).

Mediante esta técnica se busca determinar la eficiencia y eficacia de la metodología constructiva utilizada, es decir no busca analizar la actuación de los trabajadores o que estos se esfuercen más, si no que trabajen de una manera más eficiente e inteligente. Para mejorar la productividad de la cuadrilla se tomarán medidas como variación al número de integrantes de la cuadrilla o reasignaciones a las labores de estos (Serpell, 2002).

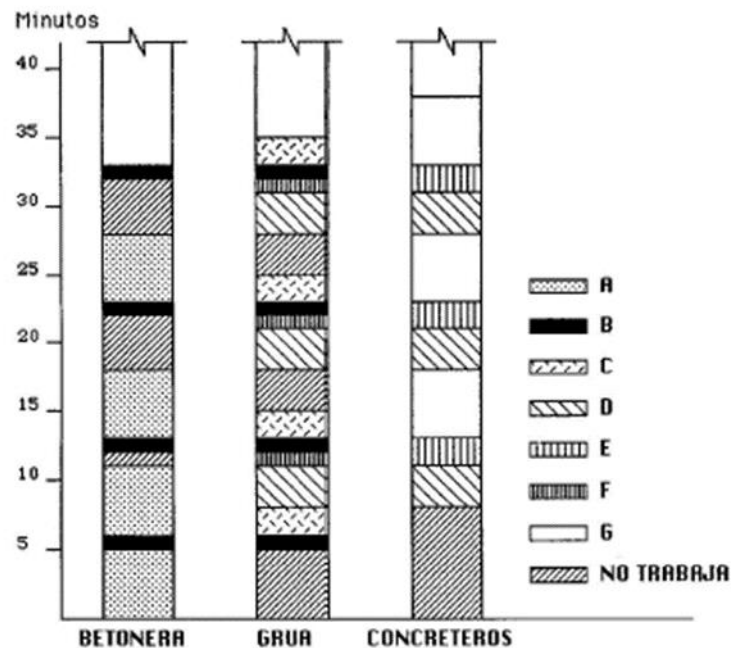


Figura 11. Carta de equilibrio de la cuadrilla

Fuente: (Serpell, 2002)

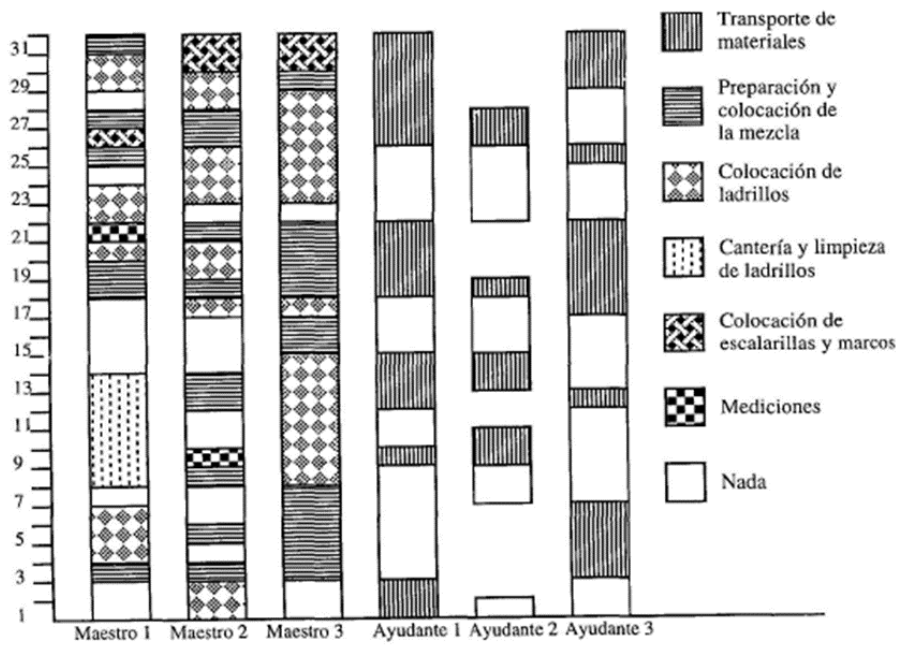


Figura 12. Carta de balance de personal de albañiles

Fuente: (Serpell, 2002)

2.12 Introducción Time-Lapse

Time-Lapse en fotografía y video es una técnica de captura de imágenes desde una posición fija generalmente, en la cual se realizan fotografías en intervalos de tiempo determinados.

Estas imágenes se editan para simular movimiento, al reproducirse creando la ilusión óptica de imágenes aceleradas. Con esta técnica se puede mostrar en poco tiempo lo que en realidad son sucesos de larga duración. Por tanto, es un modo visual de atrapar el tiempo (León, 2014).

La técnica se utiliza para visualizar de manera rápida y continua los cambios y acontecimientos importantes o notorios que suceden en situaciones o eventos sean estos naturales o producidos

por el hombre, los cuales por sus características duran largos periodos de tiempo en desarrollarse. (León, 2014).

2.12.1. Historia de la técnica Time-Lapse en Ingeniería Civil

Según (Contreras, 2012), en *Aplicación de la Herramienta Time-Lapse para la Identificación y Reducción de Pérdidas en Edificaciones con Estructuras en Concreto*, La herramienta Time-Lapse:

“Ha sido utilizada en la construcción desde comienzos de 1960. En esta fecha, Fondahl (1960) presentó el uso del Time-Lapse en el análisis de operaciones de construcción. Por otra parte, también se encuentra el autor Paulson (1978), el cual subrayó que la herramienta Time-Lapse era el primer paso hacia la recolección de datos del proceso constructivo. Así mismo anotó que los datos recolectados mediante Time-Lapse son analizados para el mejoramiento de la productividad o utilizados en los computadores para hacer modelos de simulación. Por último, otro avance significativo fue el instaurado por Touran (1981), el cual presentó un sistema avanzado de interconexión de las fotografías Time-Lapse con un programa de simulación” (Kannan, 1999). (pp. 25,26)

Como se puede observar la herramienta Time-Lapse no es nueva, ha sido utilizada para analizar flujos de procesos dentro y fuera de la construcción hace tiempo considerable, más en nuestro medio es una herramienta desconocida a pesar de que los avances tecnológicos actuales hagan que sea mucho más fácil de poner en práctica la utilización de Time-Lapse como herramienta para el análisis de productividad.

2.12.2. Time-Lapse como herramienta en la capturar de datos de procesos constructivos

La captura de imágenes continuas puede utilizarse para tomar datos de productividad de los diferentes procesos constructivos para posteriormente buscar la optimización de estos, pues permite reproducir en tiempos muy reducidos el trabajo desarrollado en obra durante periodos

de tiempo extensos, y en base a la observación de los videos proponer soluciones u optimizaciones. Esta técnica ayuda a obtener información de las diferentes operaciones de obra como: motivos de los accidentes, influencia del clima, análisis conformación cuadrillas, estudio a la productividad, desperdicio de materiales, entre otros (Botero L. , 2006).

Según Oglesbly (como se cita en Contreras, 2012) las fotografías son un medio adecuado para analizar diferentes procesos constructivos, por ofrecer un medio de fácil entendimiento y altamente efectivo para identificar y categorizar actividades realizadas por los miembros de una cuadrilla.

Por lo que se puede concluir que la fotografía en conjunto con los Time-Lapse son una herramienta de alto impacto en cuanto a análisis de procesos, y una manera más efectiva de conseguir cambios para la optimización del empleo del tiempo que con los análisis tradicionales que arrojan estadísticas y valores mucho más complicados de entender que una imagen.

2.12.3. Metodología Time-Lapse como herramienta de análisis.

La metodología desarrollada para utilizar la herramienta Time-Lapse para el estudio de procesos de construcción está fundamentada mediante los conceptos presentados a continuación (Vargas, Prieto , Mesa , Paéz, & Blanco, 2008):

2.12.3.1. Flujos de trabajo.

Consiste en el registro de los flujos que se desarrollan en obra observando los videos Time-Lapse previamente digitalizados, son la primera etapa de análisis. Tradicionalmente se la representa mediante flujogramas que toman en cuenta cómo interactúan los diferentes recursos.

También permite la identificación de datos básicos necesarios para la caracterización de actividades, como el tiempo de duración, número trabajadores involucrados, espacio de trabajo, ruta y distancia de desplazamientos, así como las restricciones que puede tener el proceso, entre otros.

2.12.3.2. Actividades del flujo de trabajo.

El análisis de las actividades se enfoca en aquellos que pertenecen a los procesos de conversión ya que estos tienen el mayor potencial de agregar valor al proceso de producción. Para este análisis es importante no solo contar con profesionales de la construcción, sino también de los maestros de obra o líderes de la cuadrilla encargados de los rubros en análisis, ya que son ellos quienes conocen mejor el procedimiento y su participación compromete e involucra a los miembros de la cuadrilla activamente en el proceso de mejoramiento continuo.

2.12.3.3. Composición del tiempo de cuadrillas.

La determinación de cómo se compone el tiempo para cierta actividad es un insumo del avalúo de productividad. Consiste en la descomposición del tiempo empleado por las cuadrillas en

percentiles de tiempos productivos, tiempos contributorios, y tiempos no contributorios, con miras al aumento la productividad del rubro en análisis.

2.13 Procedimiento planteado.

Para alcanzar los objetivos propuestos se ha planteado un procedimiento para emplear el uso de fotografías secuenciales (Time-Lapse) con el objetivo de analizar las actividades desarrolladas en diferentes procesos constructivos.

- a) Desarrollo del sistema para captura de imágenes: Equipo a utilizar para realizar fotografías continuas bajo los requerimientos del proyecto.
- b) Captura de imágenes (Time-Lapse): Captura de fotografías de los rubros a analizarse.
- c) Creación del video Time-Lapse: Utilización de software para generar video a partir de las imágenes secuenciales capturadas en campo.
- d) Análisis Videos: flujogramas, cartas de balance.
- e) Resultados: Análisis de productividad.



Figura 13. Esquema método Time-Lapse para medición de la productividad.

Fuente: Elaboración Propia.

La siguiente imagen es una ilustración para un mejor entendimiento del procedimiento planteado:

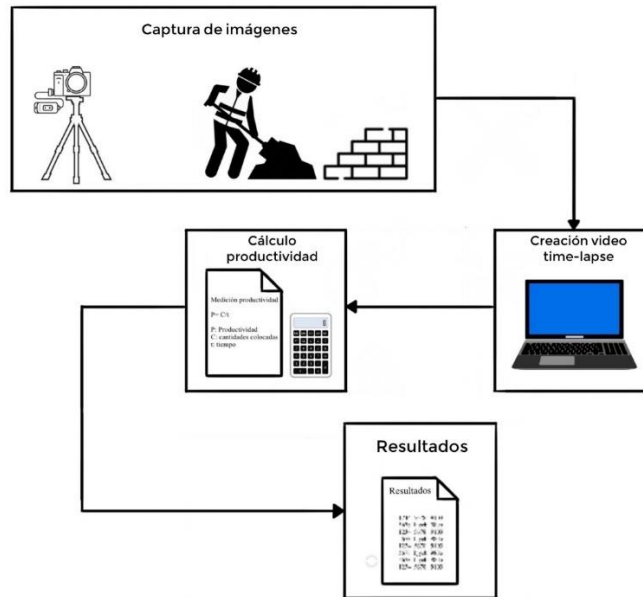


Figura 14. Ilustración proceso Time-Lapse para medición de la productividad.

Fuente: Elaboración propia.

2.14 Información proyectos de estudio.

La captura de imágenes se realizó en tres proyectos diferentes, para de esta manera probar el sistema en diferentes condiciones para diferentes rubros o actividades, los proyectos fueron:

- Denali, una edificación para suites y departamentos residenciales de la compañía RFS CONSTRUCTORA, compuesto por 5 pisos, la obra se encuentra ubicada en la calle Juan León Mera de la parroquia Cumbayá, suburbana del distrito metropolitano de Quito.



Figura 15. Emplazamiento Proyecto Denali.

Fuente: Google Maps.



Figura 16. Imagen render Proyecto Denali.

Fuente: RFS Constructora.

- Manarola, edificio para departamentos residenciales de la compañía HA ARQUITECTOS, compuesto por 6 pisos, la obra se encuentra ubicada en la calle Juan León Mera de la parroquia Cumbayá, suburbana del distrito metropolitano de Quito,



Figura 17. Emplazamiento Proyecto Manarola.

Fuente: Google Maps.

- Interceptor Quebrada Cornejo, descontaminación de la quebrada Cornejo (saneamiento) a cargo de EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, la obra se encuentra ubicada en la parroquia de Guamaní, suburbana del distrito metropolitano de Quito.

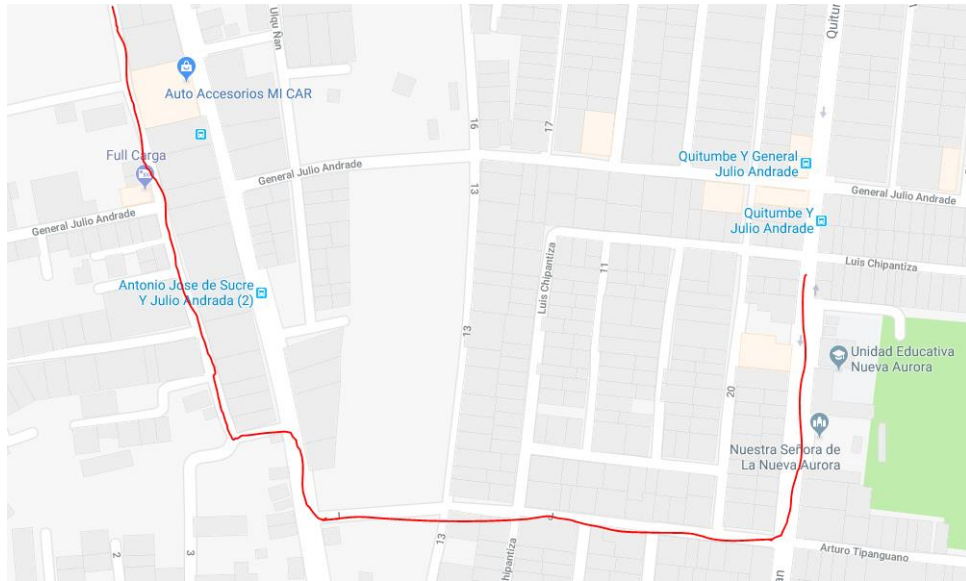


Figura 18. Emplazamiento proyecto Interceptor Quebrada Cornejo.

Fuente: Google Maps.



Figura 19. Emplazamiento proyecto Interceptor Quebrada Cornejo

Fuente: Investigación de campo

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Montaje de cámara/s y equipo para la toma de Fotografías digitales continuas.

Para analizar la productividad en la construcción mediante la utilización de Time-Lapse se implementa un sistema compuesto por un conjunto de hardware fotográfico que sea capaz de realizar fotografías de manera continua y automatizada, este equipo a su vez debe ser apto para la utilización en obra, cumpliendo ciertos requerimientos técnicos para ello.

Para que la metodología pueda ser explicada de manera clara, se utilizará el rubro mampostería de bloque del proyecto Denali como ejemplo.

3.2 Equipo necesario para la realización de video Time-Lapse.

A continuación, se presenta el equipo necesario para la realización de un sistema de captura de imágenes continuas portable:

Equipo Indispensable: Necesario para realizar cualquier video Time-Lapse.

- **Cámara fotográfica:** Cualquier cámara digital, con espejo (réflex) o sin espejo (rebel) que posea internamente o que tenga la posibilidad de conectar un intervalometro.
- **Objetivos fotográficos (lentes):** Dispositivo compuesto por un conjunto de lentes cuya función es la de direccionar la luz hacia el sensor de la cámara.

- **Intervalómetro:** Disparador remoto para cámaras fotográficas que permite configurarlo para que la cámara realice fotografías continuas por si sola en intervalos de tiempo.
- **Trípode:** Equipo compuesto por tres patas que permite la estabilización de la cámara, ubicarla en el terreno, fijarla en altura y ángulo requerido.
- **Tarjeta de memoria:** Es el medio que se encarga de almacenar los datos (imágenes) transferidos por la cámara, el tipo de memoria dependerá del lector de tarjetas que posea la cámara.

Equipo secundario: El siguiente equipo no forma parte fundamental para la realización de videos Time-Lapse, pero su utilización facilita en gran manera el trabajo en campo.

- **Power Bank (banco de energía):** Batería externa de gran capacidad de almacenamiento de energía que permite la carga y utilización de equipos mediante conexión USB, es de gran uso cuando se requiere tomar secuencias de imágenes por periodo de tiempos largos.
- **Adaptador de batería de cámara a power bank:** Su función es la de permitir la utilización de un power bank como fuente de energía para la cámara fotográfica, consiste en un adaptador con la forma de la batería original de la cámara la cual trae incorporado un cable USB para conectarlo en el power bank.
- **Cobertor para lluvia y polvo o caja de protección:** Es un estuche que no afecta la utilización de cámara fotográfica, y permite utilizarla en condiciones adversas de clima como lluvia o ambiente con demasiado polvo.

3.3.Requerimientos del equipo fotográfico

Al ser un sistema fotográfico pensado para capturar información de diferentes trabajos de construcción se requiere que el sistema en conjunto sea portable y utilizable en las diferentes condiciones que se puedan presentar.

Existen diferentes y una extensa lista de tipos de equipo fotográfico, por lo que para una persona con poca o ninguna experiencia en el área fotográfica puede ser un reto encontrar el equipo que pueda ser utilizado en obra, la solución a este inconveniente será buscar utilizar un equipo que pueda soportar condiciones duras de trabajo como es el caso del equipo utilizado en la fotografía de paisaje, naturaleza y de montaña. Este tipo de equipo ofrece la resistencia, así como condiciones necesarias para ser utilizada en obra. Los requerimientos técnicos y físicos generales que deben cumplir el equipo, para poder ser utilizado en obra son:

Cámara fotográfica:

- Poseer Intervalómetro digital o capacidad de conexión con un intervalómetro externo.
- Capacidad de utilizar tarjetas de memoria externas de alta capacidad de almacenamiento.
- Sellado completo del cuerpo a sólidos para condiciones externas como polvo.
- Sellado básico contra líquidos (goteos, humedad, etc.).
- Resistencia para golpes de poca magnitud, producto del transporte, almacenamiento, entre otros.

- Este nivel de sellado a condiciones externas también se puede alcanzar mediante la utilización de estuches protectores, carcazas, etcétera.

Objetivos fotográficos (lentes):

- Se puede utilizar objetivos gran angulares (12-18mm) y objetivos angulares (18-25mm) que permiten tener un amplio ángulo de visión para poder observar toda la zona de trabajo de la actividad, así como desplazamientos.
- Para condiciones de iluminación desfavorable se puede utilizar objetivos luminosos los cuales poseen aperturas de diafragma amplias, lo cual permite mayor ingreso de luz al sensor de la cámara, esta apertura viene representada por el número f, lentes luminosos se considera a los lentes con número f inferiores a 3.5.
- Los objetivos deben tener un sellado completo del objetivo a sólidos para condiciones externas como polvo.
- Los objetivos deben tener un sellado básico contra líquidos (goteos, humedad, etc.).

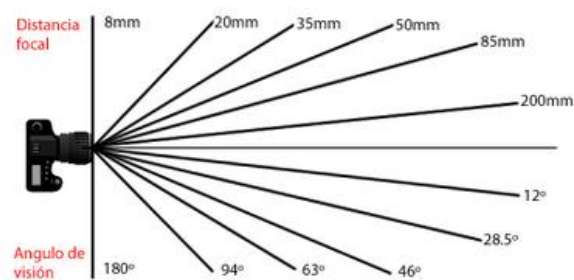


Figura 20. Relación focal objetivo y ángulo de visión

Fuente: (Casas, 2008)

Trípode:

- Debe ser capaz de soportar el peso de la cámara, objetivo y el resto de equipo que se vaya a utilizar.
- Buena resistencia de sus elementos a condiciones duras de trabajo.
- Materiales como la fibra de carbono ofrecen una alta resistencia y un peso más ligeros que los trípodes tradicionales de materiales como aluminio.

Tarjeta de memoria:

- Capacidad de almacenamiento superior a 36 Gigabytes.
- Las tarjetas SD se clasifican según su velocidad de lectura, la tarjeta requerida será de tipo clase 10 para alta velocidad de escritura y lectura.

Power Bank (banco de energía):

- Cualquier power bank que posea mayor capacidad de almacenamiento de energía que la batería de la cámara fotográfica representara un aumento en el tiempo de autonomía de toma de imágenes.
- Capacidad de almacenamiento de energía recomendada mayor a 10000 mAH (miliamperios).

3.4.Descripción y montaje del equipo.

- Cámara fotográfica Sony a5000 con intervalómetro digital interno.
- Lente Samyang 12mm f 2.0.
- Lente Sony 16-50 mm f 3.5-5.6.
- Trípode Manfrotto BeFree Compact Travel de fibra de carbono.
- Tarjetas de memoria Sandisk clase 10 de 32 Gigabytes de capacidad de almacenamiento.
- Power Bank RAVPower Xtreme 26,800mAh.
- Adaptador de batería a charger AC-PW20 USB Power Kit.
- Caja plástica iP65 aprueba de polvo y resistente al agua.

Pensando en las diferentes condiciones que se pueden presentar en un proyecto de ingeniería como pueden ser la zona de trabajo, el espacio para el montaje del equipo, condiciones atmosféricas, entre otras, se propone dos posibilidades para el sistema de captura de imágenes continuas cuyas ilustraciones se presentan a continuación:

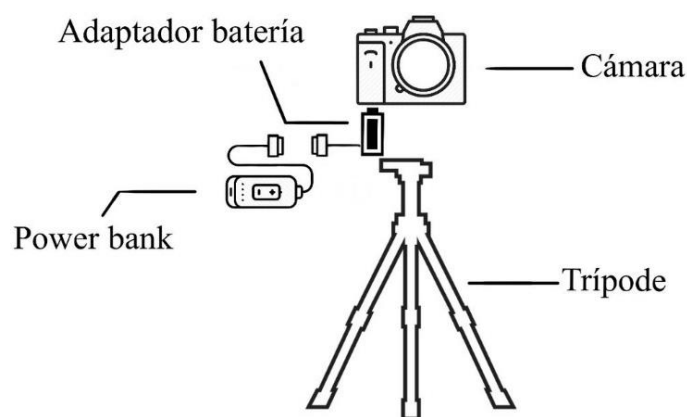


Figura 21. Esquema ilustrativo sistema de captura de imágenes autosoportante

Fuente: Elaboración propia.

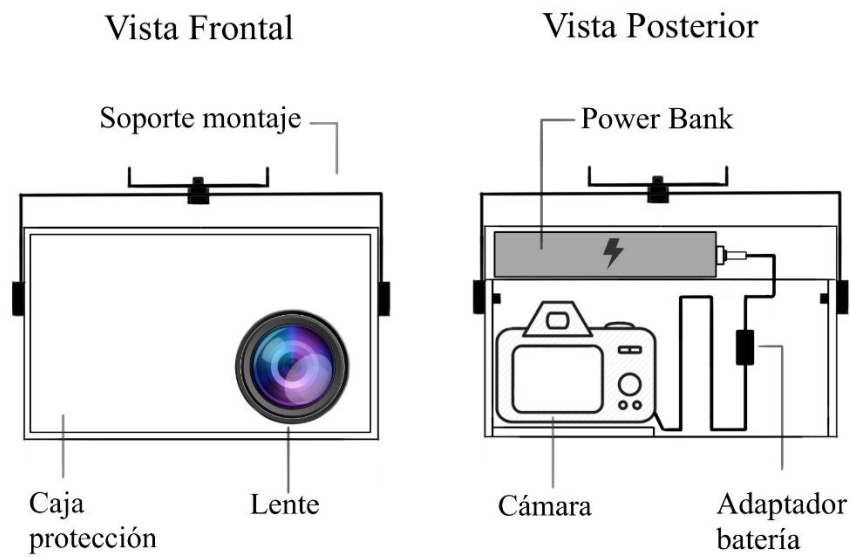


Figura 22. Esquema ilustrativo sistema de captura de imágenes de fijación

Fuente: Elaboración propia.

También se consideró mejorar la visibilidad del equipo en campo para que sea fácil ubicarlo y evitar registrar accidentes que puedan ocasionar en pérdida de información, detención en tomas de datos, daños al equipo, daños a terceros. Para lo cual se utilizó cintas reflectivas junto a luz de seguridad intermitente.



Figura 23. Sistema de captura de imágenes continuas auto soportable
Fuente: Elaboración propia.



Figura 24. Sistema de captura de imágenes continuas de fijación
Fuente: Elaboración propia.

3.5.Ubicación de la cámara.

La ubicación de la cámara será un determinante para la captura correcta de fotografías que nos permita realizar un provechoso análisis a la técnica constructiva, a continuación, se presentan varias recomendaciones a la hora de ubicar el equipo en campo:

- No ubicar la cámara a contraluz, la fuente de luz debe iluminar eficientemente la zona de trabajo.
- Desde la ubicación de la cámara debe ser posible observar toda el área de trabajo.
- De ser posible ubicar la cámara en una posición de mayor elevación con respecto al área de trabajo.
- Se debe considerar trabajos aledaños, desplazamientos de personal, transporte de materiales y equipo, que puedan ocasionar interrupciones a la captura de imágenes.

Para el rubro mampostería de bloque tomado como ejemplo la cámara se ubicó justo frente a la columna H1 siguiendo las siguientes consideraciones:

- La ubicación del sol como fuente de luz natural.
- Trabajos aledaños.
- Su colocación muy cercana a una columna busca no interrumpir el paso del personal.
- Zona segura para la colocación del equipo fotográfico.

