

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE
PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN MEDIANTE
LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA
CIUDAD DE TACNA”**

**Para optar:
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:
Bach. JEAN FRITZ COSI GUZMÁN**

**TACNA – PERÚ
2017**

DEDICATORIA

La realización de esta investigación va dedicada a mis padres, primera fuente de conocimientos que me permitieron llegar hasta esta etapa de mi formación y el apoyo incondicional de toda mi familia en general a lo largo de todo este tiempo; a su vez, a todas las personas que buscan mejorar la realidad del sector construcción en su localidad mediante el análisis de la productividad y nuevos modelos de gestión.

AGRADECIMIENTO

La culminación de esta investigación ha sido posible gracias a los profesionales que me brindaron las puertas abiertas de las construcciones donde estaban a cargo, a todas las personas que durante mi paso por el pregrado como mis amigos de la sección estudiantil de dirección de proyectos de la Universidad Privada de Tacna, por otra parte también a con quienes avanzaba día a día durante los diez ciclos de estudios y los profesores universitarios que me orientaron hacia la línea de investigación que se ha seguido brindando la información necesaria y fundamentalmente a mis padres y familia en general por la comprensión dada durante todo este tiempo.

RESUMEN

Mediciones sobre productividad en la construcción en la ciudad de Tacna han sido realmente escasas, sin esfuerzos por generar benchmarking interno y externo en las empresas de la localidad, motivando esta investigación para dejar medidas representativas y promover informes anuales de productividad del sector con la colaboración de empresas, universidades y las personas interesadas. Teniendo un sector que se sigue gestionando de manera tradicional, las pérdidas superficiales e internas deben de ser altas, provocando una cantidad reducida de trabajo productivo debido a fallas de logística y coordinación de los trabajos a ejecutar. El estudio se apoyó en la filosofía Lean Construction que propone diferentes enfoques para la productividad, pérdidas en la construcción y sistemas de gestión, enfocado a tres proyectos del sector privado de infraestructura educativa en diferentes etapas de su ejecución, en los cuales se aplicaron encuestas y entrevistas para el personal profesional y obrero adicionando la aplicación de carta balance previa categorización y diseño de formatos de todas las diferentes tareas posibles que encajan en los tipos de trabajo acorde a las partidas de acero, encofrado y concreto. Mediante esta evaluación el autor obtuvo indicadores que le permitieron diagnosticar en que condición se encuentra el sector en Tacna, donde se obtuvo un 41% de trabajo productivo a nivel general que a criterio del autor puede estar hasta un rango de 36% debido a la información complementaria adquirida durante las mediciones, 34% de trabajo contributorio primordialmente en transporte de material y 25% de trabajo no contributorio que contiene esperas y trabajo rehecho. En consecuencia, se concluyó que se tiene un nivel de productividad con alta pérdida superficial e interna, generando una gran oportunidad para aplicar el modelo propuesto de mejora de la productividad con enfoque de mejora continua en base a procesos eficientes, flujos eficientes y flujos continuos.

PALABRAS CLAVES

Productividad, Lean Construction, pérdidas, mejora continua, carta balance

ABSTRACT

Construction productivity measurements in the city of Tacna have been really scarce, without efforts to generate internal and external benchmarking in the local companies, motivating this research to leave representative measures and to promote annual reports of productivity of the sector with the collaboration of companies, universities and interested people. Having a sector that is still managed in a traditional way, superficial and internal waste ought to be high, causing a reduced amount of productive work due to logistics failures and coordination of the work to be carried out. The study was based on the Lean Construction philosophy which proposes different approaches to productivity, construction wastes and management systems, focusing on three private sector projects of educational infrastructure at different stages of its execution, in which surveys and interviews were applied to the professional and working staff adding the application of crew balance chart prior categorization and design of formats of all the different possible tasks that fit the types of work according to the steel, formwork and concrete. By means of this evaluation the author obtained indicators that allowed him to diagnose in which condition the sector is located in Tacna, where 41% of general productive work was obtained, according to the author's criteria, up to a range of 36% because of the information supplementary acquired during the measurements, 34% of contributory work primarily in material transport and 25% non-contributory work that contains waits and rework. Consequently, it was concluded that there is a level of productivity with high superficial and internal waste, generating a fantastic opportunity to apply the proposed model of productivity improvement with a focus on continuous improvement based on efficient processes, efficient flows and continuous flows.

KEYWORDS

Productivity, Lean Construction, waste, continuous improvement, crew balance chart

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
PALABRAS CLAVES	4
ABSTRACT	5
KEYWORDS	5
ÍNDICE	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE GRÁFICOS	9
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1 Planteamiento del problema	13
1.2 Planteamiento del problema	14
1.2.1 Problema central	14
1.2.2 Problema específico	15
1.3 Objetivos de la investigación	15
1.3.1 Objetivo central	15
1.3.2 Objetivo específico	15
1.4 Justificación del estudio	15
1.5 Limitaciones de la investigación	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1 Antecedentes del estudio	17
2.2 Bases teóricas	18
2.2.1 El camino Lean	18
2.2.2 Implementación de Lean Construction	21
2.2.3 Industrialización en la construcción	24
2.3 Definición de términos	26
2.3.1 Cartas Balance	26
2.3.2 Lean Construction	33
2.3.3 Lean Project Delivery System	36
2.4 Hipótesis	38
2.4.1 