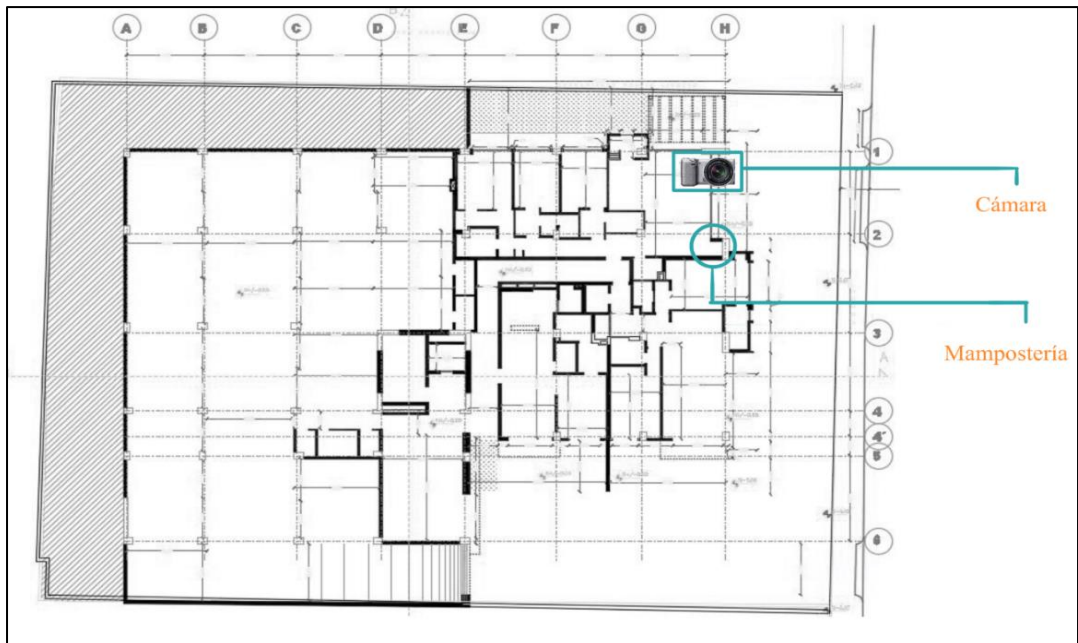


Figura 25. Ubicación cámara y trabajos de mampostería de bloque en el plano
Fuente: Elaboración propia.

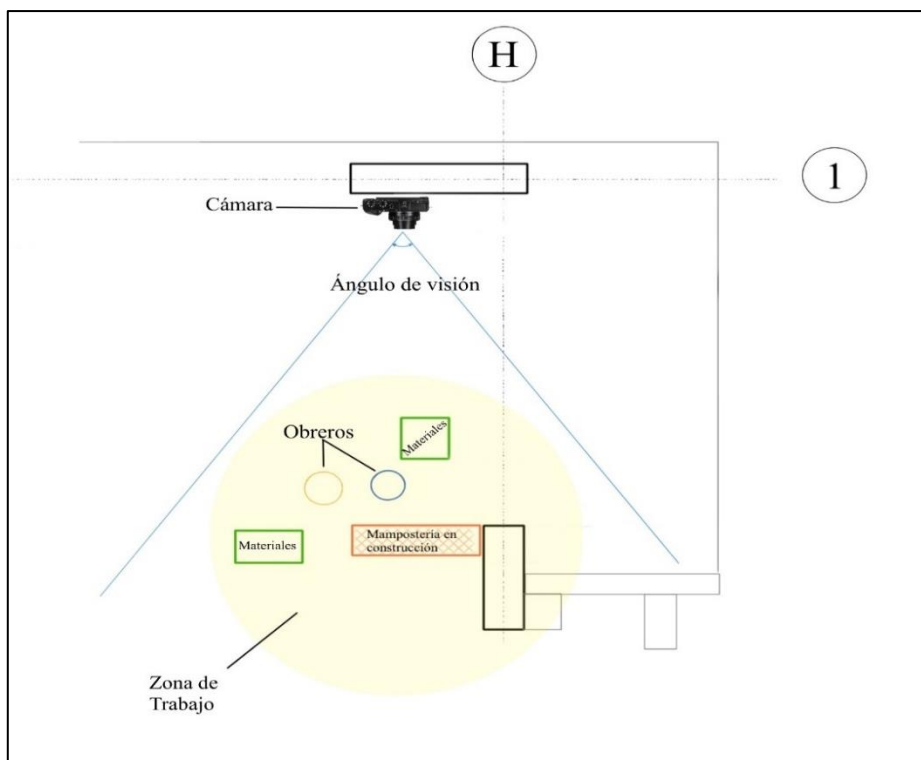


Figura 26. Ilustración ubicación cámara con respecto a la zona de trabajo del rubro mampostería de bloque.
Fuente: Elaboración propia.

3.6. Configuración de intervalómetro caso práctico cámara sony a5000.

La cámara Sony a5000 utilizada posee una aplicación interna la cual incorpora un intervalómetro digital, evitando la utilización de un externo, pero la configuración y parámetros de toma serán los mismos en cualquiera de los casos. La utilización de un intervalómetro físico o digital, se vuelve indispensable a la hora de capturar fotografías secuenciales ya que mediante este se puede configurar el espacio de tiempo que existirá entre fotografías, mientras que la velocidad de obturación, sensibilidad del sensor ISO, y apertura del diafragma se controla y se configura en la cámara.



Figura 27. Intervalómetro digital cámara Sony a5000.

Fuente: Elaboración propia.

Para configurar el lapso y cantidad de fotografías que se realizarán se prestará atención a las siguientes consideraciones:

- **Intervalo entre fotografías.**

Entre mayor sea el intervalo entre imágenes se pierde mayor cantidad de detalle de las actividades realizadas para el rubro en análisis, y la solución no consiste en plantear intervalos

demasiado cortos, ya que el objetivo de la utilización de videos Time-Lapse es reducir de manera prudente la cantidad de tiempo de video a analizar, así como el tamaño final de los archivos digitales generados, el lapso entre fotografías dependerá básicamente de los siguientes factores:

- Cantidad de detalle requerida de las actividades.
- Duración estimada de la actividad en análisis.

- **Cantidad de fotografías.**

Es recomendable utilizar una configuración que nos permita la captura continua de imágenes hasta que el operador de la cámara la detenga, de esta manera se garantiza que tendremos fotografías de toda la actividad, si el intervalómetro no permite esta configuración, la solución es conocer un aproximado del tiempo que durará la actividad, y aplicar la siguiente ecuación, para conocer la cantidad de fotografías que debemos indicar al intervalómetro que realice.

$$T = I * Nf$$

Ecuación 2. Tiempo de captura de imágenes
Elaboración propia.

Dónde:

T: Tiempo de captura de imágenes.

I: Intervalo entre fotografías.

Nf: Número de fotografías.

Despejando:

$$Nf = \frac{T}{I}$$

Ecuación 3. Número de fotografías según el tiempo estimado de captura de imágenes
Elaboración propia



Figura 28. Inicio de trabajos rubro mampostería de bloque
Elaborado por: El autor

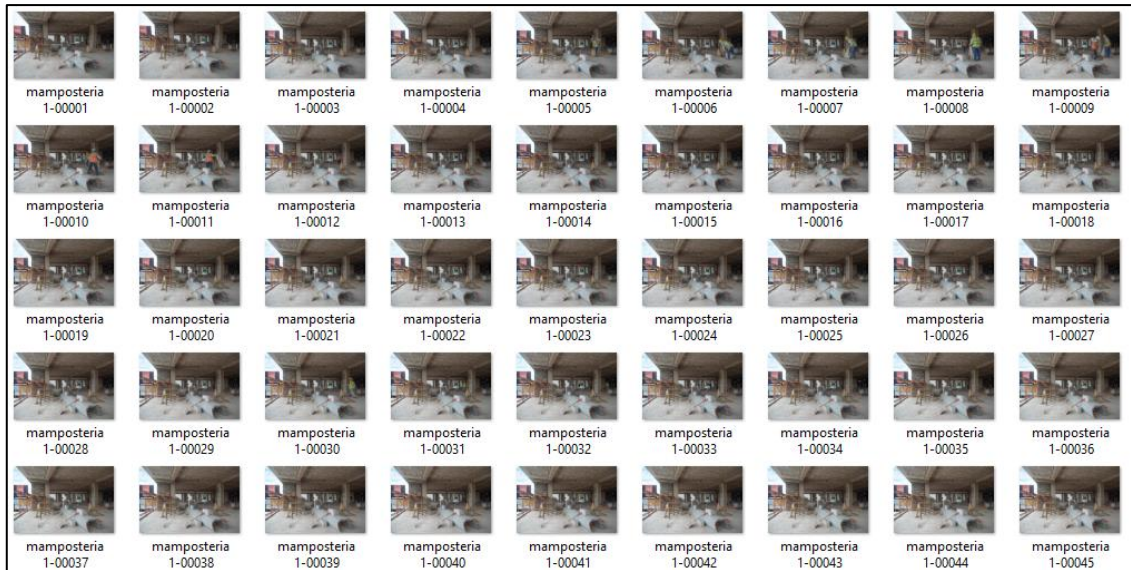


Figura 29. Secuencia de imágenes para Time-Lapse rubro mampostería de bloque
Elaborado por: El autor



Figura 30. Fin de trabajos rubro mampostería de bloque
Elaborado por: El autor

3.7.Creación de video Time-Lapse

Una vez realizada la captura de las fotografías del proceso constructivo a analizar, se realiza la renderización del video “Time-Lapse” con dichas fotografías, para lo cual se utilizaron los programas de Adobe Lightroom y Adobe Photoshop.

Adobe Lightroom nos permite realizar una edición básica de las fotografías como recuperar zonas muy oscuras, también nos permite renombrar las imágenes en orden secuencial para que de esta manera al ingresar a Adobe Photoshop podamos importar las imágenes como una secuencia y crear el video Time-Lapse.

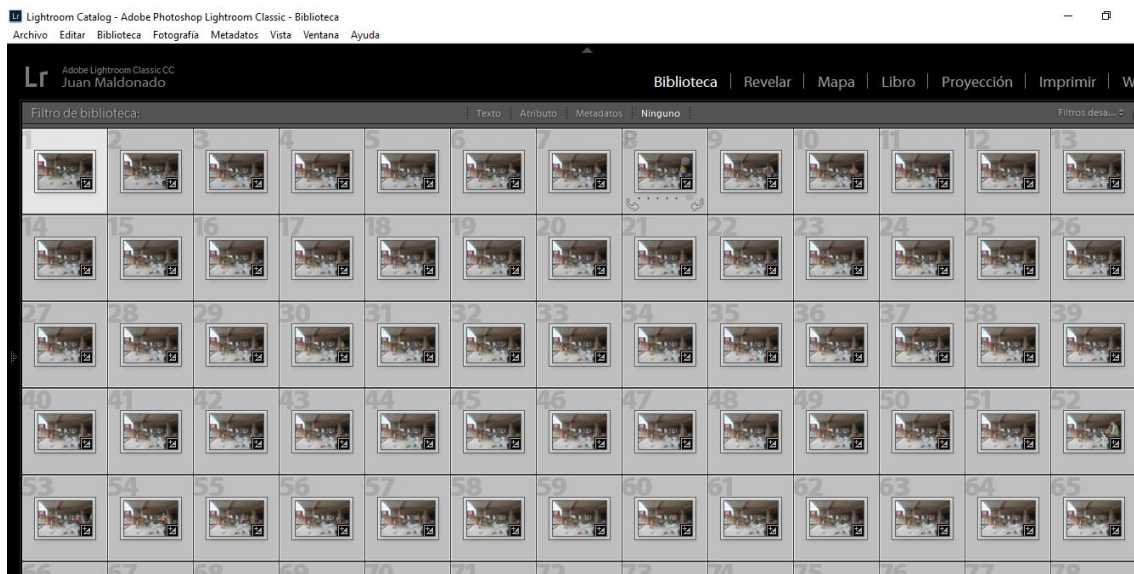


Figura 31. Imágenes importadas en Adobe Lightroom
Elaborado por: El autor

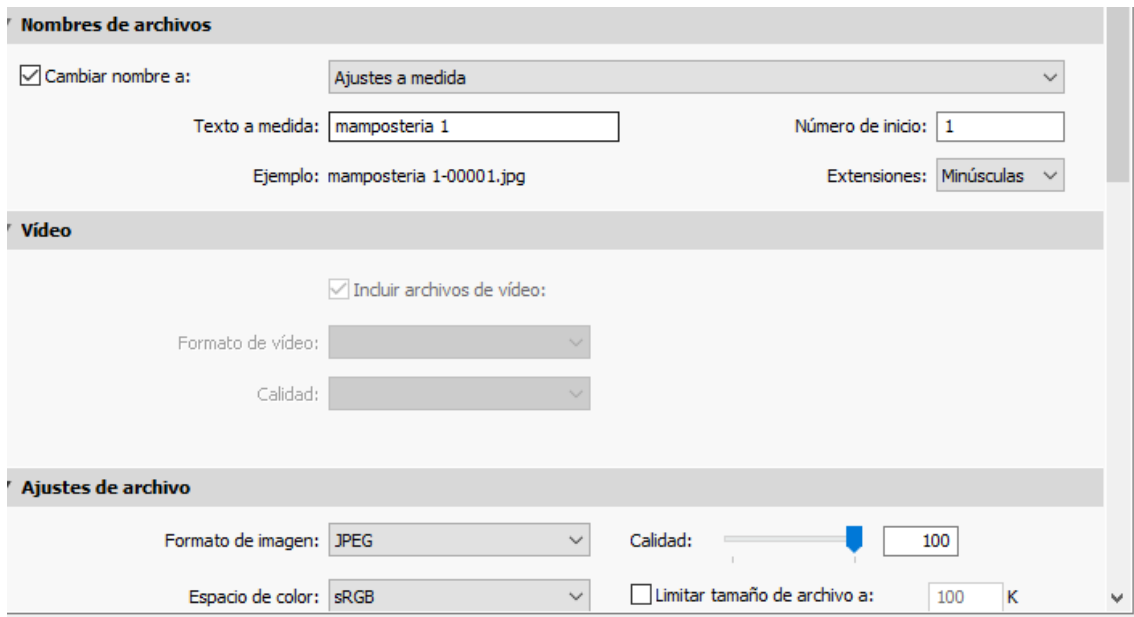


Figura 32. Formato exportación Adobe Lightroom
Elaborado por: El autor

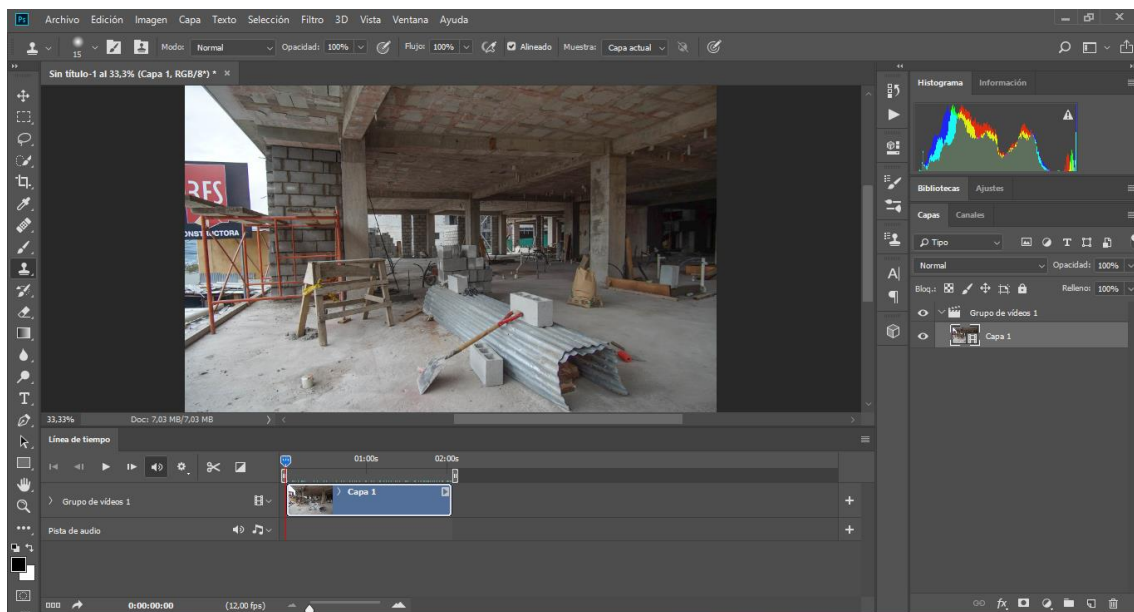


Figura 33. Espacio de trabajo video Adobe Photoshop
Elaborado por: El autor

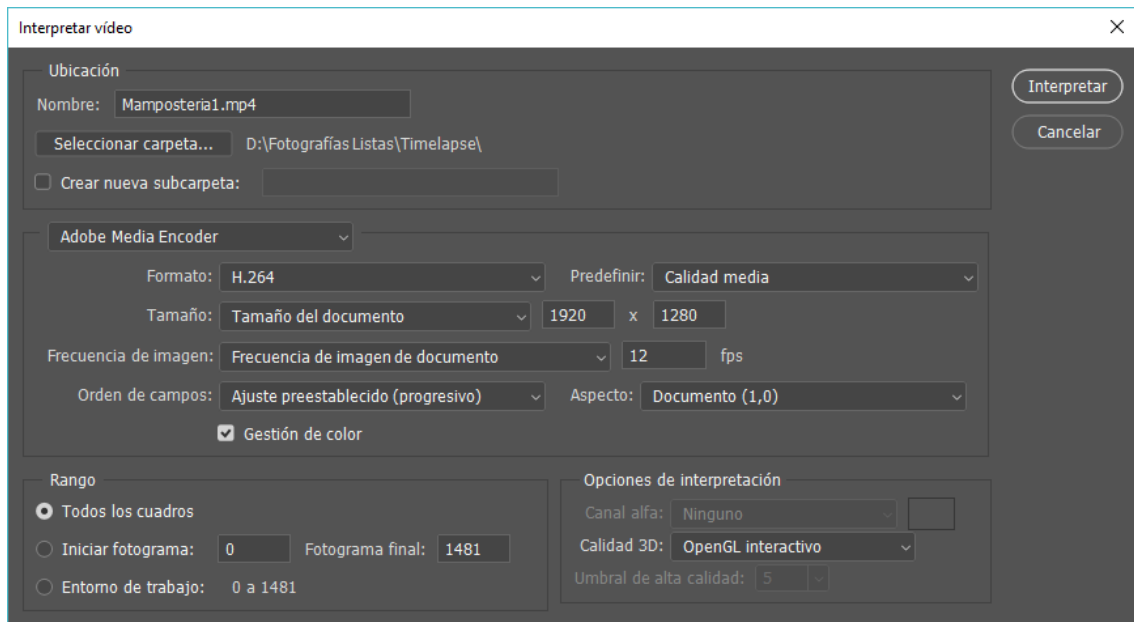


Figura 34. Exportación video de Adobe Photoshop

Elaborado por: El autor

Uno de los parámetros más importantes a la hora de renderizar o generar el video son los “frames per second” (fps) el programa Adobe Photoshop solicitará se ingrese este valor en la casilla fps, este no es más que el valor de cuadros por segundo que se reproducirá en el video siendo en nuestro caso un cuadro una fotografía, a mayor cantidad de cuadros por segundo menor duración del video, por lo que se tendrá que tomar en cuenta dicho valor para poder determinar con certeza la duración real de las diferentes actividades.

$$Duración\ real\ Actividad = fps * Intervalo * tiempo\ en\ video$$

Ecuación 4. Duración real actividades en video

Elaboración propia.

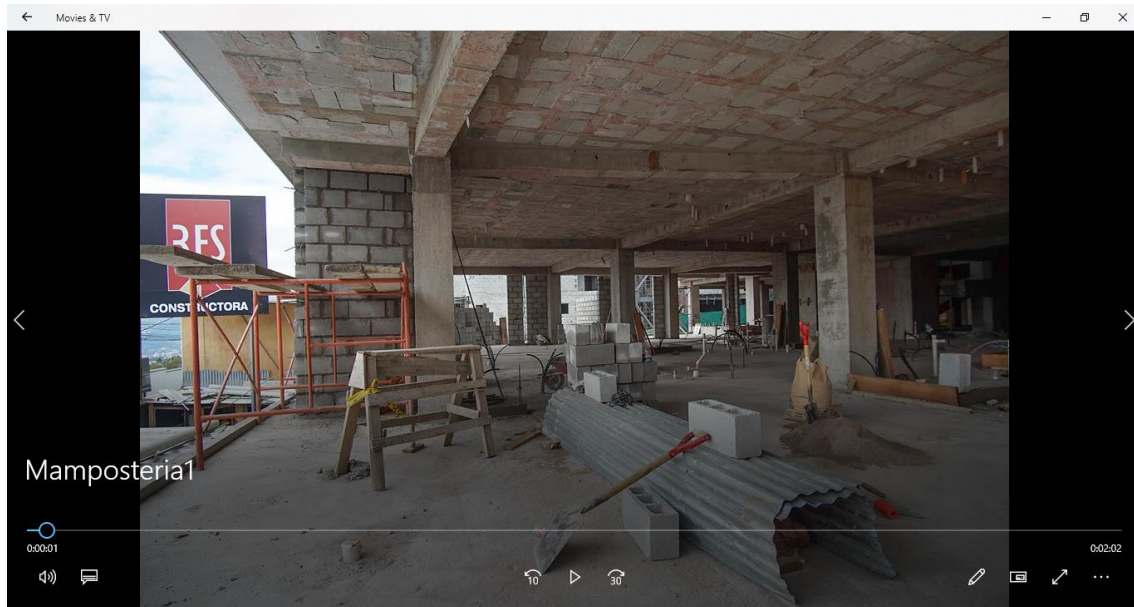


Figura 35. Video Time-Lapse final.

Elaborado por: El autor

3.8. Flujograma de trabajo

Consiste en la representación del de la técnica constructiva observada en el video Time-Lapse mediante símbolos que nos permite facilitar la comprensión del proceso, identificación secuencia de las actividades y como estas se relacionan unas con otras, son la primera etapa de análisis.

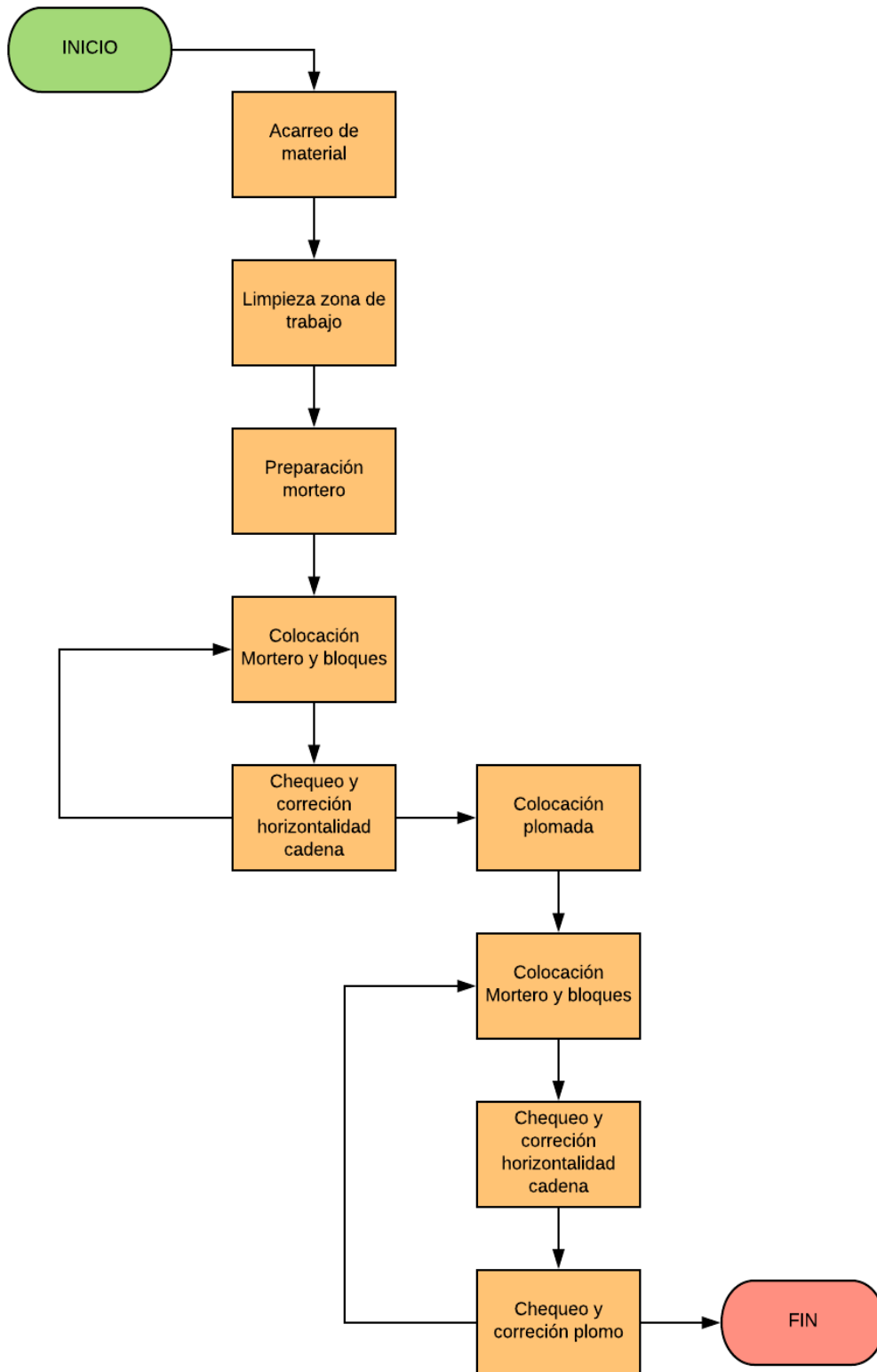


Figura 36. Flujo de trabajo observado rubro mampostería de bloque
 Elaborado por: El autor

3.9.Formatos

El formato propuesto es una adaptación al formato clásico de cartas de balance, en cual será necesario completarlo con información recopilada antes, durante y después del análisis del video Time-Lapse.

Time-Lapse Apuntes de campo			
Obra:			
Rubro:			
Fecha:		Intervalo:	
Ubicación cámara:			

Figura 37. Formato Apuntes de campo

Elaborado por: El autor

Tabla 2. Apuntes de campo rubro mampostería de bloque.

Time-Lapse Apuntes de campo			
Obra:	Proyecto Denali		
Rubro:	Mampostería de bloque		
Fecha:	27/06/2018	Intervalo:	4 s.
Ubicación cámara: Frente a la columna H1			

Elaborado por: El autor



Figura 39. Preparación mortero, tiempo productivo
Elaborado por: El autor



Figura 40. Colocación bloque, tiempo productivo
Elaborado por: El autor



Figura 41. Identificación personal: Albañil (casco blanco, chaleco tomate), Peón (casco anarillo, chaleco verde).

Elaborado por: El autor



Figura 42. Secuencia imágenes acarreo materiales, tiempo contributorio

Elaborado por: El autor



Figura 43. Distracción (charla), tiempo no contributorio
Elaborado por: El autor

3.11. Carta de Balance

Se enlista las actividades y sus respectivas duraciones observadas en el video, mediante la *Ecuación 4* se obtiene la duración real de las actividades y a continuación se las define como actividades productivas, contributorias o no contributorias.

Tabla 3. Carta de balance albañil rubro mampostería de bloque.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Mampostería de Bloque		
Obrero: Albañil	FPS= 12		Intervalo= 0:00:04	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Acarreo Cemento y Arena	0:00:05	0:04:00	TC	
No trabaja	0:00:12	0:09:36	TNC	
Mezcla arena y cemento	0:00:03	0:02:24	TP	
Acarreo cajón mezcla	0:00:01	0:00:48	TC	
No trabaja	0:00:01	0:00:48	TNC	
Transporte carga y descarga en carretilla mezcla	0:00:02	0:01:36	TC	
Acarreo agua	0:00:02	0:01:36	TC	
Preparación mortero	0:00:06	0:04:48	TP	
Preparación cadena	0:00:03	0:02:24	TC	
Limpieza zona de trabajo	0:00:01	0:00:48	TC	
Colocación mortero	0:00:01	0:00:48	TP	
No trabaja	0:00:01	0:00:48	TNC	
Colocación bloques	0:00:01	0:00:48	TP	
Acarreo codal	0:00:01	0:00:48	TC	
Chequeo y corrección horizontalidad bloques	0:00:04	0:03:12	TP	
Colocación bloques	0:00:02	0:01:36	TP	
Colocación mortero	0:00:03	0:02:24	TP	
No trabaja	0:00:01	0:00:48	TNC	
Colocación bloques	0:00:04	0:03:12	TP	
Chequeo y corrección horizontalidad bloques	0:00:01	0:00:48	TP	
No trabaja	0:00:01	0:00:48	TNC	
Acarreo escalera	0:00:01	0:00:48	TC	
Colocación plomada	0:00:13	0:10:24	TP	
Acarreo escalera	0:00:01	0:00:48	TC	
Chequeo y corrección plomo	0:00:04	0:03:12	TP	
Colocación mortero	0:00:01	0:00:48	TP	
Colocación bloques	0:00:02	0:01:36	TP	
Acarreo varillas chicotes	0:00:01	0:00:48	TC	
Instalación chicotes	0:00:05	0:04:00	TP	
Colocación mortero	0:00:01	0:00:48	TP	
Colocación bloques	0:00:02	0:01:36	TP	
Colocación mortero	0:00:01	0:00:48	TP	

Chequeo horizontalidad, plomo y correcciones	0:00:03	0:02:24	TP	
Colocación mortero	0:00:01	0:00:48	TP	
Colocación bloques	0:00:03	0:02:24	TP	
Colocación mortero	0:00:02	0:01:36	TP	
Colocación bloques	0:00:03	0:02:24	TP	
Instalación chicotes	0:00:08	0:06:24	TP	
Colocación mortero	0:00:03	0:02:24	TP	
Colocación bloques	0:00:04	0:03:12	TP	
Chequeo horizontalidad, aplomo y correcciones	0:00:01	0:00:48	TP	
Colocación mortero	0:00:03	0:02:24	TP	
Colocación bloque	0:00:02	0:01:36	TP	
Chequeo horizontalidad, aplomo y correcciones	0:00:02	0:01:36	TP	
TIEMPO TOTAL	0:02:03	1:38:24		

Elaborado por: El autor

Tabla 4. Carta de balance peón rubro mampostería de bloque

Elaborado por: El autor




En este punto se puede tomar nota de particularidades o acontecimientos importantes o relevantes que se observen en el video Time-Lapse, como incumplimiento de normas de seguridad, accidentes, malas prácticas constructivas, entre otras, ya que esta información puede recopilarse y presentarse en forma de imágenes para presentarlo a quien corresponda y se tomen las correcciones debidas. Se debe aprovechar la veracidad y prueba irrefutable que constituye una fotografía, con el objetivo de un mejoramiento continuo.

3.12. Resultados.

Los resultados que se obtuvieron del video Time-Lapse mampostería de bloque son los siguientes:




3.12.1. Resumen cartas de balance miembros de la cuadrilla

Tabla 5. Resumen carta de balance albañil rubro mampostería de bloque

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Mampostería de bloque		Obrero: Albañil	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	1:11:12	72,36	
Tiempo Contributorio (TC)	0:14:24	14,63	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:12:48	13,01	

Elaborado por: El autor

Tabla 6. Resumen carta de balance peón rubro mampostería de bloque

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Mampostería de bloque		Obrero: Peón	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:02:24	22,73	
Tiempo Contributorio (TC)	0:24:00	36,36	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:08:48	40,91	

Elaborado por: El autor

3.12.2. Nivel de actividad del cada obrero de la cuadrilla

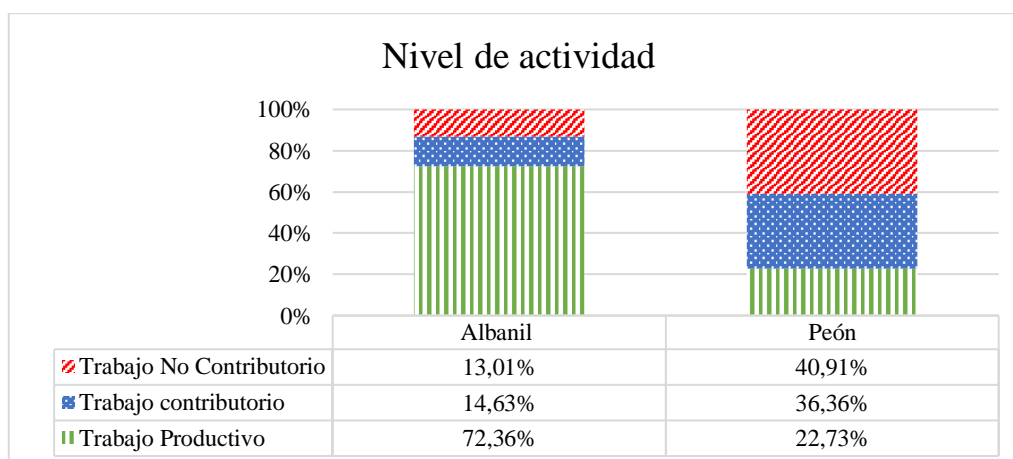


Figura 44. Nivel de actividad cuadrilla mampostería de bloque

Elaborado por: El autor

3.12.3. Distribución general trabajo de la cuadrilla

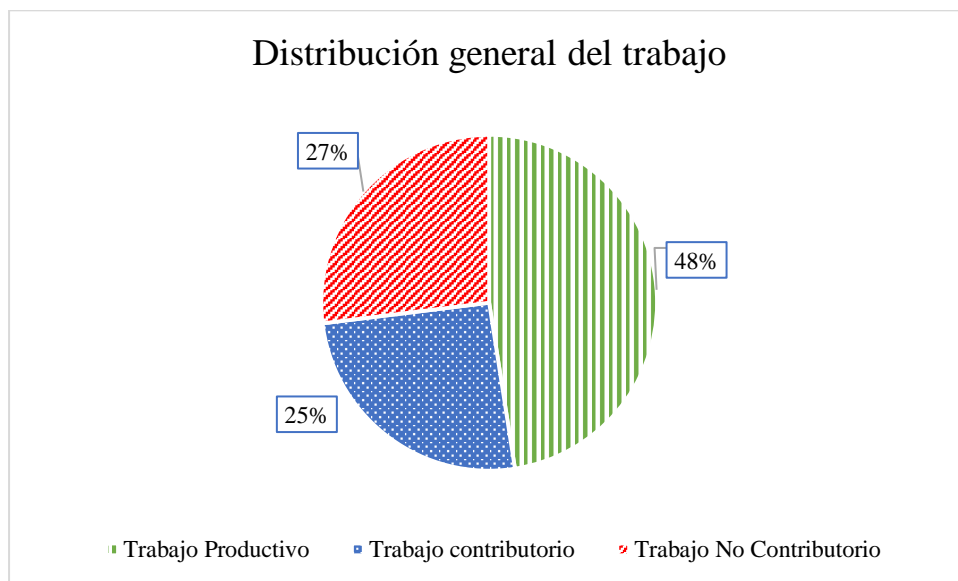


Figura 45. Distribución general del trabajo cuadrilla rubro mampostería de bloque
Elaborado por: El autor

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA TIME-LAPSE

4.1. Encofrado de madera columna rectangular

La actividad consiste en la fabricación y colocación de encofrado para columna, su sujeción mediante templadores y puntales, tomando en cuenta el plomo del encofrado y de los hierros de la armadura de la columna dejándola lista para el vaciado de hormigón.

Tabla 7. Apuntes de campo rubro encofrado de madera columna rectangular.

Time-Lapse Apuntes de campo			
Obra:	Proyecto Denali		
Rubro:	Encofrado de madera columna rectangular		
Fecha:	20/03/2018	Intervalo:	6 segundos
Ubicación cámara: 3 metros sobre el Nivel $N_{\pm 3.40}$, diagonal a la columna G4.			

Elaborado por: El autor

- **Datos generales**

Equipo utilizado: Sistema de captura de imágenes autosoportante.

Intervalo: 6 segundos.

Número de fotografías realizadas: 1545

Cuadros por segundo (fps): 12

- **Ubicación cámara**

La cámara fue ubicada a una altura de 3 metros con respecto al Nivel N±-3.40 en el cual se realizaban los trabajos (pie de columna), para su posicionamiento se tomó en cuenta:

- Posibilidad de ubicar la cámara en una posición elevada con respecto al área de trabajo para tener una apropiada visibilidad, ya que el trabajo alcanzaría una altura de 2.40 metros.
- No obstruir el paso del personal.
- Zona segura para la colocación del equipo fotográfico.

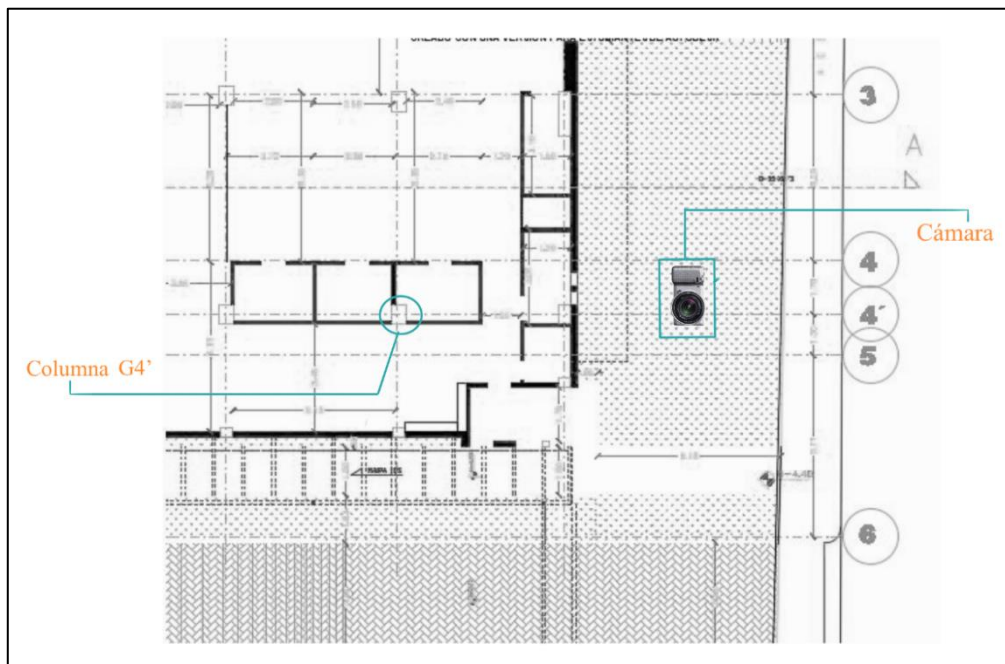


Figura 46. Referencia ubicación cámara y columna a enfocarse
Elaborado por: El autor

- **Fotografías Time-Lapse:**

Fotografía inicio de trabajos:



Figura 47. Inicio trabajos de encofrado de madera columna rectangular
Elaborado por: El autor

Secuencia de Fotografías:



Figura 48. Imágenes para Time-Lapse encofrado de madera columna rectangular
Elaborado por: El autor

Fotografía fin de trabajos:



Figura 49. Fotografía final encofrado de madera columna rectangular
Elaborado por: El autor

• **Video Time-Lapse:**

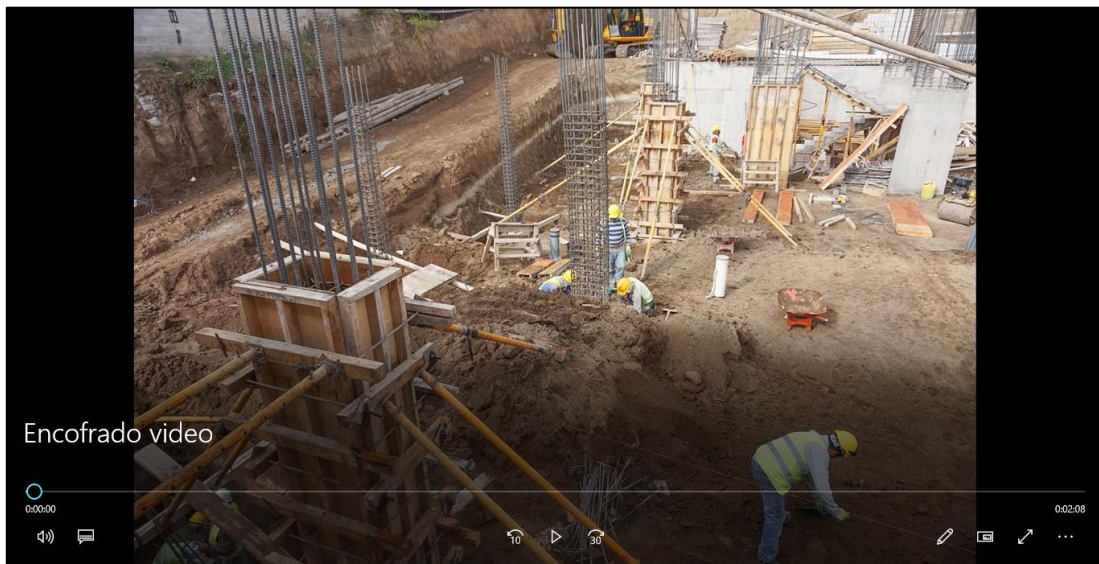


Figura 50. Video Time-Lapse encofrado de madera columna rectangular
Elaborado por: El autor

- **Flujograma de trabajo**

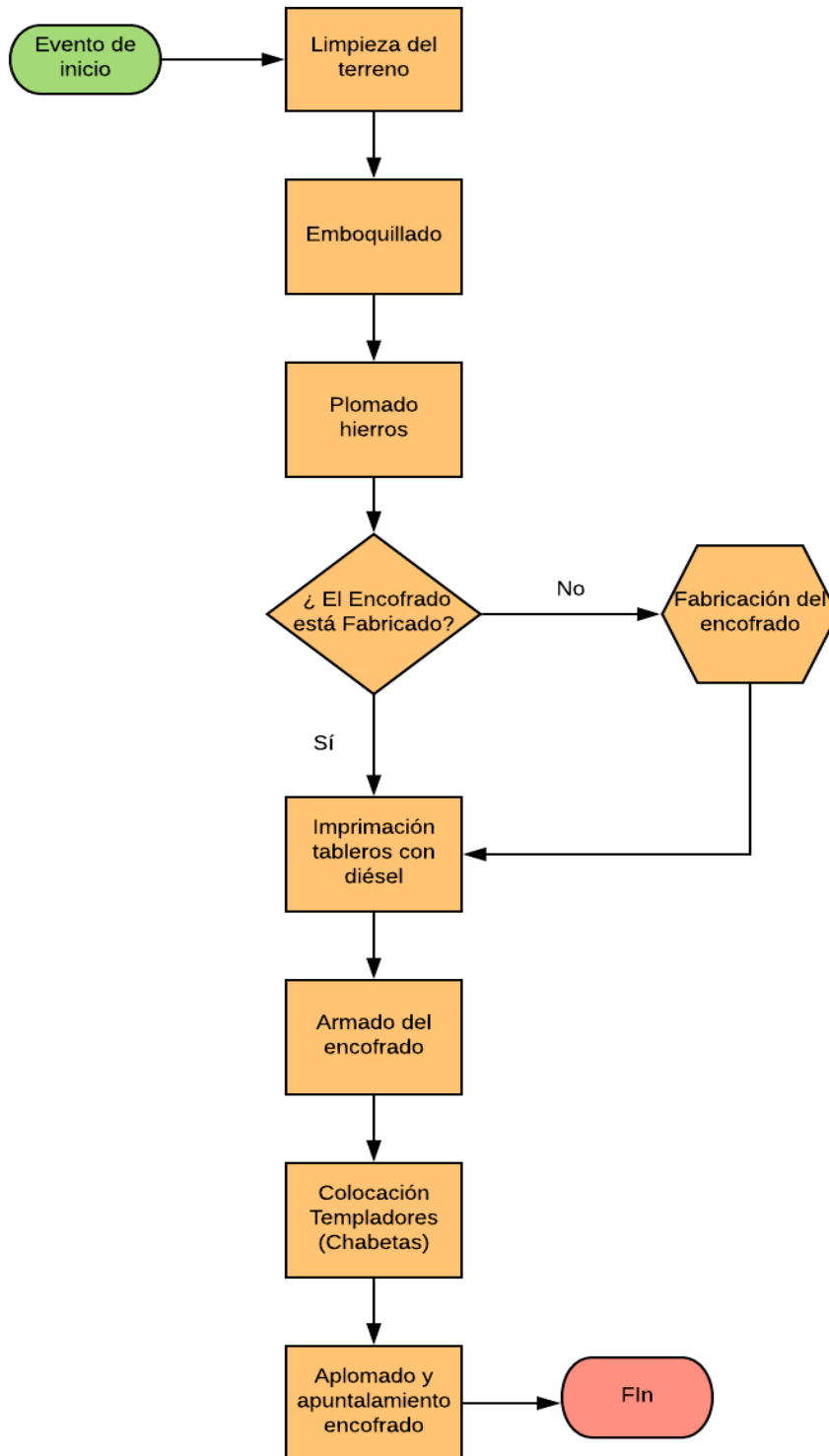








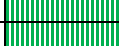













Figura 51. Flujo de trabajo observado rubro encofrado de madera columna
Elaborado por: El autor

- **Carta de Balance**

Obrero: Albañil

Tabla 8. Carta de balance albañil rubro encofrado de columnas rectangulares.









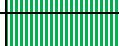



CARTA DE BALANCE		Rubro: Encofrado columna rect.		
Obrero: Albañil	FPS= 12	Intervalo= 0:00:06		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Limpieza pie de columna	0:00:01	0:01:12	TC	
Acarreo material	0:00:01	0:01:12	TC	
Limpieza pie de columna	0:00:02	0:02:24	TC	
Acarreo material	0:00:02	0:02:24	TC	
Limpieza pie de columna	0:00:02	0:02:24	TC	
Acarreo material	0:00:01	0:01:12	TC	
Emboquillado	0:00:04	0:04:48	TP	
No trabaja	0:00:03	0:03:36	TNC	
Emboquillado	0:00:03	0:03:36	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Emboquillado	0:00:02	0:02:24	TP	
Acarreo manguera	0:00:01	0:01:12	TC	
Humedecimiento de suelo	0:00:01	0:01:12	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Apoyo a carpintero	0:00:01	0:01:12	TC	
Acarreo tablero	0:00:01	0:01:12	TC	
Imprimación de tablero con diésel	0:00:01	0:01:12	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Acarreo tablero para montaje	0:00:01	0:01:12	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:01	0:01:12	TP	
Acarreo tablero	0:00:01	0:01:12	TC	
Imprimación de tablero con diésel	0:00:01	0:01:12	TP	
Acarreo tablero para montaje	0:00:01	0:01:12	TC	
Plomado de hierros	0:00:01	0:01:12	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:24	TNC	
Acarreo tablero	0:00:01	0:01:12	TC	
Imprimación de tablero con diésel	0:00:01	0:01:12	TP	
Acarreo tablero para montaje	0:00:01	0:01:12	TC	
Plomado de hierros	0:00:02	0:02:24	TP	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:02	0:02:24	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:03	0:03:36	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:24	TNC	































Chequeo, plomo y correcciones	0:00:01	0:01:12	TP	
No trabaja	0:00:03	0:03:36	TNC	
Acarreo tablero para montaje	0:00:02	0:02:24	TC	
Plomado de hierros	0:00:01	0:01:12	TP	
No trabaja	0:00:03	0:03:36	TNC	
Acarreo de material	0:00:05	0:06:00	TC	
Plomado de hierros	0:00:02	0:02:24	TP	
Colocación de templadores	0:00:03	0:03:36	TP	
Acarreo de material	0:00:03	0:03:36	TC	
Apuntalamiento de encofrado	0:00:01	0:01:12	TP	
Acarreo de material	0:00:01	0:01:12	TC	
Apuntalamiento de encofrado	0:00:01	0:01:12	TP	
No trabaja	0:00:11	0:13:12	TNC	
Acarreo material	0:00:06	0:07:12	TC	
Apuntalamiento de encofrado	0:00:05	0:06:00	TP	
Acarreo material	0:00:01	0:01:12	TC	
Apuntalamiento de encofrado	0:00:06	0:07:12	TP	
Acarreo material	0:00:02	0:02:24	TC	
Apuntalamiento de encofrado	0:00:04	0:04:48	TP	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:10	0:12:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:02:02	2:26:24		

Elaborado por: El autor

Obrero: Carpintero

Tabla 9. Carta de balance carpintero rubro encofrado de columnas rectangulares.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Encofrado columna rec.		
Obrero: Carpintero	FPS= 12	Intervalo= 0:00:06		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Limpieza pie de columna	0:00:01	0:01:12	TC	
No trabaja	0:00:08	0:09:36	TNC	
Realiza otras actividades	0:00:06	0:07:12	TNC	
Acarreo material	0:00:02	0:02:24	TC	
Preparación madera	0:00:06	0:07:12	TP	
Acarreo material	0:00:01	0:01:12	TC	
Elaboración de encofrado	0:00:02	0:02:24	TP	
Acarreo material	0:00:01	0:01:12	TC	
Elaboración de encofrado	0:00:02	0:02:24	TP	
Acarreo tablero para montaje	0:00:01	0:01:12	TP	
Elaboración de encofrado	0:00:03	0:03:36	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	

Elaboración de encofrado	0:00:03	0:03:36	TP	
Acarreo material	0:00:01	0:01:12	TC	
Elaboración de encofrado	0:00:01	0:01:12	TP	
Acarreo material	0:00:01	0:01:12	TC	
Elaboración de encofrado	0:00:04	0:04:48	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:24	TNC	
Elaboración de encofrado	0:00:02	0:02:24	TP	
Acarreo material	0:00:02	0:02:24	TC	
Elaboración de encofrado	0:00:05	0:06:00	TP	
Imprimación de tablero con diésel	0:00:01	0:01:12	TP	
Acarreo tablero para montaje	0:00:01	0:01:12	TC	
Plomado de hierros	0:00:02	0:02:24	TP	
Acarreo material	0:00:03	0:03:36	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:04	0:04:48	TP	
Acarreo material	0:00:01	0:01:12	TC	
Apoyo a peón	0:00:03	0:03:36	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Acarreo material	0:00:02	0:02:24	TC	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:02	0:02:24	TP	
No trabaja	0:00:12	0:14:24	TNC	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:01	0:01:12	TP	
Acarreo material	0:00:01	0:01:12	TC	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:11	0:13:12	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:24	TNC	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:03	0:03:36	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Acarreo material	0:00:02	0:02:24	TC	
Apuntalamiento de encofrado	0:00:03	0:03:36	TP	
Chequeo, plomo y correcciones	0:00:10	0:12:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:02:02	2:26:24		

Elaborado por: El autor

4.2. Vaciado de hormigón en columnas.

La actividad comprende el vaciado de hormigón en la columna G4, para lo cual se utilizó hormigón de 280kg/cm² transportado mediante camiones de hormigón premezclado el cual fue bombeado y vertido en la cabeza de la columna, a la par se realizaba el vibrado mediante vibrador de inmersión, así como vibrado externo.

Tabla 10. Apuntes de campo rubro vaciado de hormigón en columnas.

Time-Lapse Apuntes de campo			
Obra:	Proyecto Denali		
Rubro:	Vaciado de hormigón en columnas		
Fecha:	21/03/2018	Intervalo:	6 segundos
Ubicación cámara: 3 metros sobre el Nivel N±-3.40, diagonal a la columna G4.			

Elaborado por: El autor

- **Datos generales**

Equipo utilizado: Sistema de captura de imágenes autoportante.

Intervalo: 6 segundos.

Número de fotografías realizadas: 730

Cuadros por segundo (fps): 12

- **Ubicación cámara**

La cámara fue ubicada a una altura de 3 metros con respecto al Nivel N±-3.40 correspondiente al pie de columna, para su posicionamiento se tomó en cuenta:

- La necesidad de ubicar la cámara a una altura mayor respecto a la cabeza de la columna para poder observar correctamente los trabajos.
- Buena visibilidad de toda el área de trabajo.
- No obstruir el paso del personal.

- Zona segura para la colocación del equipo fotográfico.
-

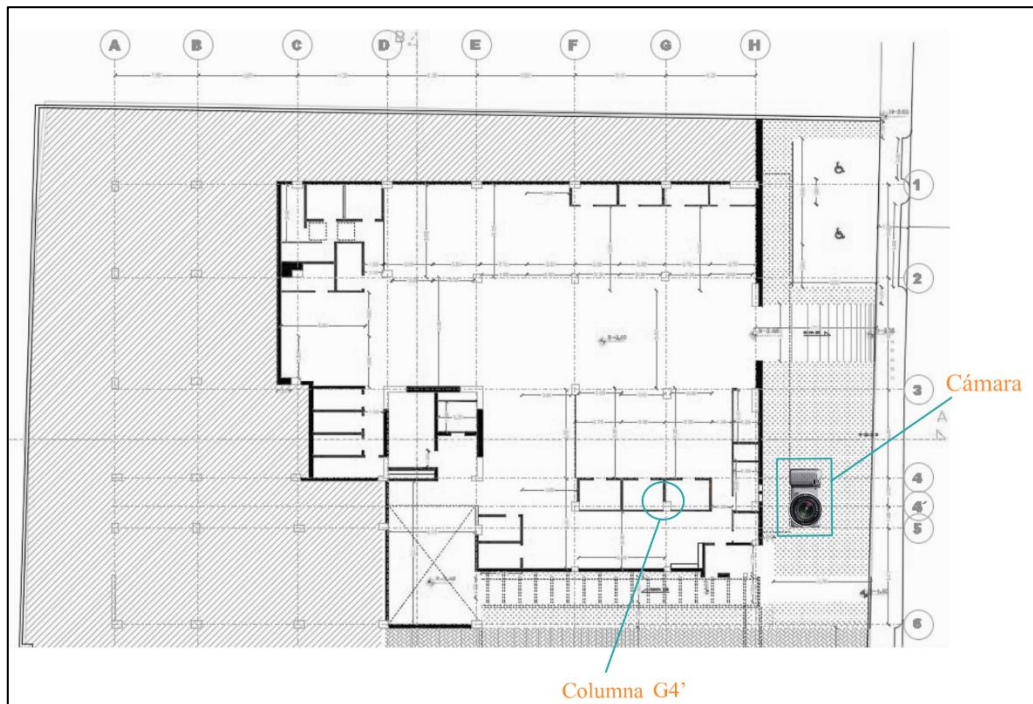


Figura 52. Referencia ubicación cámara y columna a hormigonarse
Elaborado por: El autor

- **Fotografías Time-Lapse:**

Fotografía inicio de trabajos:

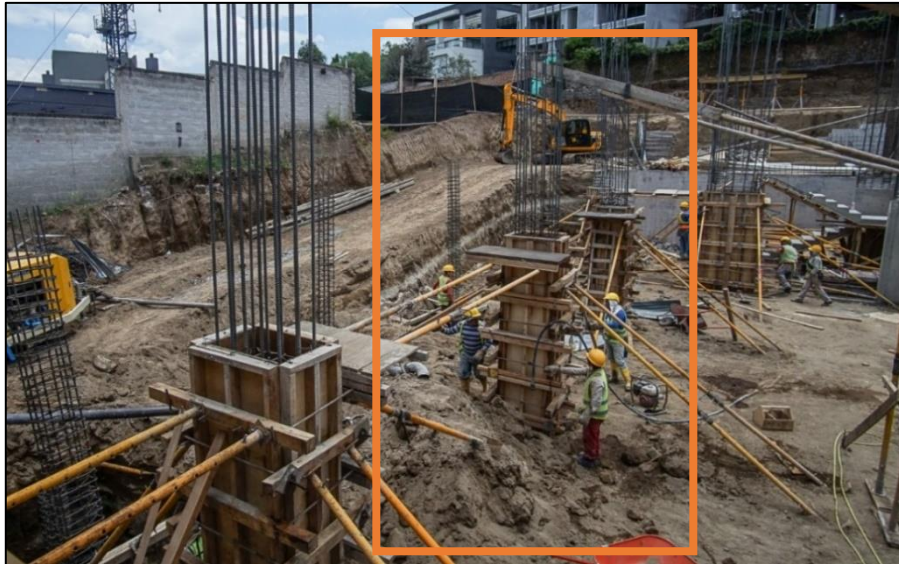


Figura 53. Inicio trabajos vaciado de hormigón en columnas

Elaborado por: El autor

Secuencia de Fotografías:

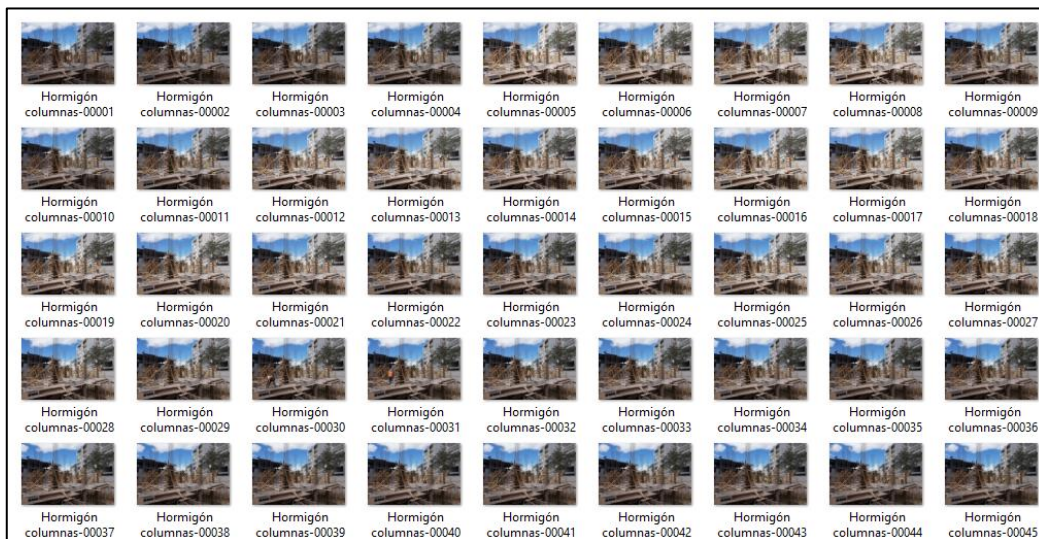


Figura 54. Imágenes para Time-Lapse vaciado de hormigón en columnas

Elaborado por: El autor

Fotografía fin de trabajos:

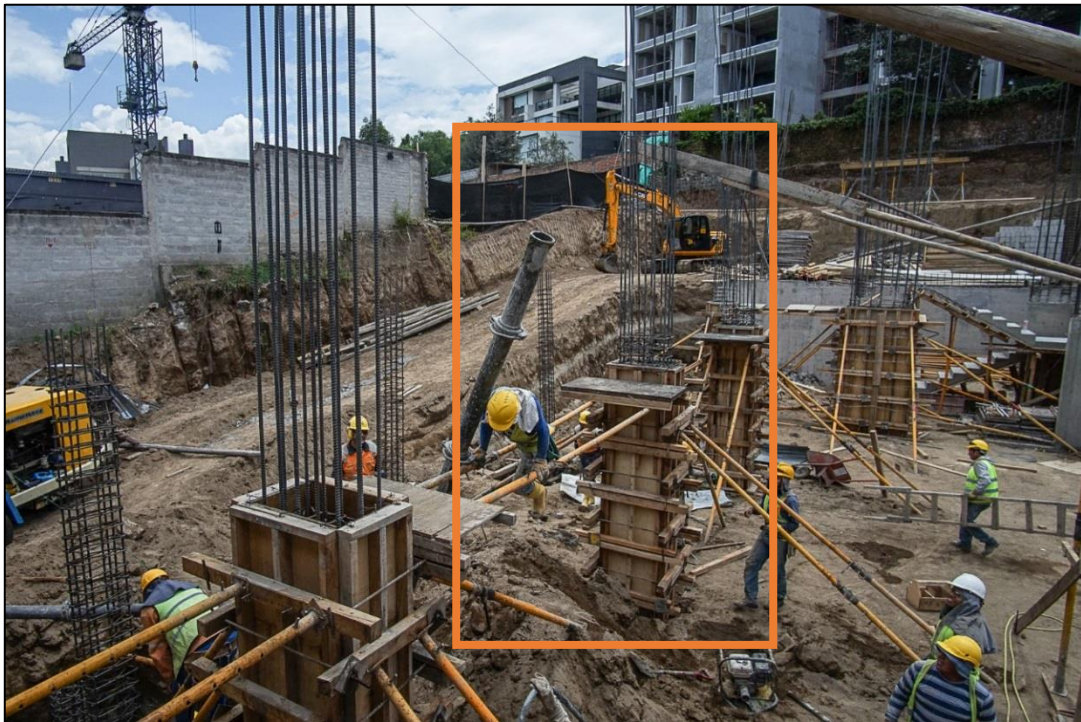


Figura 55. Fotografía final vaciado de hormigón en columnas
Elaborado por: El autor

- **Video Time-Lapse:**

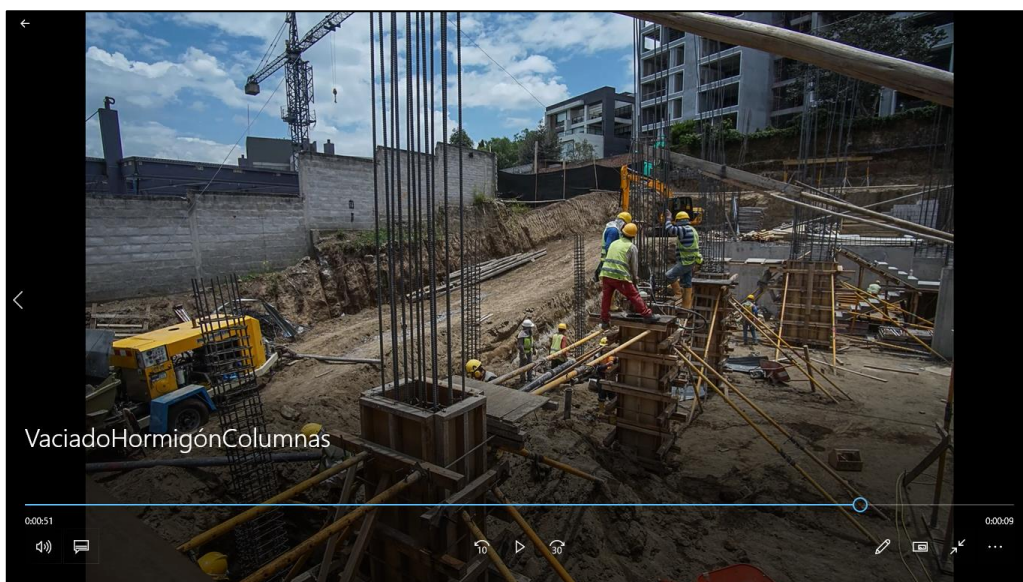


Figura 56. Video Time-Lapse vaciado de hormigón en columnas
Elaborado por: El autor.

- **Flujograma de trabajo.**

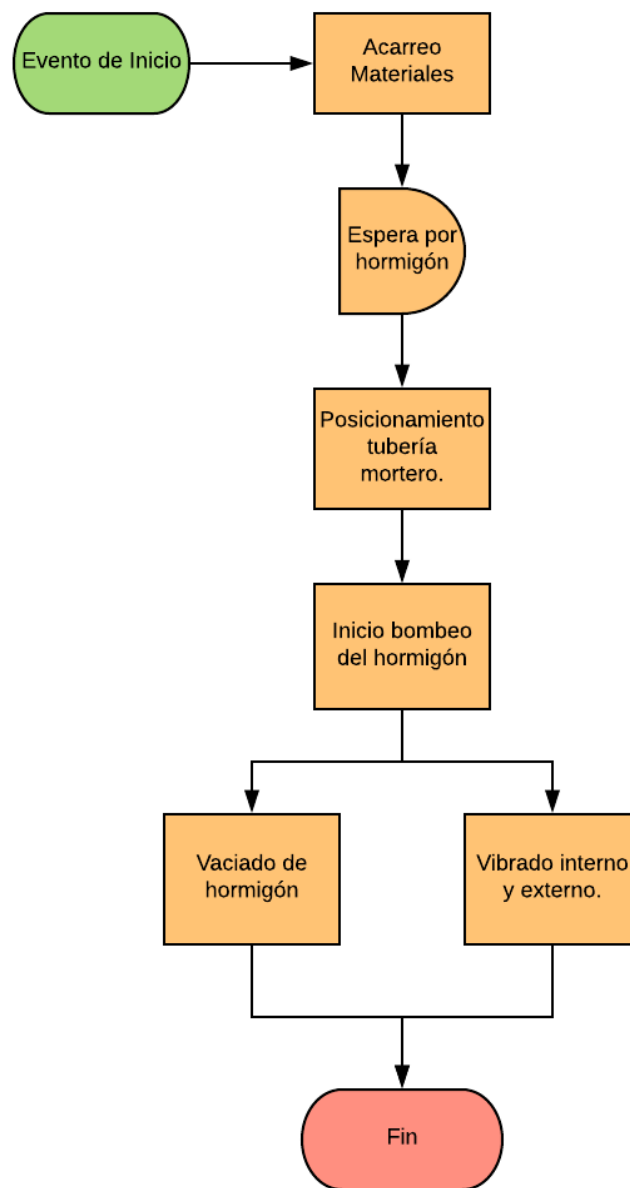







Figura 57. Flujo de trabajo observado rubro vaciado de hormigón en columna
Elaborado por: El autor

- Carta de Balance.

Obrero: Albañil







Tabla 11. Carta de balance albañil rubro vaciado de hormigón en columnas.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Vaciado hormigón columna		
Obrero: Peón 1	FPS= 12	Intervalo= 0:00:06		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Acarreo vibrador	0:00:02	0:02:24	TC	
Llegada al lugar de trabajo	0:00:01	0:01:12	TC	
Posicionamiento tubería	0:00:02	0:02:24	TC	
Vaciado de hormigón	0:00:05	0:06:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
TIEMPO TOTAL	0:00:11	0:13:12		

Elaborado por: El autor

Obrero: Peón 1






Tabla 12. Carta de balance peón 1 rubro vaciado de hormigón en columnas.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Vaciado hormigón columna		
Obrero: Peón 1	FPS= 12	Intervalo= 0:00:06		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Acarreo manguera de vibrador	0:00:02	0:02:24	TC	
Llegada al lugar de trabajo	0:00:02	0:02:24	TC	
No trabaja	0:00:02	0:02:24	TNC	
Apoyo a albañil	0:00:04	0:04:48	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Acarreo vibrador	0:00:01	0:01:12	TC	
TIEMPO TOTAL	0:00:12	0:14:24		

Elaborado por: El autor

Obrero: Peón 2




Tabla 13. Carta de balance peón 2 rubro vaciado de hormigón en columnas.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Vaciado hormigón columna		
Obrero: Peón 2	FPS= 12	Intervalo= 0:00:06		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
No trabaja	0:00:01	0:01:12	TNC	
Llegada al lugar de trabajo	0:00:01	0:01:12	TC	
Acarreo vibrador	0:00:02	0:02:24	TC	
No trabaja	0:00:03	0:03:36	TNC	
Vibrado Interno	0:00:04	0:04:48	TP	
TIEMPO TOTAL	0:00:11	0:13:12		

Elaborado por: El autor

Obrero: Peón 3

Tabla 14. Carta de balance peón 3 rubro vaciado de hormigón en columnas.

CARTA DE BALANCE				
Obrero: Peón 3	FPS= 12	Intervalo= 0:00:06		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Realiza otras actividades	0:00:06	0:07:12	TNC	
Transporte de material	0:00:01	0:01:12	TC	
Vibrado externo	0:00:03	0:03:36	TP	
TIEMPO TOTAL	0:00:10	0:12:00		

Elaborado por: El autor

4.3. Cerramiento de bloque

La actividad analizada consiste en la realización de un muro de mampostería de bloque para la división de dos propiedades, para lo cual se comienza transportando los materiales hasta la zona de trabajo, posteriormente se prepara el mortero y se colocan los bloques verificando el plomo y nivel. En las imágenes se puede observar dos cuadrillas trabajando, cada una de ellas conformada por un albañil y un peón la cuadrilla que se analizó fue la de la zona derecha.

Tabla 15. Apuntes de campo rubro cerramiento de bloque.

Time-Lapse Apuntes de campo			
Obra:	Proyecto Denali		
Rubro:	Cerramiento de bloque.		
Fecha:	03/09/2018	Intervalo:	6 segundos
Ubicación cámara: Piso 5 entre ejes A3 y B3, muro mampostería ubicado en el piso 3.			

Elaborado por: El autor

- **Datos generales.**

Equipo utilizado: Sistema de captura de imágenes de fijación.

Intervalo: 5 segundos.

Número de fotografías realizadas: 1835

Cuadros por segundo (fps): 12

- **Ubicación cámara**

La cámara fue ubicada en el piso 5 dos pisos sobre la zona de trabajo (piso 3), para su ubicación se tomó en cuenta los siguientes puntos:

- Garantizar la observación correcta de recurso mediante una posición elevada.
- Evitar que el propio personal obstaculice la visibilidad de la cámara.
- Zona segura para la colocación del equipo fotográfico.

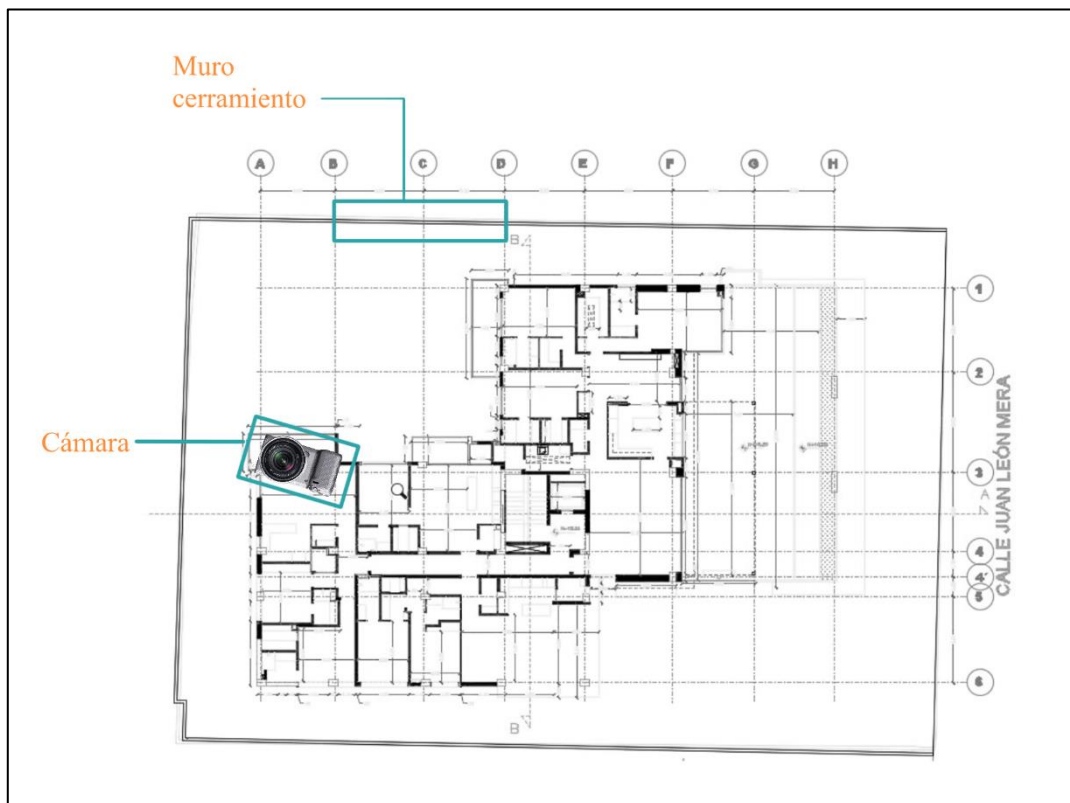


Figura 58. Referencia ubicación cámara y muro de cerramiento

Elaborado por: El autor

- **Fotografías Time-Lapse:**

Fotografía inicio de trabajos:



Figura 59. Inicio trabajos cerramiento de bloque

Elaborado por: El autor

Secuencia de Fotografías:

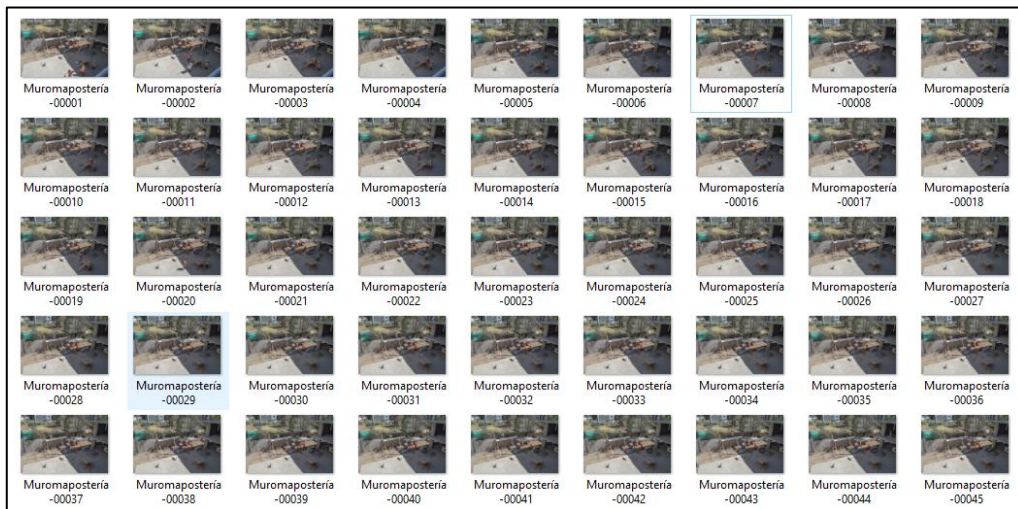


Figura 60. Imágenes para Time-Lapse cerramiento de bloque

Elaborado por: El autor

Fotografía fin de trabajos:



Figura 61. Fotografía final cerramiento de bloque

Elaborado por: El autor

- **Video Time-Lapse:**

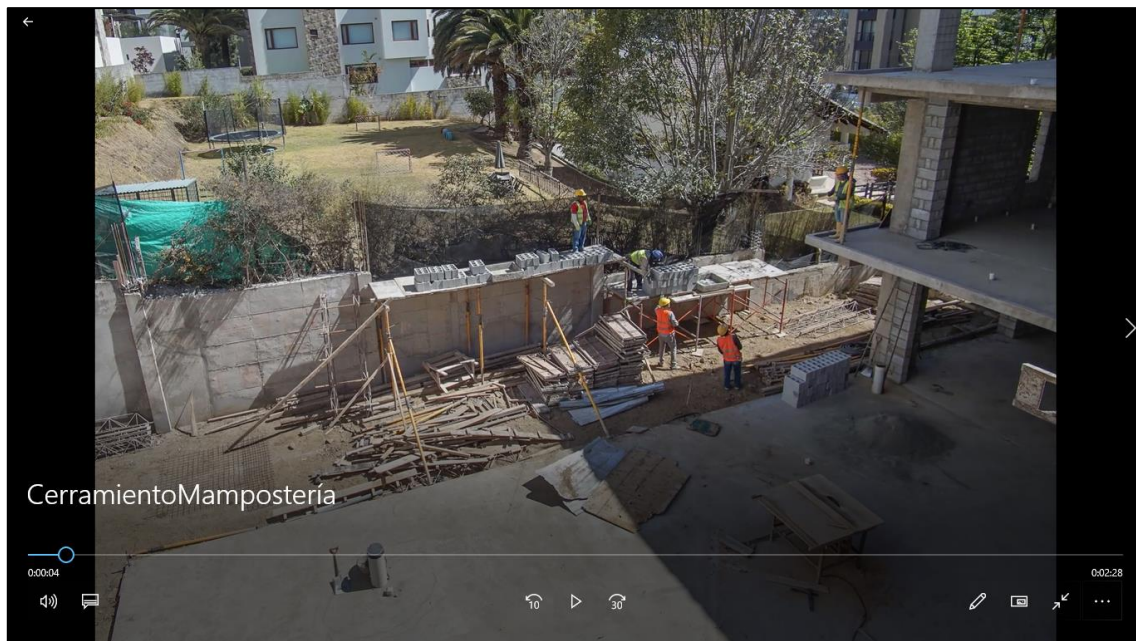


Figura 62. Video Time-Lapse cerramiento de bloque

Elaborado por: El autor

- **Flujograma de trabajo.**

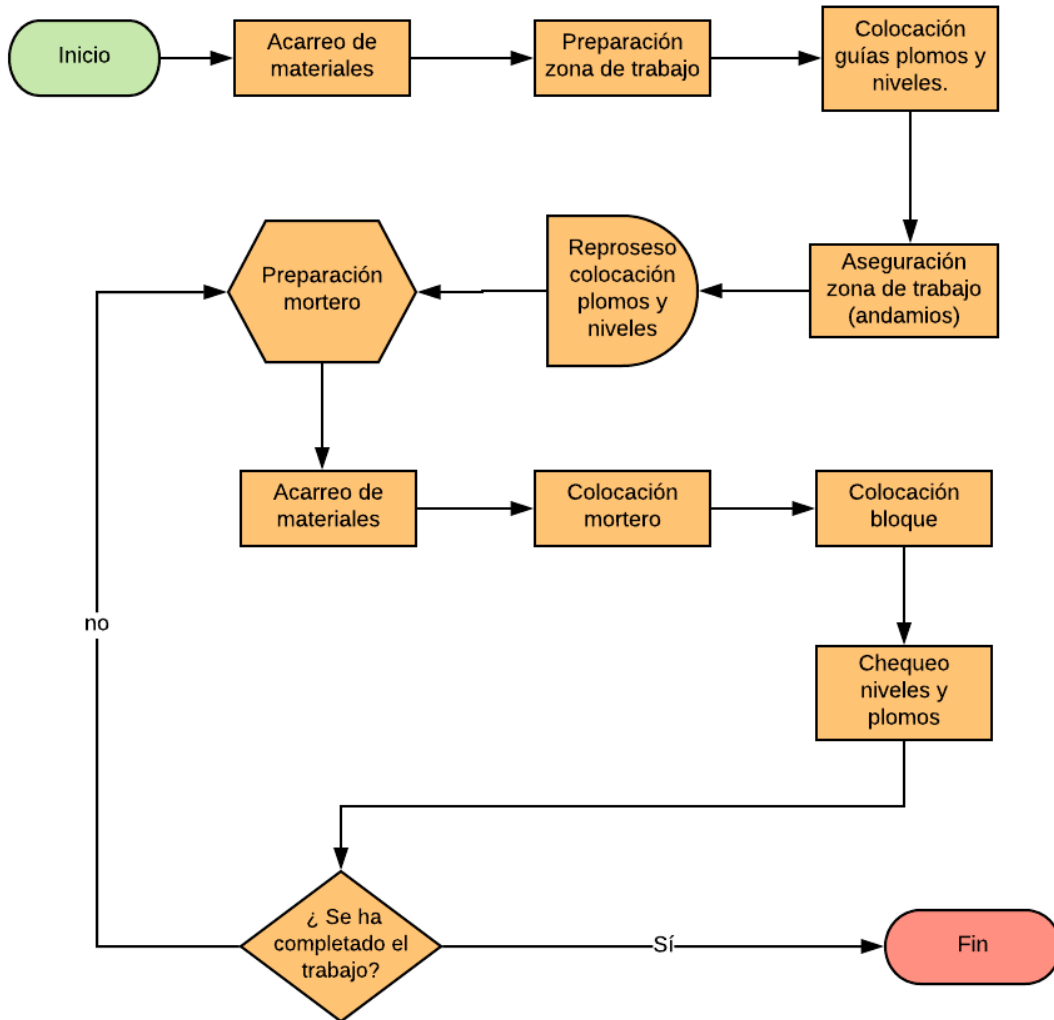


Figura 63. Flujo de trabajo observado rubro cerramiento de bloque

Elaborado por: El autor

- Carta de Balance.

Obrero: Albañil

Tabla 16. Carta de balance albañil rubro cerramiento de bloque

CARTA DE BALANCE		Rubro: Cerramiento de bloque		
Obrero: Albañil	FPS= 12	Intervalo= 0:00:05		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Acarreo bloques	0:00:09	0:09:00	TC	
Preparación zona de trabajo	0:00:02	0:02:00	TC	
No trabaja (espera por material)	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo materiales	0:00:06	0:06:00	TC	
No trabaja	0:00:04	0:04:00	TNC	
Preparación zona de trabajo	0:00:06	0:06:00	TC	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Preparación zona de trabajo	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TC	
Colocación guías plomos y niveles	0:00:13	0:13:00	TP	
No trabaja	0:00:12	0:12:00	TNC	
Aseguración zona de trabajo	0:00:04	0:04:00	TC	
Recolocación guías plomos y niveles (reproceso)	0:00:06	0:06:00	TNC	
Acarreo materiales	0:00:02	0:02:00	TC	
Preparación mortero	0:00:02	0:02:00	TP	
Colocación mortero y bloques	0:00:04	0:04:00	TP	
Chequeo plomos y niveles	0:00:02	0:02:00	TP	
Colocación mortero y bloques	0:00:17	0:17:00	TP	
	TIEMPO TOTAL	0:01:34	1:34:00	

Elaborado por: El autor

Obrero: Peón

Tabla 17. Carta de balance peón rubro cerramiento de bloque

CARTA DE BALANCE		Rubro: Cerramiento de bloque		
Obrero: Peón	FPS= 12		Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Acarreo bloques	0:00:09	0:09:00	TC	
Acarreo arena	0:00:04	0:04:00	TC	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Aseguración zona de trabajo	0:00:07	0:07:00	TC	
Acarreo materiales	0:00:02	0:02:00	TC	
No trabaja	0:00:08	0:08:00	TNC	
Colocación guías plomos y niveles	0:00:14	0:14:00	TP	
No trabaja	0:00:11	0:11:00	TNC	
Acarreo materiales	0:00:01	0:01:00	TC	
Aseguración zona de trabajo	0:00:05	0:05:00	TC	
Recolocación guías plomos y niveles	0:00:04	0:04:00	TNC	
Limpieza zona de trabajo	0:00:03	0:03:00	TC	
Realiza otras actividades	0:00:03	0:03:00	TC	
Colocación guías plomos y niveles	0:00:01	0:01:00	TP	
Acarreo materiales	0:00:20	0:20:00	TC	
TIEMPO TOTAL		0:01:34	1:34:00	

Elaborado por: El autor

4.4. Fundición losa colaborante (Steel deck).

La operación de fundición de la losa colaborante empezó con la revisión de los hierros (conectores de corte, malla de retracción), el hormigón premezclado era transportado por camiones de hormigón para luego ser bombeado a través de tubería, mientras el personal realizaba las tareas de operar y reubicar la tubería, barrido del hormigón, vibrado y nivelación con codal.

Tabla 18. Apuntes de campo rubro fundición losa colaborante.

Time-Lapse Apuntes de campo			
Obra:	Proyecto Manarola		
Rubro:	Fundición losa colaborante		
Fecha:	24/07/2018	Intervalo:	5 segundos
Ubicación cámara: 6 metros sobre el Nivel N±0.00 en el edificio contiguo Denali.			

Elaborado por: El autor

- **Datos generales.**

Equipo utilizado: Sistema de captura de imágenes autoportante.

Intervalo: 5 segundos.

Número de fotografías realizadas: 1397

Cuadros por segundo (fps): 12

- **Ubicación cámara.**

La cámara fue ubicada a una altura de 6 metros con respecto al Nivel N±0.00 en el edificio contiguo, para su posicionamiento se tomó en cuenta:

- La extensión de la zona de trabajo, y la necesidad de poder observarla completa.
- Visibilidad de los camiones de hormigón para determinar posibles retrasos por falta de material.
- Nula posibilidad de obstrucción de visibilidad por trabajos aledaños.

- Zona segura para la colocación del equipo fotográfico.

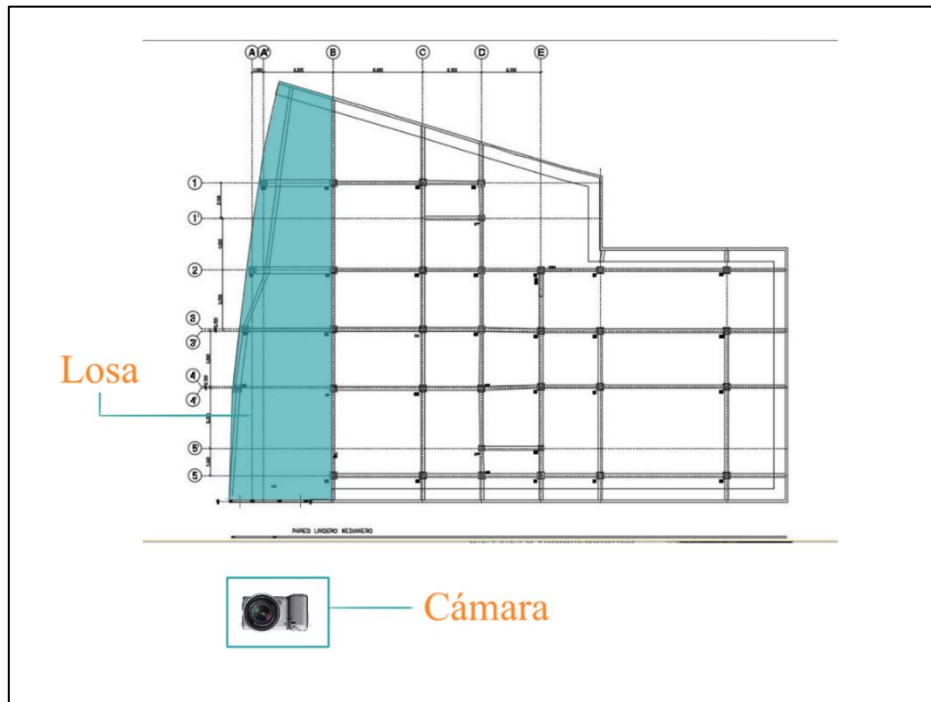


Figura 64. Referencia ubicación cámara losa en estudio.

Elaborado por: El autor

- **Fotografías Time-Lapse:**

Fotografía inicio de trabajos:



Figura 65. Inicio trabajos fundición losa colaborante
Elaborado por: El autor

- **Secuencia de Fotografías:**

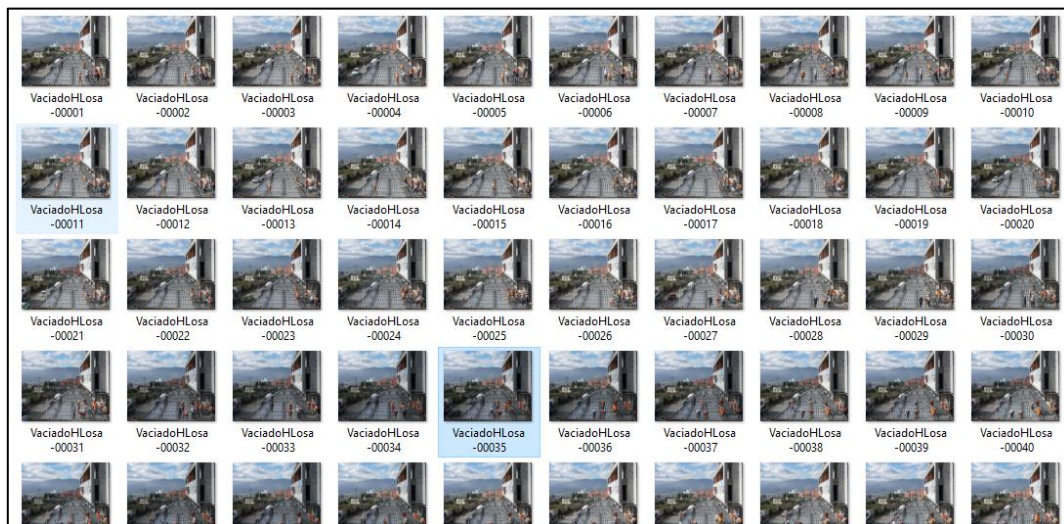


Figura 66. Imágenes para Time-Lapse fundición losa colaborante
Elaborado por: El autor

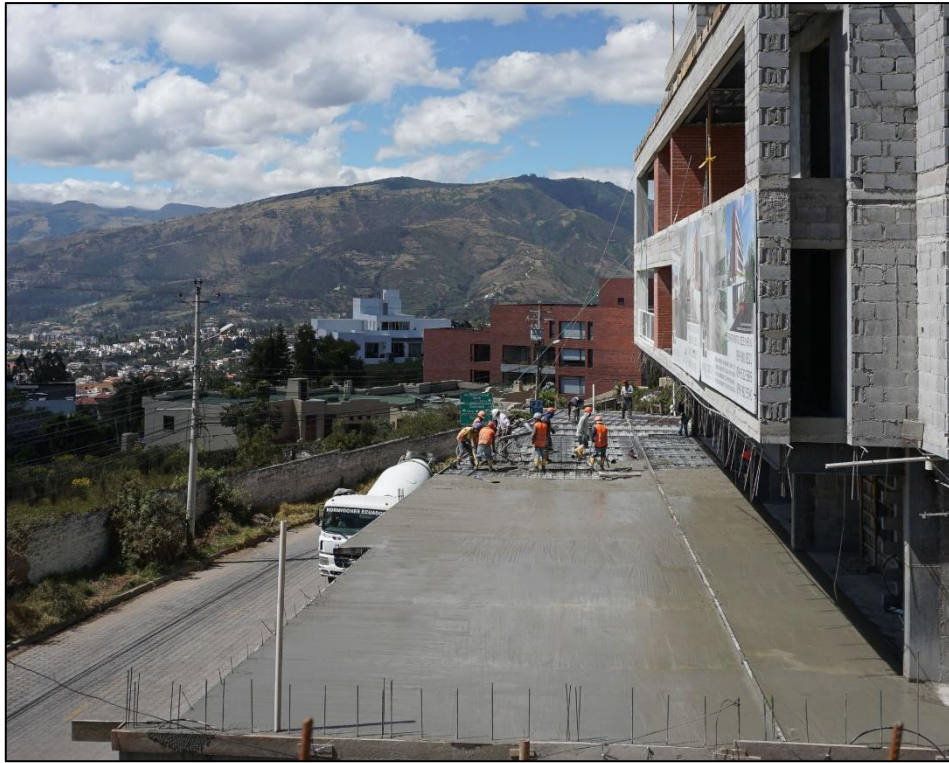


Figura 67. Fin de trabajos fundición losa colaborante
Elaborado por: El autor

- **Video Time-Lapse:**

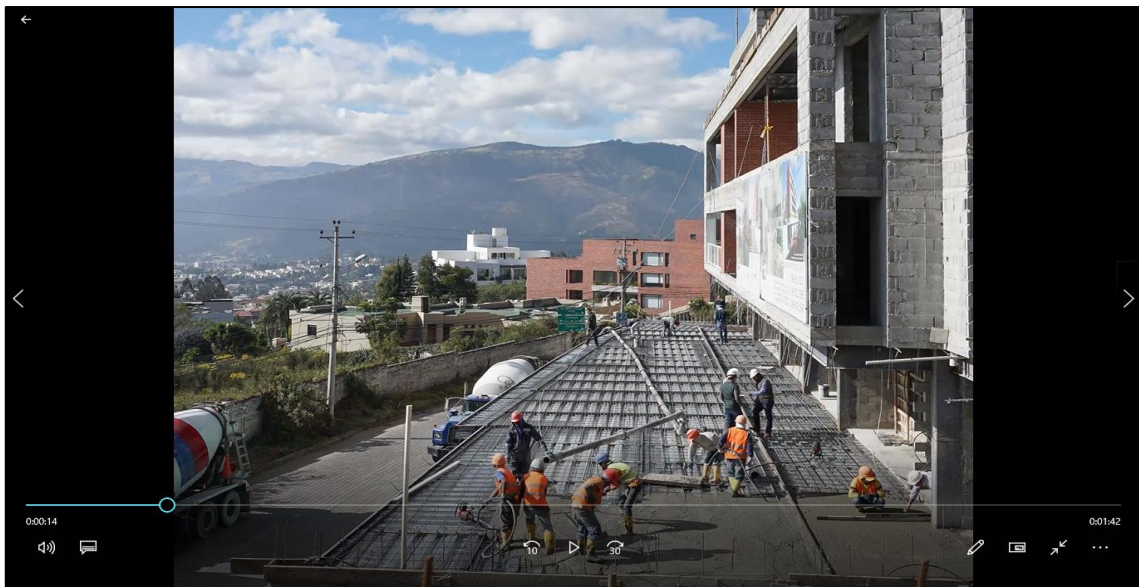


Figura 68. Video Time-Lapse fundición losa colaborante
Elaborado por: El autor

- Flujograma de trabajo.

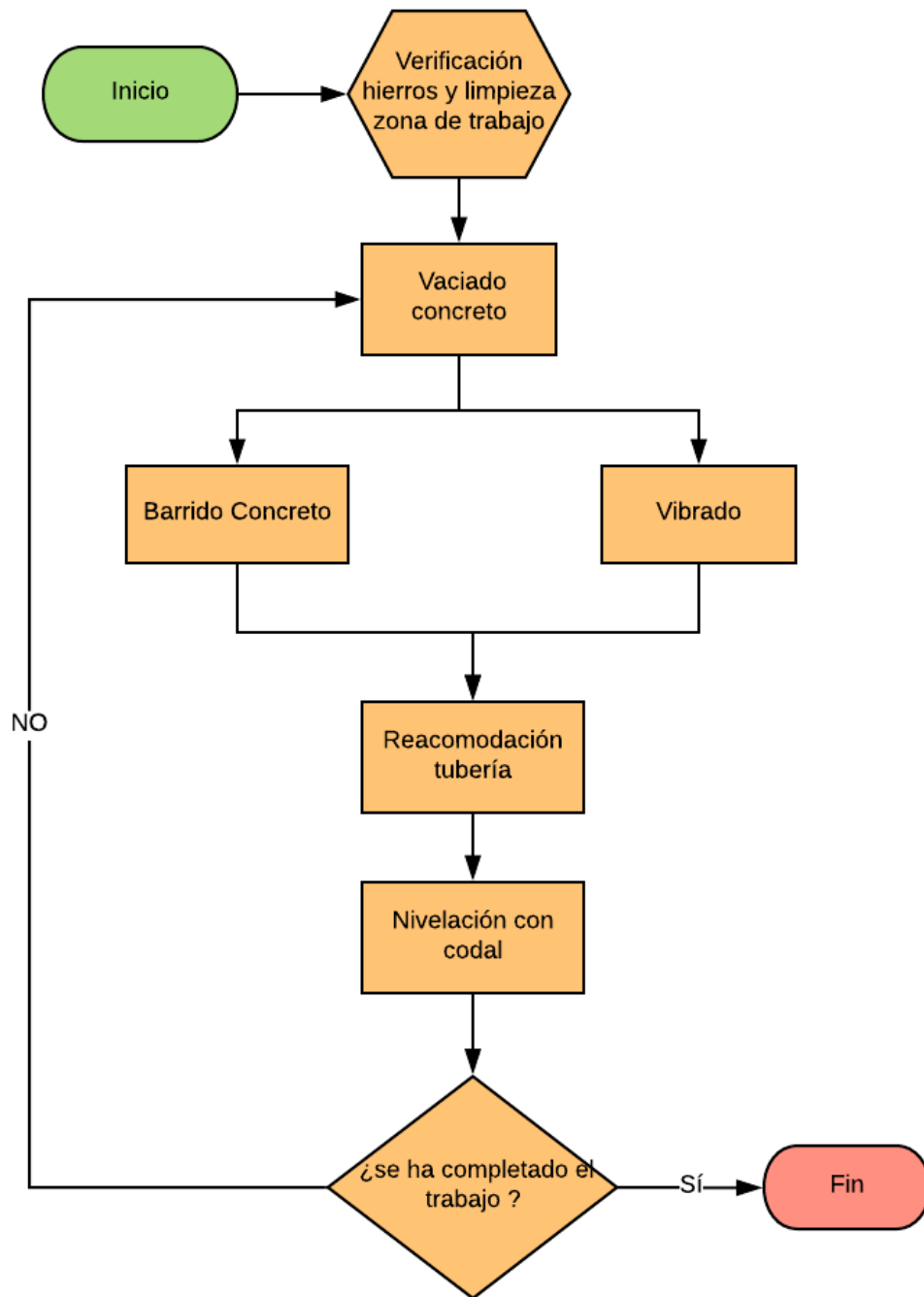


Figura 69. Flujo de trabajo observado rubro mampostería de bloque
Elaborado por: El autor

- **Carta de Balance.**

Obrero: Maestro Mayor




















Tabla 19. Carta de balance maestro mayor rubro fundición losa colaborante.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Fundición losa		
Obrero: Maestro Mayor	FPS= 12	Intervalo= 0:00:05		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Instrucciones generales	0:00:02	0:02:00	TC	
Revisión hierros	0:00:03	0:03:00	TC	
Instrucciones	0:00:01	0:01:00	TC	
Supervisión	0:00:05	0:05:00	TC	
Chequeo nivel horizontal	0:00:04	0:04:00	TP	
Supervisión	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Chequeo nivel horizontal	0:00:01	0:01:00	TP	
Supervisión	0:00:04	0:04:00	TC	
No trabaja, espera por concreto	0:00:10	0:10:00	TNC	
Supervisión	0:00:04	0:04:00	TC	
Indicaciones	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Supervisión	0:00:07	0:07:00	TC	
No trabaja	0:00:07	0:07:00	TNC	
Supervisión	0:00:03	0:03:00	TC	
Chequeo nivel horizontal	0:00:05	0:05:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:01:00	1:00:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Vibrador 1





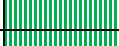
















Tabla 20. Carta de balance vibrador 1 rubro fundición losa colaborante.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Fundición losa		
Obrero: Vibrador 1	FPS= 12		Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Revisión hierros	0:00:03	0:03:00	TC	
Acarreo Vibrador	0:00:02	0:02:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo Vibrador	0:00:01	0:01:00	TC	
Vibrado hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
Apoyo acomodo tubería	0:00:01	0:01:00	TC	
Vibrado hormigón	0:00:04	0:04:00	TP	
Realiza otras actividades	0:00:05	0:05:00	TC	
No trabaja (espera por hormigón)	0:00:12	0:12:00	TNC	
Vibrado hormigón	0:00:04	0:04:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Realiza otras actividades	0:00:05	0:05:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:02	0:02:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Vibrado hormigón	0:00:10	0:10:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:03	0:03:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:01:00	1:00:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Vibrador 2




















Tabla 21. Carta de balance vibrador 2 rubro fundición losa colaborante

CARTA DE BALANCE		Rubro: Fundición losa		
Obrero: Vibrador 2	FPS= 12		Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
No trabaja (espera por materiales)	0:00:05	0:05:00	TNC	
Vibrado hormigón	0:00:05	0:05:00	TP	
Apoyo acomodo tubería	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
Vibrado hormigón	0:00:03	0:03:00	TP	
No trabaja	0:00:06	0:06:00	TNC	
Reubicación vibrador	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja (espera por materiales)	0:00:09	0:09:00	TNC	
Vibrado hormigón	0:00:05	0:05:00	TP	
Reubicación vibrador	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:03	0:03:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:03	0:03:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Vibrado hormigón	0:00:06	0:06:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Vibrado hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
Realiza otras actividades	0:00:03	0:03:00	TC	
Barrido hormigón	0:00:02	0:02:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:01:00	1:00:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Palero 1












Tabla 22. Carta de balance palero 1 rubro fundición losa colaborante

CARTA DE BALANCE		Rubro: Fundición losa		
Obrero: Palero 1	FPS= 12	Intervalo= 0:00:05		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
No trabaja (espera por material)	0:00:05	0:05:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:02	0:02:00	TP	
Apoyo acomodo tubería	0:00:02	0:02:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:09	0:09:00	TP	
No trabaja (espera por material)	0:00:12	0:12:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:08	0:08:00	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Realiza otras actividades	0:00:02	0:02:00	TC	
Acarreo materiales	0:00:02	0:02:00	TC	
Barrido hormigón	0:00:07	0:07:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Chequeo altura hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Chequeo altura hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Chequeo altura hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:01:00	1:00:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Peón (Palero2)







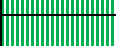







Tabla 23. Carta de balance palero 2 rubro fundición losa colaborante





CARTA DE BALANCE		Rubro: Fundición losa		
Obrero: palero 2	FPS= 12		Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
No trabaja (espera por material)	0:00:05	0:05:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:10	0:10:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja (espera por material)	0:00:15	0:15:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:05	0:05:00	TP	
No trabaja	0:00:06	0:06:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:09	0:09:00	TP	
Realiza otras actividades	0:00:03	0:03:00	TC	
Barrido hormigón	0:00:04	0:04:00	TP	
Chequeo espesor hormigón	0:00:01	0:01:00	TNC	
TIEMPO TOTAL	0:01:00	1:00:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Palero 3

Tabla 24. Carta de balance palero 3 rubro fundición losa colaborante










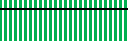
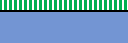





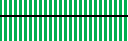

CARTA DE BALANCE		Rubro: Fundición losa		
Obrero: palero 3	FPS= 12		Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Desplazamiento a zona de trabajo	0:00:02	0:02:00	TC	
No trabaja	0:00:04	0:04:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:02	0:02:00	TC	
Apoyo otras actividades	0:00:01	0:01:00	TC	
Barrido hormigón	0:00:07	0:07:00	TP	
No trabaja	0:00:16	0:16:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:06	0:06:00	TP	
Nivelado con codal	0:00:05	0:05:00	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Barrido hormigón	0:00:02	0:02:00	TP	
Apoyo otras actividades	0:00:01	0:01:00	TC	
Acarrero materiales	0:00:01	0:01:00	TC	
Realiza otras actividades	0:00:01	0:01:00	TC	
Barrido hormigón	0:00:03	0:03:00	TP	

Apoyo acomodo tubería	0:00:01	0:01:00	TC	
Chequeo espesor hormigón	0:00:02	0:02:00	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Chequeo espesor hormigón	0:00:02	0:02:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:01:00	1:00:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Reglero 1





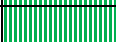





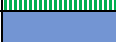






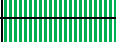
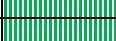
Tabla 25. Carta de balance reglero 1 rubro fundición losa colaborante

CARTA DE BALANCE		Rubro: Fundición losa		
Obrero: Reglero 1	FPS= 12	Intervalo= 0:00:05		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Acarreo materiales	0:00:02	0:02:00	TC	
No trabaja	0:00:05	0:05:00	TNC	
Recorrido con codal	0:00:10	0:10:00	TP	
Barrido Hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
Nivelado con codal	0:00:02	0:02:00	TP	
No trabaja	0:00:12	0:12:00	TNC	
Apoyo vibrado hormigón	0:00:01	0:01:00	TC	
Acarreo materiales	0:00:01	0:01:00	TC	
Colocación maestras	0:00:01	0:01:00	TP	
Chequeo espesor hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
Acarreo codal	0:00:01	0:01:00	TC	
Nivelado con codal	0:00:06	0:06:00	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Recorrido con codal	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja	0:00:05	0:05:00	TNC	
Nivelado con codal	0:00:03	0:03:00	TP	
Barrido Hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
Recorrido con codal	0:00:05	0:05:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:01:00	1:00:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Reglero 2



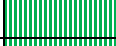
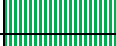








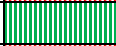

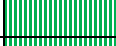

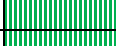


Tabla 26. Carta de balance reglero 2 rubro fundición losa colaborante.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Fundición losa		
Obrero: Reglero 2	FPS= 12		Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
No trabaja	0:00:06	0:06:00	TC	
Barrido Hormigón	0:00:01	0:01:00	TNC	
Realiza otras actividades	0:00:03	0:03:00	TP	
Barrido Hormigón	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja	0:00:06	0:06:00	TP	
Realiza otras actividades	0:00:02	0:02:00	TNC	
No trabaja (espera por material)	0:00:13	0:13:00	TC	
Barrido Hormigón	0:00:01	0:01:00	TC	
Colocación guías	0:00:02	0:02:00	TC	
Barrido Hormigón	0:00:02	0:02:00	TP	
Nivelado con codal	0:00:03	0:03:00	TC	
Acarreo materiales	0:00:01	0:01:00	TP	
Chequeo altura hormigón	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo codal	0:00:01	0:01:00	TP	
Recorrido con codal	0:00:09	0:09:00	TNC	
Nivelado con codal	0:00:05	0:05:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TP	
Realiza otras actividades	0:00:01	0:01:00		
Recorrido con codal	0:00:01	0:01:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:01:00	1:00:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Operador tubería

Tabla 27. Carta de balance operador tubería rubro fundición losa colaborante

CARTA DE BALANCE		Rubro: Fundición losa		
Obrero: Operador tubería	FPS= 12		Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Desplazamiento a zona de trabajo	0:00:03	0:03:00	TC	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Reacomodación tubería	0:00:01	0:01:00	TP	
Acarreo tubería	0:00:01	0:01:00	TP	
Reacomodación tubería	0:00:06	0:06:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo tubería	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja (espera por material)	0:00:17	0:17:00	TC	
Reacomodación tubería	0:00:02	0:02:00	TC	
Acarreo tubería	0:00:01	0:01:00	TP	
Reacomodación tubería	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja	0:00:06	0:06:00	TP	
Reacomodación tubería	0:00:07	0:07:00	TNC	
Realiza otras actividades	0:00:01	0:01:00	TP	
Reacomodación tubería	0:00:03	0:03:00	TNC	
Acarreo tubería	0:00:01	0:01:00	TP	
Reacomodación tubería	0:00:04	0:04:00	TP	
Acarreo tubería	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TP	
TIEMPO TOTAL		0:01:00	1:00:00	

Elaborado por: El autor

4.5 Excavación túnel a mano en tierra.

La actividad comprende el proceso de excavar en tierra mediante rotomartillo o pico y retirar los volúmenes de tierra suelta generada a través de carretilla, para la conformación de espacios donde serán alojadas secciones correspondientes a sistemas hidráulicos en este caso un colector de aguas servidas.

Tabla 28. Apuntes de campo excavación túnel a mano en tierra.

Time-Lapse Apuntes de campo			
Obra:	Interceptor Quebrada Cornejo		
Rubro:	Excavación túnel a mano en tierra		
Fecha:	29/08/2018	Intervalo:	5 segundos
Ubicación cámara: Placa de empalme cuarta cercha			

Elaborado por: El autor

- **Datos generales.**

Equipo utilizado: Sistema de captura de imágenes de fijación.

Intervalo: 5 segundos.

Número de fotografías realizadas: 912

Cuadros por segundo (fps): 12

- **Ubicación cámara.**

La cámara fue ubicada en la parte más alta (placa de empalme) de la cuarta cercha contando desde la más cercana a la zona de trabajo utilizando el sistema de fijación ya que el tamaño del túnel imposibilitaba completamente la colocación de un trípode.

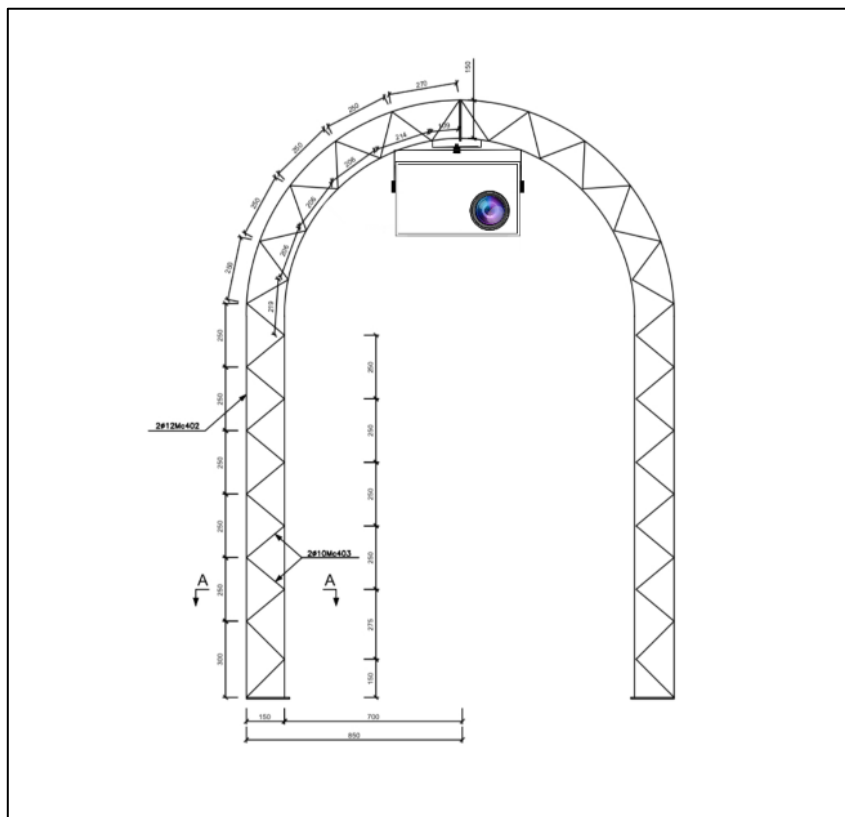


Figura 70. Referencia ubicación cámara en la cercha.
Elaborado por: El autor

- **Fotografías Time-Lapse:**

Fotografía inicio de trabajos:



Figura 71. Inicio trabajos excavación túnel a mano en tierra.

Elaborado por: El autor

Secuencia de Fotografías:

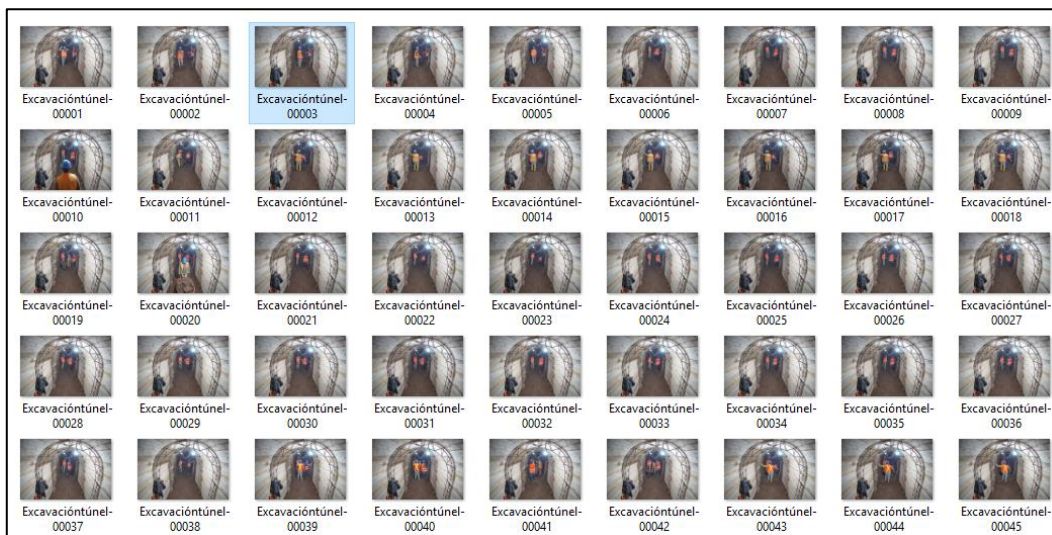


Figura 72. Imágenes para Time-Lapse excavación túnel a mano en tierra

Elaborado por: El autor

Fotografía fin de trabajos:



Figura 73. Fotografía final excavación túnel a mano en tierra
Elaborado por: El autor

• **Video Time-Lapse:**

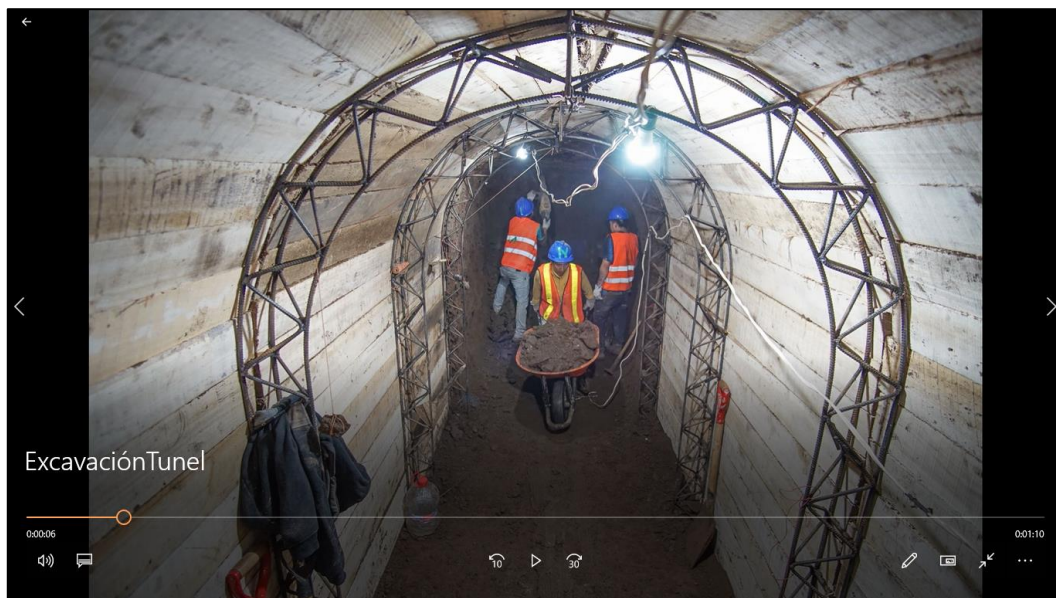


Figura 74. Video Time-Lapse excavación túnel a mano en tierra
Elaborado por: El autor

- **Flujograma de trabajo.**

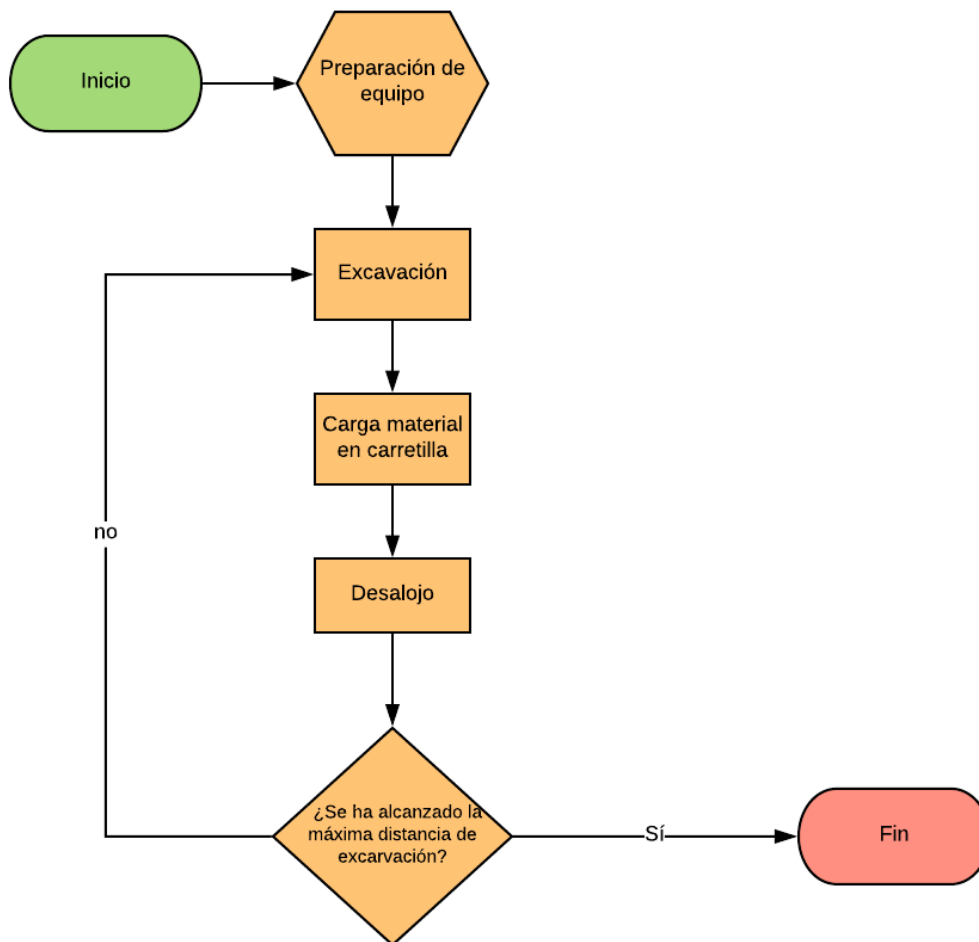











Figura 75. Flujo de trabajo excavación túnel a mano en tierra
Elaborado por: El autor

- **Carta de Balance**

Obrero: Operador Rotomartillo










Tabla 29. Carta de balance operador rotomartillo rubro excavación túnel a mano en tierra.











CARTA DE BALANCE		Rubro: Excavación túnel a mano en tierra		
Obrero: Operador Rotomartillo	FPS= 12	Intervalo= 0:00:05		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Preparación	0:00:03	0:03:00	TC	
Excavación	0:00:04	0:04:00	TP	
No trabaja (espera desalojo)	0:00:06	0:06:00	TNC	
Excavación	0:00:23	0:23:00	TP	
Descanso	0:00:01	0:01:00	TNC	
No trabaja (espera desalojo)	0:00:02	0:02:00	TNC	
Excavación	0:00:03	0:03:00	TP	
No trabaja (espera desalojo)	0:00:08	0:08:00	TNC	
Excavación	0:00:10	0:10:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:01:00	1:00:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Palero

Tabla 30. Carta de balance palero rubro excavación túnel a mano en tierra.














CARTA DE BALANCE		Rubro: Excavación túnel a mano en tierra		
Obrero: Palero	FPS= 12	Intervalo= 0:00:05		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Carga material en carretilla	0:00:01	0:01:00	TP	
Apoyo excavador	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Carga material en carretilla	0:00:02	0:02:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Carga material en carretilla	0:00:02	0:02:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Carga material en carretilla	0:00:01	0:01:00	TP	
Hidratación	0:00:01	0:01:00	TNC	

Carga material en carretilla	0:00:02	0:02:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Carga material en carretilla	0:00:02	0:02:00	TP	
Realiza otras actividades	0:00:01	0:01:00	TC	
Carga material en carretilla	0:00:01	0:01:00	TP	
Limpieza pala	0:00:02	0:02:00	TC	
Carga material en carretilla	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Carga material en carretilla	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
TIEMPO TOTAL	0:00:25	0:25:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Carretillero 1

Tabla 31. Carta de balance carretillero 1 rubro excavación túnel a mano en tierra.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Excavación túnel a mano en tierra		
Obrero: Carretillero 1	FPS= 12	Intervalo= 0:00:05		
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:03	0:03:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:02	0:02:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:03	0:03:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:02	0:02:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:02	0:02:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:02	0:02:00	TC	
Espera	0:00:02	0:02:00	TNC	
TIEMPO TOTAL	0:00:25	0:25:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Carretillero 2

Tabla 32. Carta de balance carretillero 2 rubro excavación túnel a mano en tierra.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Excavación túnel a mano en tierra		
Obrero: Carretillero 2	FPS=	12	Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Desplazamiento al lugar de trabajo	0:00:03	0:03:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:02	0:02:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:02	0:02:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:02	0:02:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:02	0:02:00	TC	
Espera	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo en carretilla	0:00:02	0:02:00	TC	
Realiza otras actividades	0:00:07	0:07:00	TC	
TIEMPO TOTAL	0:00:25	0:25:00		

Elaborado por: El autor

4.6 Entibado y encofrado permanente de túnel.

La actividad consiste en el sostenimiento de secciones ya excavadas para el túnel mediante la entibación y encofrado permanente, para lo cual se coloca las guías de plomos y niveles, se arma la cercha y se coloca siguiendo las guías y por último se encofra.

Tabla 33. Apuntes de campo excavación túnel a mano en tierra.

Time-Lapse Apuntes de campo			
Obra:	Interceptor Quebrada Cornejo		
Rubro:	Entibado y encofrado permanente de túnel.		
Fecha:	13/09/2018	Intervalo:	5 segundos
Ubicación cámara: Placa de empalme cuarta cercha			

Elaborado por: El autor

- **Datos generales.**

Equipo utilizado: Sistema de captura de imágenes de fijación.

Intervalo: 5 segundos.

Número de fotografías realizadas: 990

Cuadros por segundo (fps): 12

- **Ubicación cámara.**

Al igual que el caso anterior, la cámara fue ubicada en la parte más alta (placa de empalme) de la cuarta cercha contando desde la más cercana a la zona de trabajo utilizando el sistema de fijación ya que el tamaño del túnel imposibilitaba completamente la colocación de un trípode.

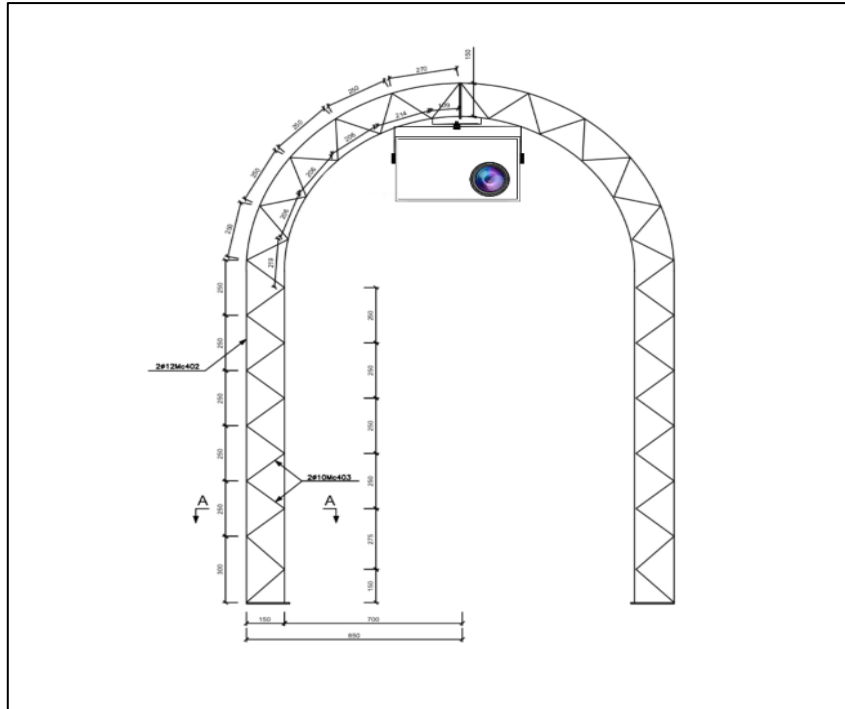


Figura 76. Referencia ubicación cámara en la cercha
Elaborado por: El autor

- **Fotografías Time-Lapse:**

Fotografía inicio de trabajos:



Figura 77. Inicio trabajos entibado y encofrado permanente de túnel
Elaborado por: El autor

Secuencia de Fotografías:

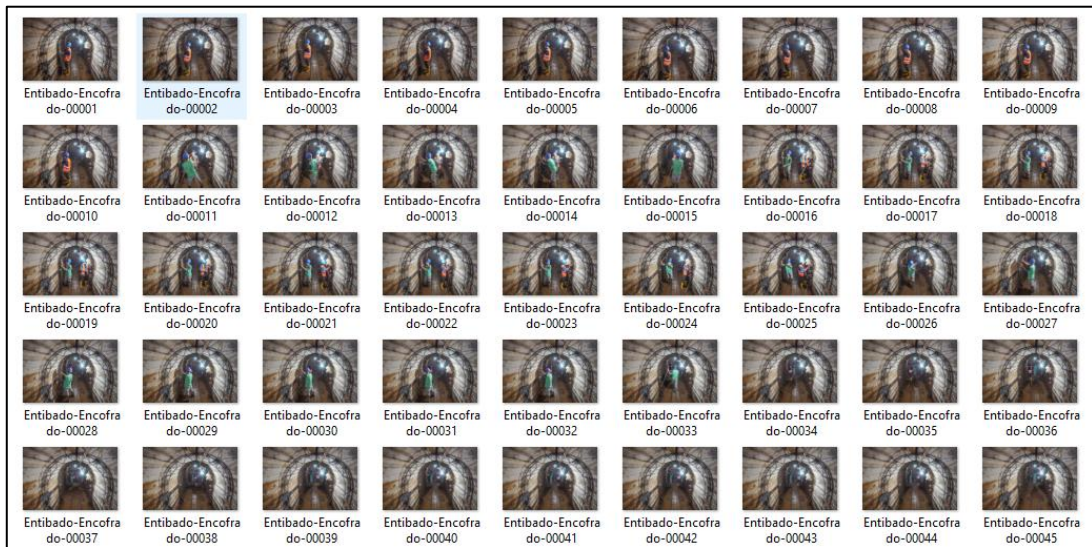


Figura 78. Imágenes para Time-Lapse entibado y encofrado permanente de túnel

Elaborado por: El autor

Fotografía fin de trabajos:



Figura 79. Fotografía final entibado y encofrado permanente de túnel

Elaborado por: El autor

- **Video Time-Lapse:**

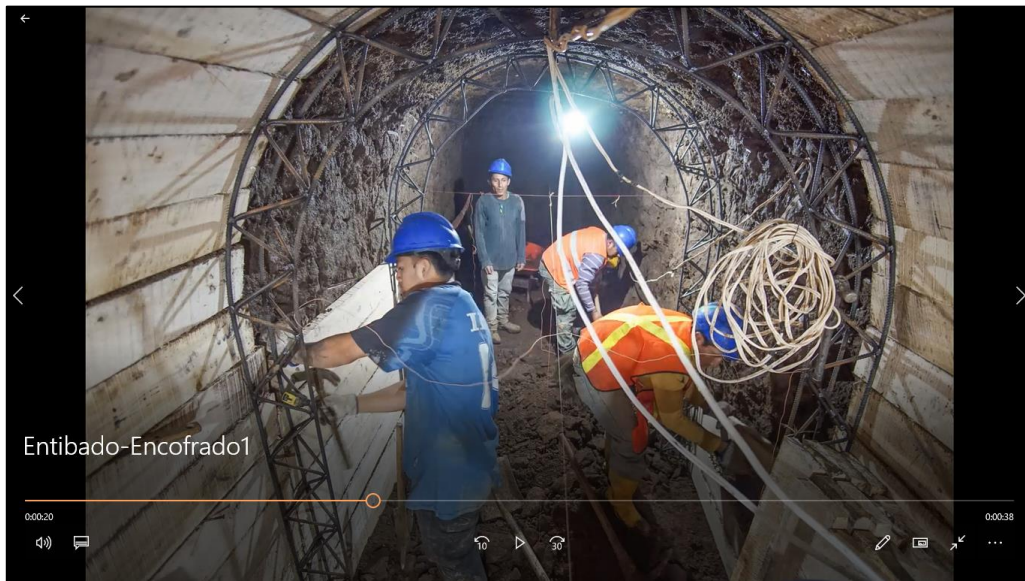


Figura 80. Video Time-Lapse entibado y encofrado permanente de túnel
Elaborado por: El autor

- **Flujograma de trabajo.**

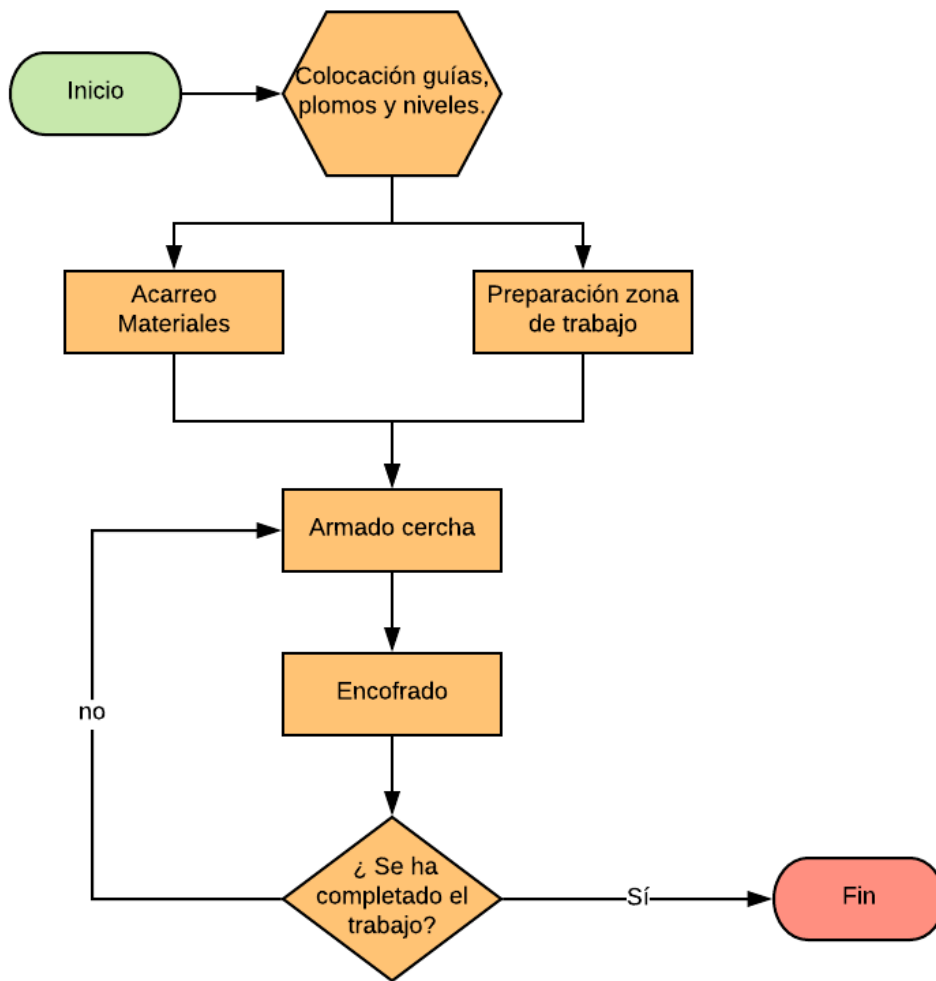
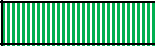








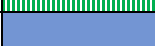



Figura 81. Flujo de trabajo entibado y encofrado permanente de túnel
Elaborado por: El autor

- **Carta de Balance**

Obrero: Albañil







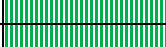




Tabla 34. Carta de balance albañil entibado y encofrado permanente de túnel.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Entibado y encofrado permanente de túnel		
Obrero: Albañil	FPS= 12		Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Colocación guías plomos y niveles	0:00:04	0:04:00	TP	
Excavación	0:00:01	0:01:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Colocación cercha	0:00:04	0:04:00	TP	
Mediciones, chequeo guías	0:00:05	0:05:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Mediciones, chequeo guías	0:00:01	0:01:00	TC	
Excavación	0:00:02	0:02:00	TP	
Mediciones, chequeo guías	0:00:02	0:02:00	TC	
Excavación	0:00:02	0:02:00	TP	
Mediciones, chequeo guías	0:00:02	0:02:00	TC	
TIEMPO TOTAL	0:00:25	0:25:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Peón 1







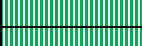



Tabla 35. Carta de balance peón 1 entibado y encofrado permanente de túnel.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Entibado y encofrado permanente de túnel.		
Obrero: Peón 1	FPS=	12	Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Limpieza zona de trabajo	0:00:03	0:03:00	TC	
Mediciones, chequeo guías	0:00:01	0:01:00	TC	
Colocación cercha (entibado)	0:00:03	0:03:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Colocación cercha(entibado)	0:00:02	0:02:00	TP	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Excavación	0:00:02	0:02:00	TP	
Encofrado	0:00:19	0:19:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Descanso	0:00:02	0:02:00	TNC	
Encofrado	0:00:07	0:07:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:00:43	0:43:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Peón 2













Tabla 36. Carta de balance peón 2 entibado y encofrado permanente de túnel.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Entibado y encofrado permanente de túnel.		
Obrero: Peón 2	FPS=	12	Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Acarreo material	0:00:02	0:02:00	TC	
Apoyo otras actividades	0:00:02	0:02:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Colocación cercha	0:00:06	0:06:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Colocación cercha	0:00:02	0:02:00	TP	
Excavación	0:00:04	0:04:00	TP	
Encofrado	0:00:18	0:18:00	TP	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Encofrado	0:00:02	0:02:00	TP	
TIEMPO TOTAL	0:00:39	0:39:00		

Elaborado por: El autor

Obrero: Peón 3

Tabla 37. Carta de balance peón 3 entibado y encofrado permanente de túnel.

CARTA DE BALANCE		Rubro: Entibado y encofrado permanente de túnel.		
Obrero: Peón 3	FPS=	12	Intervalo= 0:00:05	
Actividad	Tiempo en video	Tiempo real	Tipo de trabajo	Textura
Acarreo materiales	0:00:05	0:05:00	TC	
No trabaja	0:00:02	0:02:00	TNC	
Acarreo materiales	0:00:06	0:06:00	TC	
No trabaja	0:00:05	0:05:00	TNC	
Acarreo materiales	0:00:03	0:03:00	TC	
Apoyo encofrado	0:00:02	0:02:00	TP	
Acarreo materiales	0:00:03	0:03:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Acarreo materiales	0:00:01	0:01:00	TC	
No trabaja	0:00:01	0:01:00	TNC	
Apoyo encofrado	0:00:03	0:03:00	TP	
Acarreo materiales	0:00:02	0:02:00	TC	
TIEMPO TOTAL	0:00:34	0:34:00		

Elaborado por: El autor

CAPÍTULO V

RESULTADOS OBTENIDOS

Los presentes resultados fueron obtenidos del análisis de las cartas de balance de cada obrero de los rubros estudiados.

5.1 Análisis de productividad Time-Lapse encofrado de madera columna rectangular.

a) Resumen cartas de balance de cada obrero de la cuadrilla.

Tabla 38. Resumen carta de balance carpintero rubro encofrado de madera columna rectangular.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Encofrado madera columna rec.		Obrero: Carpintero	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	1:19:12	54,10	
Tiempo Contributorio (TC)	0:26:24	18,03	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:40:48	27,87	

Elaborado por: El autor

Tabla 39. Resumen carta de balance peón rubro encofrado de madera columna rectangular.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Encofrado madera columna rec.		Obrero: Peón	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	1:06:00	45,08	
Tiempo Contributorio (TC)	0:45:36	31,15	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:34:48	23,77	

Elaborado por: El autor

b) Nivel de actividad de cada obrero de la cuadrilla.

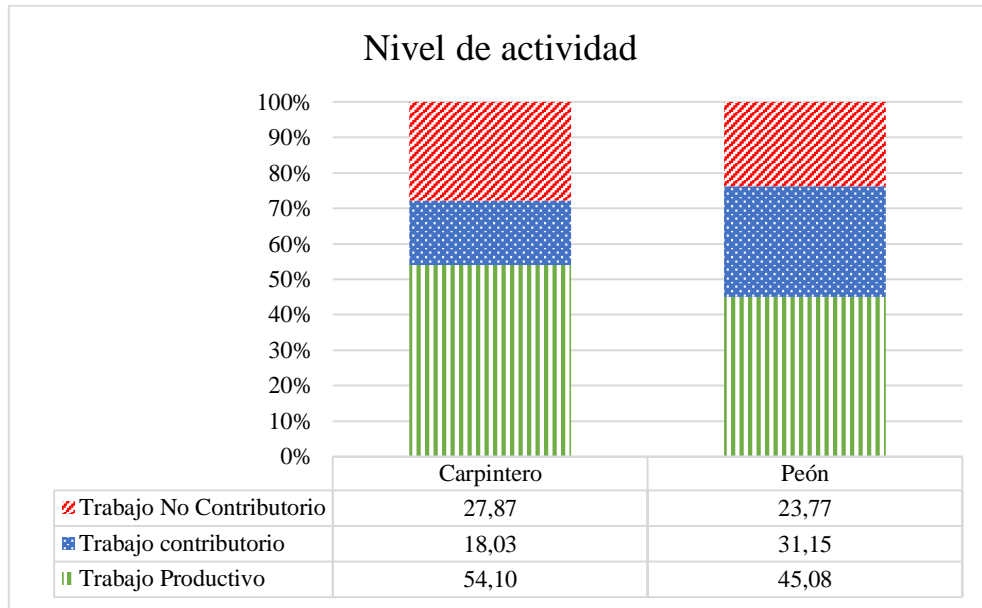


Figura 82. Nivel de actividad de cada obrero cuadrilla encofrado de madera columna rectangular

Elaborado por: El autor

c) Distribución general trabajo de la cuadrilla.

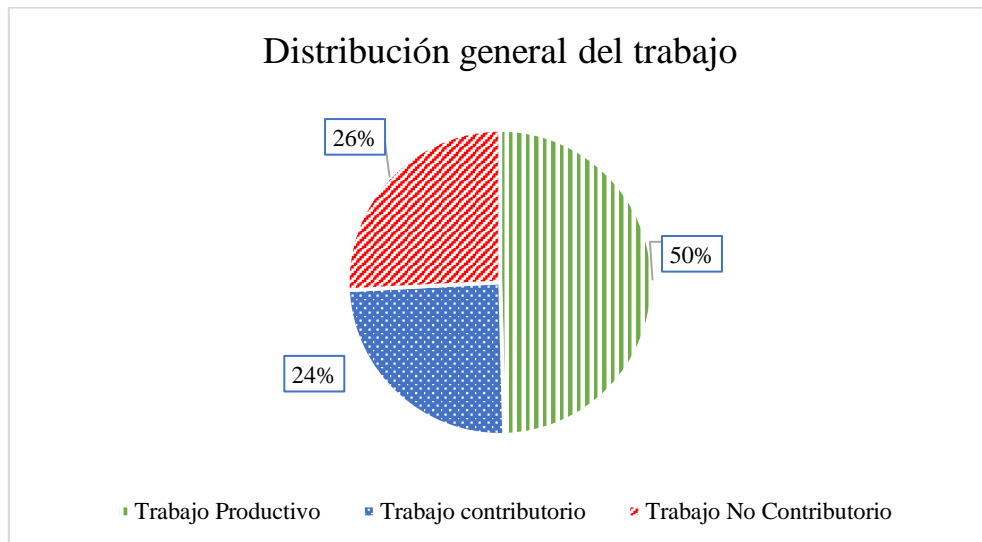





Figura 83. Distribución general del trabajo cuadrilla encofrado de madera columna rectangular

Elaborado por: El autor

5.2. Análisis de productividad Time-Lapse vaciado de hormigón en columnas




a) Resumen cartas de balance de cada obrero de la cuadrilla.

Tabla 40. Resumen carta de balance albañil rubro vaciado de hormigón en columnas.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Vaciado hormigón columna		Obrero: Albañil	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:06:00	45,45	
Tiempo Contributorio (TC)	0:06:00	45,45	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:01:12	9,09	




Elaborado por: El autor

Tabla 41. Resumen carta de balance peón 1 rubro vaciado de hormigón en columnas.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Vaciado hormigón columna		Obrero: Peón 1	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:04:48	33,33	
Tiempo Contributorio (TC)	0:06:00	41,67	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:03:36	25,00	




Elaborado por: El autor

Tabla 42. Resumen carta de balance peón 2 rubro vaciado de hormigón en columnas.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Vaciado hormigón columna		Obrero: Peón 2	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:04:48	36,36	
Tiempo Contributorio (TC)	0:03:36	27,27	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:04:48	36,36	

Elaborado por: El autor

Tabla 43. Resumen carta de balance peón 3 rubro vaciado de hormigón en columnas.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Vaciado hormigón columna		Obrero: Peón 3	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:03:36	30,00	
Tiempo Contributorio (TC)	0:01:12	10,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:07:12	60,00	

Elaborado por: El autor

b) Nivel de actividad de cada obrero de la cuadrilla.

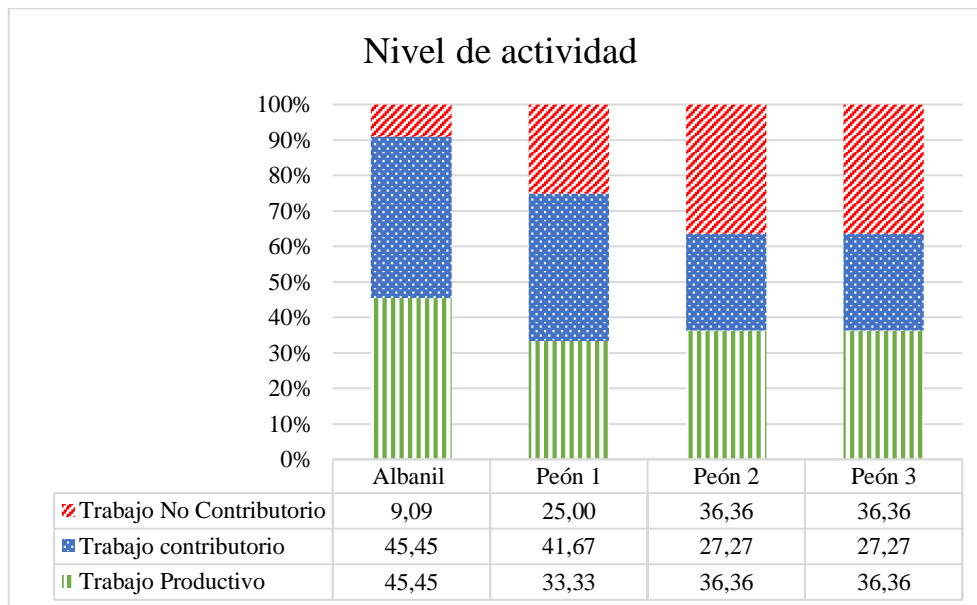


Figura 84. Nivel de actividad de cada obrero cuadrilla vaciado de hormigón en columnas

Elaborado por: El autor

c) Distribución general trabajo de la cuadrilla.

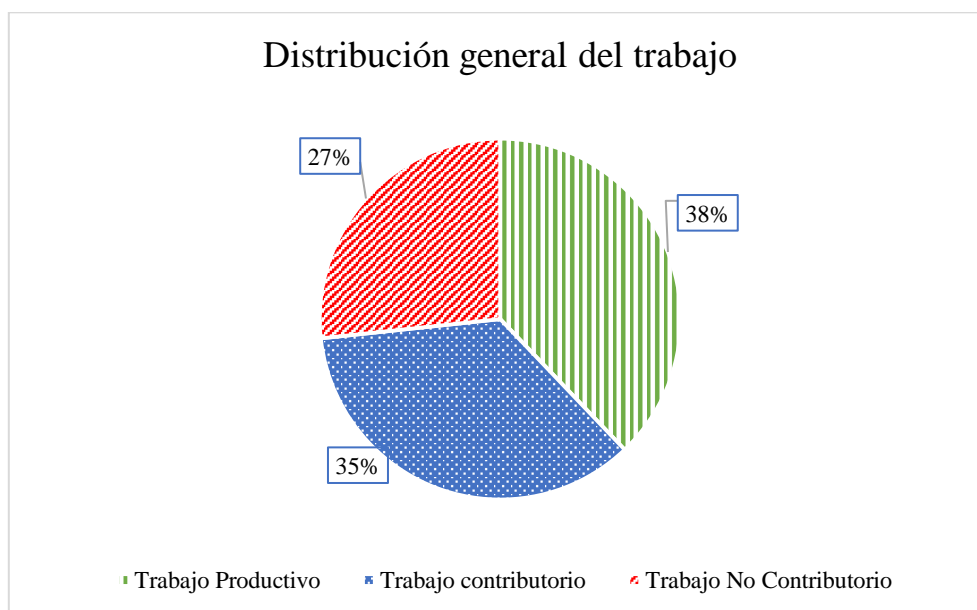


Figura 85. Distribución general del trabajo cuadrilla vaciado de hormigón en columnas
Elaborado por: El autor

5.3 Análisis de productividad Time-Lapse cerramiento de bloque.

a) Resumen cartas de balance de cada obrero de la cuadrilla.

Tabla 44. Resumen carta de balance albañil rubro cerramiento de bloque.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Cerramiento de bloque		Obrero: Albañil	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:38:00	40,43	
Tiempo Contributorio (TC)	0:31:00	32,98	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:25:00	26,60	

Elaborado por: El autor

Tabla 45. Resumen carta de balance peón rubro cerramiento de bloque.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Encofrado columna rec.		Obrero: Peón	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:15:00	15,96	
Tiempo Contributorio (TC)	0:49:00	52,13	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:25:00	26,60	

Elaborado por: El autor

b) Nivel de actividad de cada obrero de la cuadrilla.

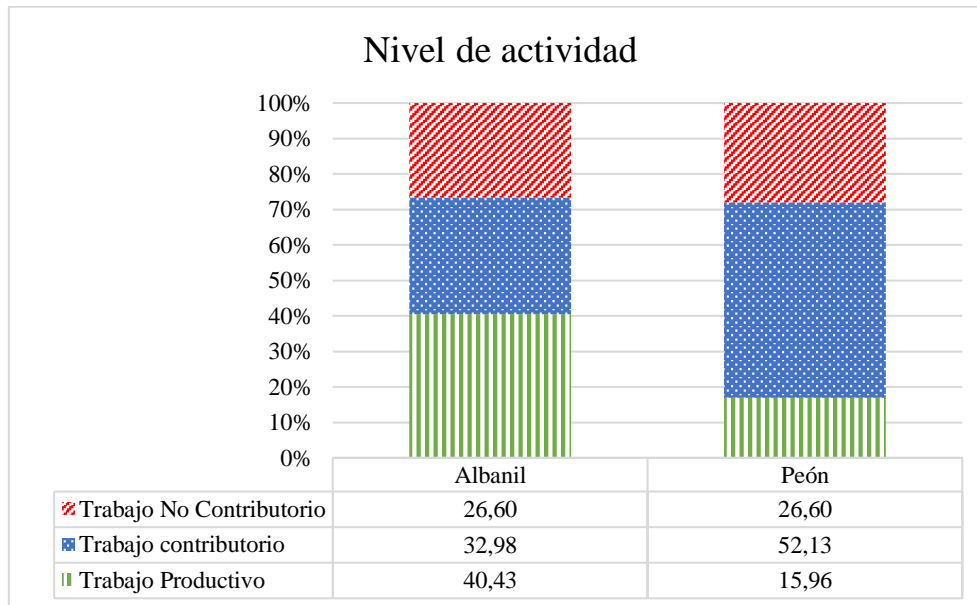


Figura 86. Nivel de actividad de cada obrero cuadrilla cerramiento de bloque

Elaborado por: El autor

c) Distribución general trabajo de la cuadrilla.

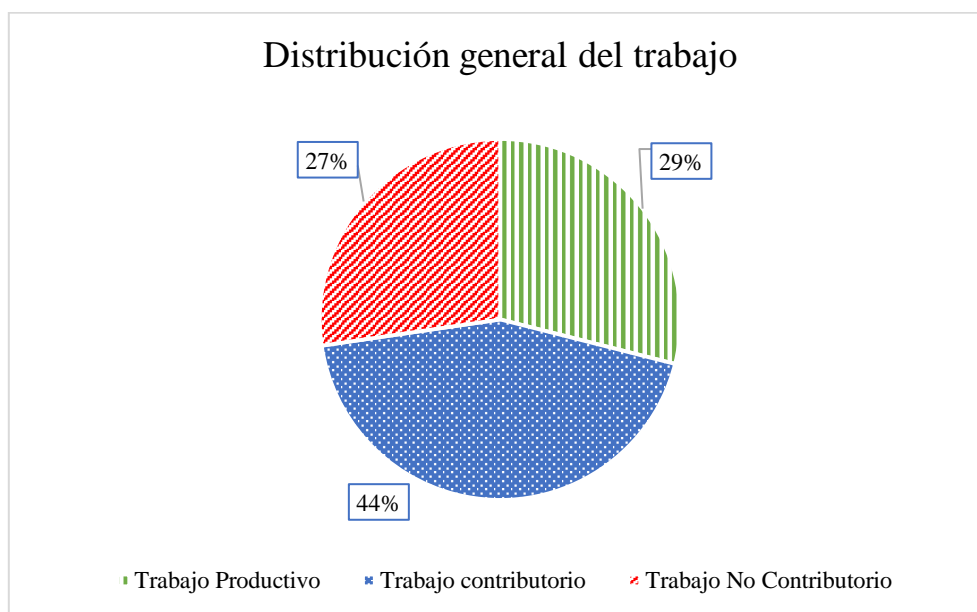


Figura 87. Distribución general del trabajo cuadrilla cerramiento de bloque
Elaborado por: El autor

5.4 Análisis de productividad Time-Lapse fundición losa colaborante (Steel deck).




a) Resumen cartas de balance de cada obrero de la cuadrilla.

Tabla 46. Resumen carta de balance maestro mayor rubro fundición losa colaborante.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Fundición losa colaborantes		Obrero: Maestro mayor	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:10:00	16,67	
Tiempo Contributorio (TC)	0:31:00	51,67	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:19:00	31,67	




Elaborado por: El autor

Tabla 47. Resumen carta de balance vibrador 1 rubro fundición losa colaborante.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Fundición losa colaborantes		Obrero: Vibrador 1	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:24:00	40,00	
Tiempo Contributorio (TC)	0:17:00	28,33	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:19:00	31,67	




Elaborado por: El autor

Tabla 48. Resumen carta de balance vibrador 2 rubro fundición losa colaborante

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Fundición losa colaborantes		Obrero: Vibrador 2	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:29:00	48,33	
Tiempo Contributorio (TC)	0:06:00	10,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:25:00	41,67	

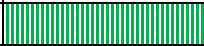


Elaborado por: El autor

Tabla 49. Resumen carta de balance palero 1 rubro fundición losa colaborante.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Fundición losa colaborantes		Obrero: Palero 1	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:30:00	50,00	
Tiempo Contributorio (TC)	0:06:00	10,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:24:00	40,00	

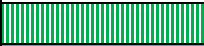


Elaborado por: El autor

Tabla 50. Resumen carta de balance palero 2 rubro fundición losa colaborante.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Fundición losa colaborantes		Obrero: Palero 2	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:29:00	48,33	
Tiempo Contributorio (TC)	0:03:00	5,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:28:00	46,67	




Elaborado por: El autor

Tabla 51. Resumen carta de balance palero 3 rubro fundición losa colaborante.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Fundición losa colaborantes		Obrero: Palero 3	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:27:00	45,00	
Tiempo Contributorio (TC)	0:09:00	15,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:24:00	40,00	


Elaborado por: El autor

Tabla 52. Resumen carta de balance reglero 1 rubro fundición losa colaborante.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Fundición losa colaborantes		Obrero: Reglero 1	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:31:00	51,67	
Tiempo Contributorio (TC)	0:05:00	8,33	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:24:00	40,00	

Elaborado por: El autor

Tabla 53. Resumen carta de balance reglero 2 rubro fundición losa colaborante.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Fundición losa colaborantes		Obrero: Reglero 2	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:21:00	35,00	
Tiempo Contributorio (TC)	0:25:00	41,67	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:13:00	21,67	

Elaborado por: El autor

Tabla 54. Resumen carta de balance operador tubería rubro fundición losa

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Fundición losa colaborantes		Obrero: Operador tubería	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:23:00	38,33	
Tiempo Contributorio (TC)	0:24:00	40,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:13:00	21,67	

Elaborado por: El autor

b) Nivel de actividad de cada obrero de la cuadrilla.

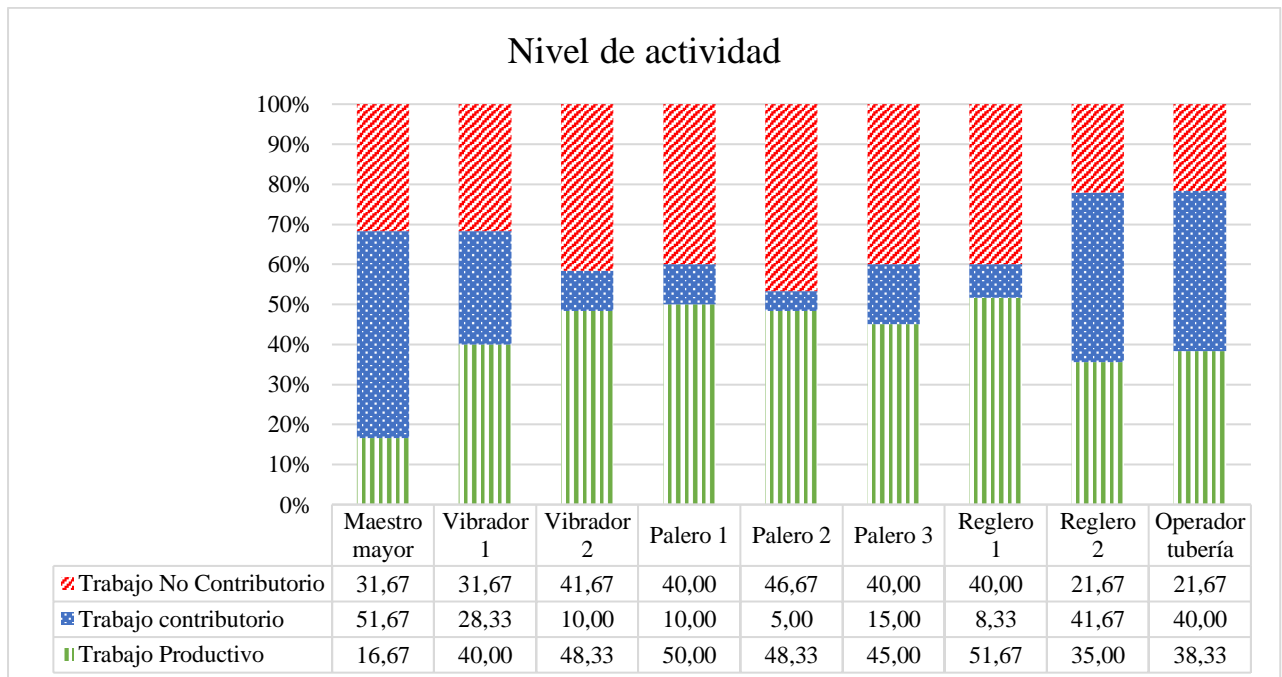


Figura 88. Nivel de actividad de cada obrero cuadrilla fundición losa colaborante

Elaborado por: El autor

c) Distribución general trabajo de la cuadrilla.

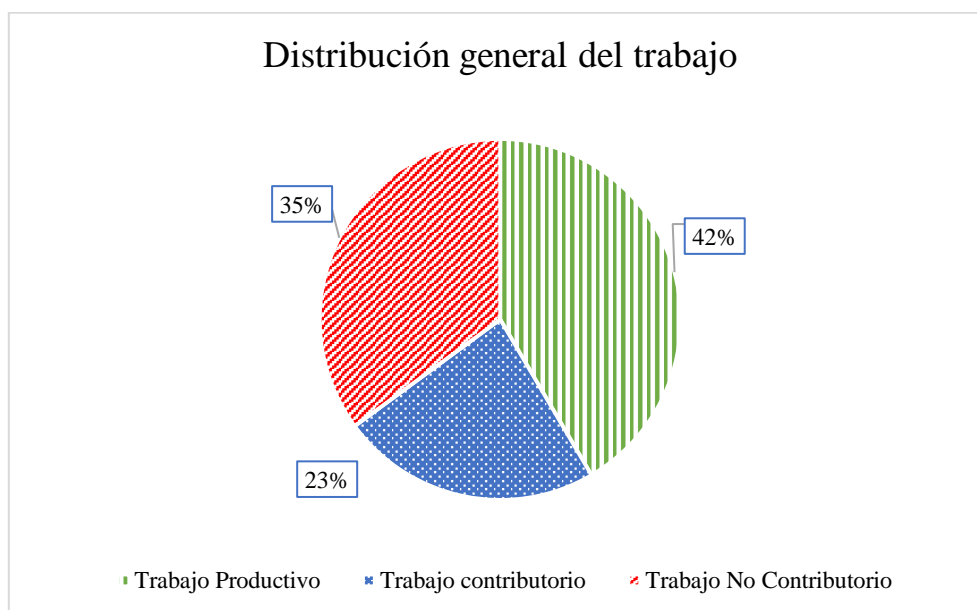


Figura 89. Distribución general del trabajo cuadrilla fundición losa colaborante
Elaborado por: El autor

5.5 Análisis de productividad Time-Lapse excavación túnel a mano en tierra.

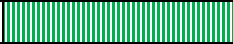


a) Resumen cartas de balance de cada obrero de la cuadrilla.

Tabla 55. Resumen carta de balance operador rotomartillo rubro excavación túnel a mano en tierra.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Excavación túnel a mano en tierra		Obrero: Operador rotomartillo	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:40:00	66,67	
Tiempo Contributorio (TC)	0:03:00	5,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:17:00	28,33	




Elaborado por: El autor

Tabla 56. Resumen carta de balance palero rubro excavación túnel a mano en tierra.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Excavación túnel a mano en tierra		Obrero: Palero	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:13:00	52,00	
Tiempo Contributorio (TC)	0:04:00	16,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:08:00	32,00	




Elaborado por: El autor

Tabla 57. Resumen carta de balance carretillero 1 rubro excavación túnel a mano en tierra.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Excavación túnel a mano en tierra		Obrero: Carretillero 1	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:00:00	0,00	
Tiempo Contributorio (TC)	0:16:00	64,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:09:00	36,00	

Elaborado por: El autor

Tabla 58. Resumen carta de balance carretillero 2 rubro excavación túnel a mano en tierra.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Excavación túnel a mano en tierra		Obrero: Carretillero 2	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:00:00	0,00	
Tiempo Contributorio (TC)	0:20:00	80,00	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:05:00	20,00	

Elaborado por: El autor

b) Nivel de actividad de cada obrero de la cuadrilla.

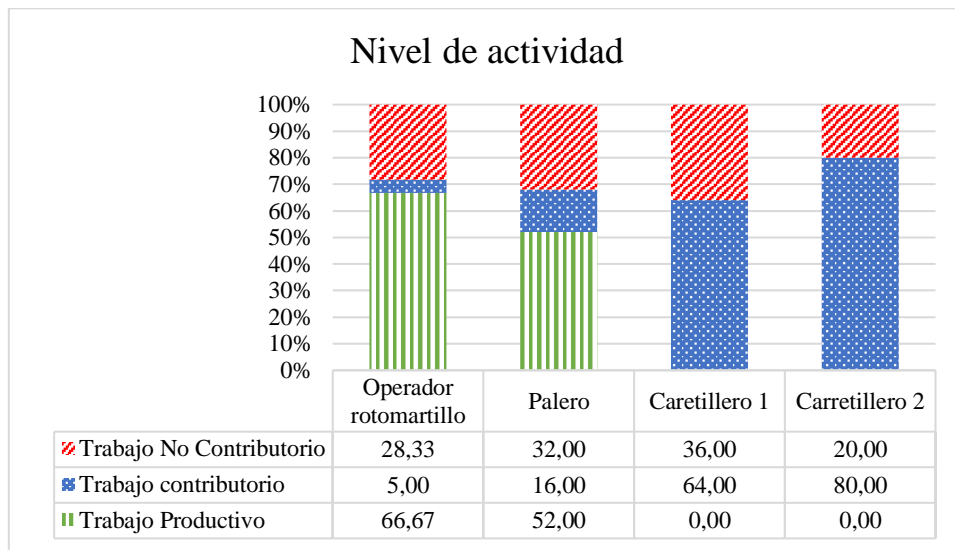


Figura 90. Nivel de actividad de cada obrero cuadrilla excavación túnel a mano en tierra.

Elaborado por: El autor

c) Distribución general trabajo de la cuadrilla.

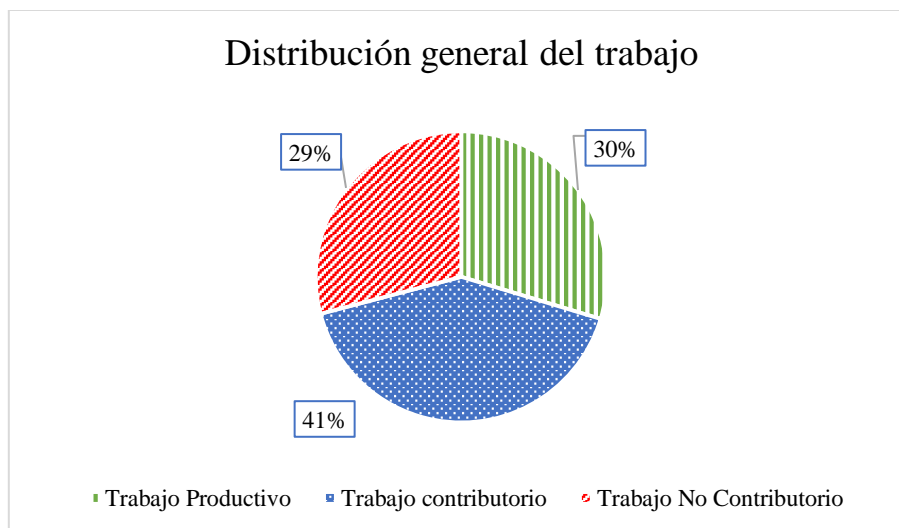





Figura 91. Distribución general del trabajo cuadrilla excavación túnel a mano en tierra.

Elaborado por: El autor

5.6 Análisis de productividad Time-Lapse entibado y encofrado permanente de túnel.




a) Resumen cartas de balance de cada obrero de la cuadrilla.

Tabla 59. Resumen carta de balance albañil entibado y encofrado permanente de túnel.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Entibado y encofrado permanente de túnel.		Obrero: Albañil	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:19:00	61,29	
Tiempo Contributorio (TC)	0:10:00	32,26	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:09:00	29,03	




Elaborado por: El autor

Tabla 60. Resumen carta de balance peón 1 rubro entibado y encofrado permanente de túnel.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Entibado y encofrado permanente de túnel.		Obrero: Peón 1	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:33:00	76,74	
Tiempo Contributorio (TC)	0:04:00	9,30	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:06:00	13,95	




Elaborado por: El autor

Tabla 61. Resumen carta de balance peón 2 rubro entibado y encofrado permanente de túnel.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Entibado y encofrado permanente de túnel.		Obrero: Peón 2	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:32:00	82,05	
Tiempo Contributorio (TC)	0:04:00	10,26	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:03:00	7,69	

Elaborado por: El autor

Tabla 62. Resumen carta de balance peón 3 rubro entibado y encofrado permanente de túnel.

RESUMEN CARTA DE BALANCE			
Rubro: Entibado y encofrado permanente de túnel.		Obrero: Peón 3	
Tipo de trabajo	Tiempo	Porcentaje	Representación
Tiempo Productivo (TP)	0:05:00	14,71	
Tiempo Contributorio (TC)	0:20:00	58,82	
Tiempo No Contributorio (TNC)	0:09:00	26,47	

Elaborado por: El autor

b) Nivel de actividad de cada obrero de la cuadrilla.

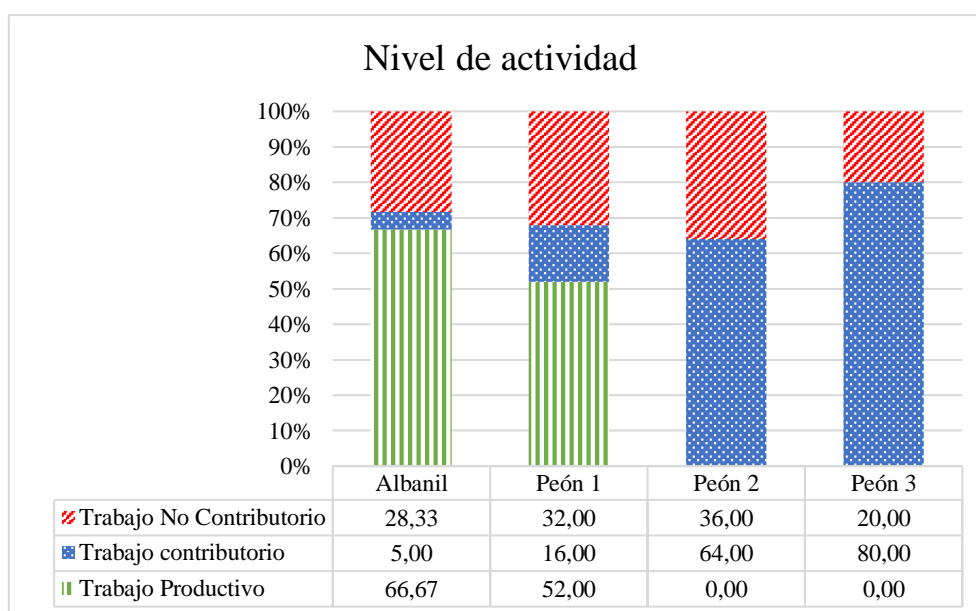


Figura 92. Nivel de actividad de cada obrero cuadrilla entibado y encofrado permanente de túnel

Elaborado por: El autor

c) Distribución general trabajo de la cuadrilla.

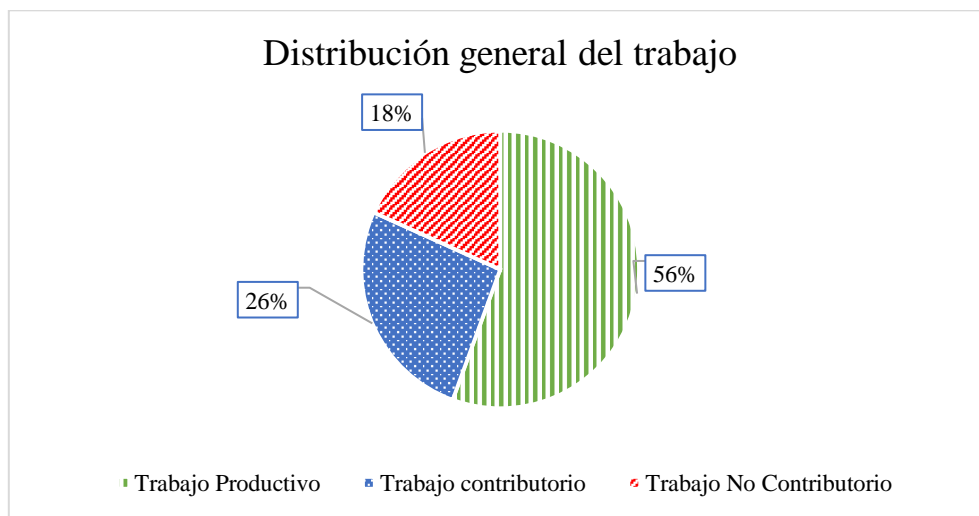


Figura 93. Distribución general del trabajo cuadrilla entibado y encofrado permanente de túnel

Elaborado por: El autor

5.7 Otra información recopilada.

Al realizar el análisis de los rubros mediante la observación de videos Time-Lapse se pudo recopilar otra información del desarrollo de las actividades a parte del análisis de productividad, algunos ejemplos se muestran a continuación:

5.7.1 Seguridad.



Figura 94. Falta de equipo de seguridad trabajos en altura

Elaborado por: El autor



Figura 95. Contratista sin equipo básico de seguridad

Elaborado por: El autor



Figura 96. Falta de uso de equipo de seguridad, y mala práctica de seguridad laboral
Elaborado por: El autor

5.7.2 Buenas y malas prácticas



Figura 97. Correcta disposición de materiales
Elaborado por: El autor



Figura 98. Mala disposición de materiales
Elaborado por: El autor

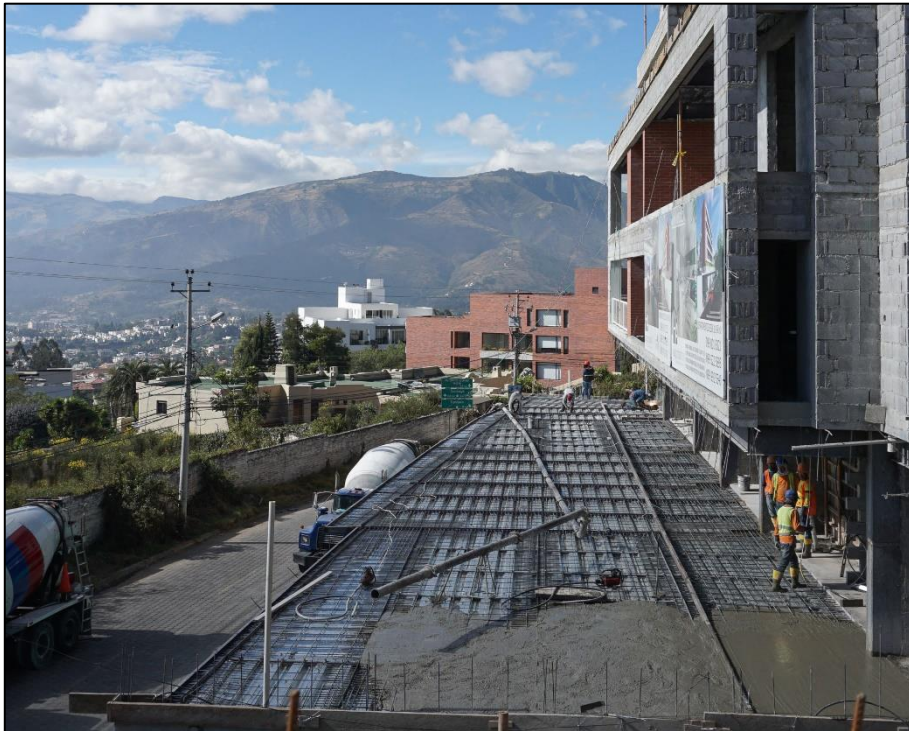


Figura 99. Esperas, falta de continuidad
Elaborado por: El autor

CAPÍTULO VI

OBSERVACIONES A LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Una vez analizados los videos Time-Lapse se proponen los siguientes cambios en los flujos de trabajo como un primer frente de acción para buscar optimizar los procesos constructivos.

6.1 Encofrado de madera columna rectangular.

Los tiempos no productivos del albañil puede disminuirse si la actividad de fabricación del encofrado e imprimación de los tableros se realiza a la par de la limpieza de la zona de trabajo, para que una vez terminadas estas actividades se procederá directamente al armado del encofrado.

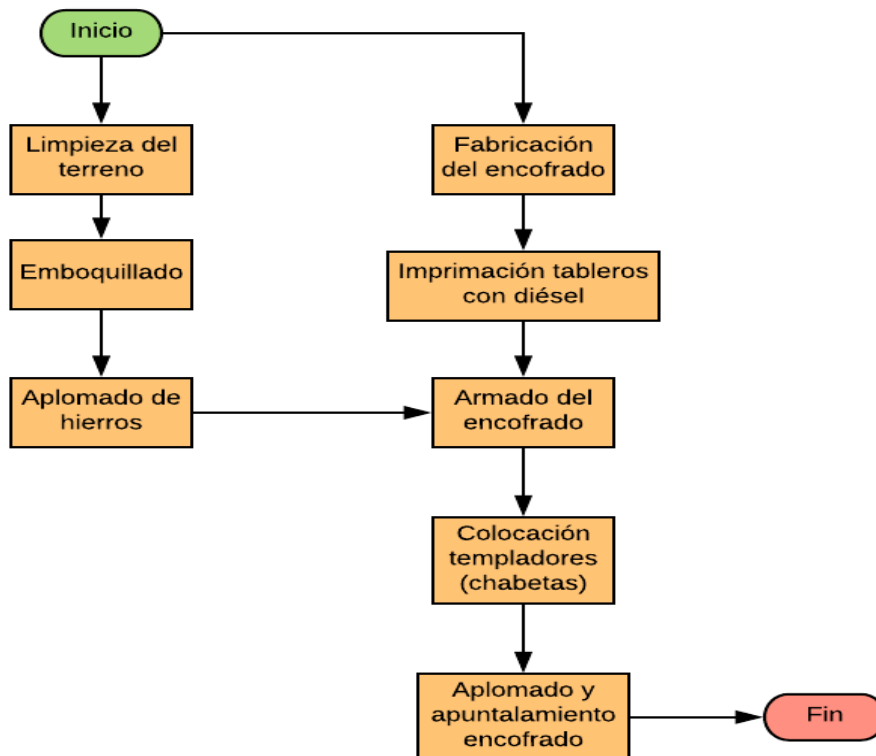


Figura 100. Flujo de trabajo propuesto rubro encofrado de madera columna rectangular.

Elaborado por: El autor

6.2 Vaciado de hormigón en columnas.

En el video se observó que el flujo de trabajo es el adecuado, mas existió una espera por hormigón, la cual se puede evitar con la utilización de una segunda bomba de concreto para fundiciones simultáneas en las que se desee disminuir los tiempos no contributorios. También se pudo evidenciar la falta de utilización de equipo de seguridad para trabajos en altura obligatorio para trabajos que se realizan en alturas superiores a 1.80 metros, este incumplimiento de seguridad deberá ser corregido para evitar posibles accidentes.

6.3 Cerramiento de bloque

Se evidenció un reproceso (trabajo no contributorio) en la colocación de plomos y niveles, ya que no se consideró la aseguración de los andamios (reubicación), lo cual evitaba la utilización correcta de las guías, se propone que la colocación de plomos y niveles se realice a la par de la colocación de los andamios para que se tomen todas las consideraciones pertinentes.

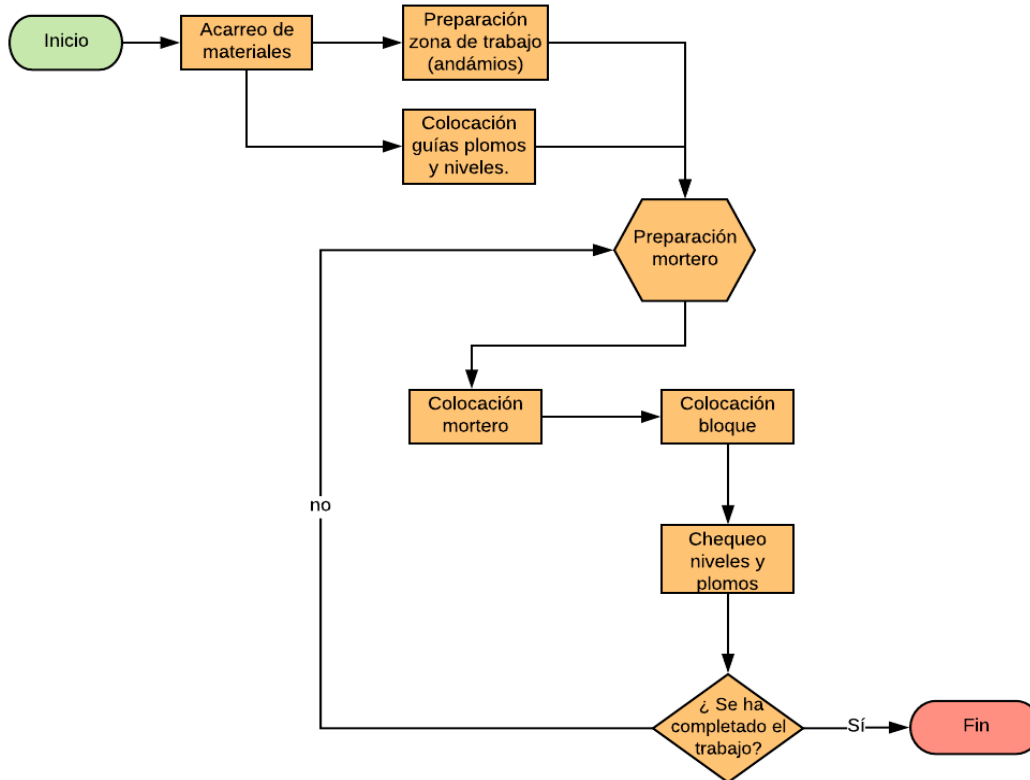


Figura 101. Flujo de trabajo propuesto rubro encofrado de madera columna rectangular.
 Elaborado por: El autor

6.4.Fundición losa colaborante.

No se evidenciaron falencias en el flujo de trabajo observado en el rubro fundición losa colaborante, más se detectó una espera por material (tiempo no contributorio) de alrededor de 15 minutos, para evitar estos inconvenientes se propone una mejor planificación en conjunto entre la empresa constructora y la hormigonera.

6.5.Excavación túnel a mano en tierra, entibado y encofrado permanente de túnel.

No se observó problemas en la estructura de los flujos de trabajo de ambos rubros, pero sí incumplimientos del personal en la utilización de equipos de protección personal básicos que pueden incurrir en accidentes y detenciones de los trabajos ocasionando pérdidas productivas.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Mediante el empleo de la herramienta Time-Lapse es factible realizar análisis de productividad a rubros de construcción mediante la observación de los videos generados y aplicando técnicas de evaluación de procesos constructivos como son las cartas de balance.
- La herramienta Time-Lapse fue aplicada a proyectos de construcción muy distintos uno de otro tales como es una edificación y un interceptor (sistema de alcantarillado), concluyendo que es posible de la utilizar la herramienta en muchos tipos de obra civil.
- Según Mayorga en, *Medición de la productividad en la mano de obra en el sector de la construcción en el Distrito Metropolitano de Quito*, el rango de porcentaje de trabajo productivo va desde 35.79% hasta 46.45%, el trabajo contributorio de 23.39% hasta 33.97%, el trabajo no contributorio de 23.22% hasta 33.72%, si se realiza un promedio de los resultados obtenidos en los rubros de construcción estudiados se obtiene que el tiempo productivo es del 43.51%, el tiempo contributorio es del 30.38%, el tiempo no contributorio es del 27.03%, los cuales se encuentran dentro de los rangos antes mencionados, demostrando la confiabilidad de los datos obtenidos mediante el sistema y metodología propuestos.
- En base a el flujo de trabajo observado y el análisis de las cartas de balance se pudieron identificar diferentes causales que afectan el desarrollo óptimo de los procesos

constructivos (malas prácticas, incorrecta disposición de materiales, deficiencia seguridad industrial), lo que permite proponer soluciones para mejorar la productividad de la actividad en general.

- A partir de los análisis de productividad a los rubros de construcción se puede obtener medidas de los tiempos productivos, contributorios, no contributorios, tanto de la cuadrilla como de cada obrero que participa en la actividad.
- Al utilizar videos Time-Lapse para el análisis de la productividad en rubros de construcción se pudo evidenciar una facilidad en la caracterización de las actividades, amplio detalle en la observación de los procesos constructivos, y por último obtención de pruebas irrefutables como lo son las fotografías para exponer faltas o incumplimientos en el desarrollo de las actividades.

7.2. Recomendaciones

- En base a la experiencia obtenida al realizar el presente trabajo, se descubrió que uno de los factores determinantes en el fracaso o éxito para realizar mediciones de productividad utilizando videos Time-Lapse fue la ubicación de la cámara, por lo cual se recomienda tener especial cuidado al ubicar el equipo en campo.
- Los valores obtenidos son resultado del análisis de procesos de construcción en condiciones específicas. Se recomienda a las empresas constructoras, contratistas, ingenieros civiles realizar mediciones de productividad a los rubros de construcción más representativos o que se encuentren siempre presentes en sus obras.
- Para la realización correcta de videos Time-Lapse se recomienda poseer al menos conocimientos básicos en fotografía y en postprocesos de edición de fotografías digitales.
- Finalmente se recomienda la realización de las siguientes tesis con el objetivo de profundizar el presente estudio:
 - a) Eficiencia de las cartas de balance realizadas en obra con respecto a las realizadas mediante la observación de video Time-Lapse.
 - b) Time-Lapse como herramienta para realizar estudios de seguridad industrial en la construcción.
 - c) Time-Lapse y simulación digital para la optimización de procesos constructivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, L. F. (1997). Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 37-45.
- Alarcón, L., Fuster, S., Mora, M., & Sossdort, D. (2008). Utilización de imágenes y videos digitales para el mejoramiento de la productividad y prevención de riesgos en operaciones de construcción . *Encuentro Latinoamericano de Economía y Gerencia de la Construcción.*, (pág. 10). Bogotá.
- Botero , L. F., & Álvarez , M. E. (2004). Guía de Mejoramiento Continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento). *Revista Universidad EAFIT*, 50-64.
- Botero, L. (2006). *Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construction*. México: Legis.
- CAMICON. (2017). *Construcción el mayor empleador del mundo*. Obtenido de Cámara de la Industria de la construcción: <http://www.camicon.ec/wp-content/uploads/2017/03/PROPUESTA-CAMICON-PRESIDENCIALES.pdf>
- Casas, A. (18 de Septiembre de 2008). *Xataka Foto* . Obtenido de Xataka: <https://www.xatakafoto.com/curso-de-fotografia/curso-de-fotografia-7-tipos-de-objetivos>
- Castillo, V. G. (2004). *Productividad en obras de construcción* . Lima: PUCP - Fondo Editorial.
- Contreras, J. (2012). Aplicación de la herramienta Time-Lapse para la identificación y reducción de pérdidas en edificaciones con estructura en concreto. *Trabajo de grado*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana .
- León, B. (2014). *El Periodismo Ante El Cambio Climático*. Barcelona: Editorial UOC. Obtenido de ebrary.

- Mattos, A., & Valderrama, F. (2014). *Métodos de planificación y control de obras*. Barcelona: Reverté, S.A.
- Mayorga, M. (2014). Medición de la productividad en la mano de obra en el sector de la construcción en el Distrito Metropolitano de Quito. *Tesis de grado* . Quito, Pichincha, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Rodríguez, C. (2017). *La ventajas de usar la aplicación mando a distancia inteligente de Sony*. Obtenido de Sony: <https://alphauniverse-latin.com/notas/las-ventajas-de-usar-la-aplicacion-mando-a-distancia-inteligente-de-sony-smart-remote-control-app>
- Serpell, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción*. Ciudad de México: Alfa Omega.
- Vargas, H., Prieto , J., Mesa , H., Paéz, H., & Blanco, D. (2008). Flujo de trabajo en procesos de construcción: Time-Lapse como herramienta de análisis. *Encuentro Latinoamericano de Economía y Gerencia de la Construcción*. Bogotá.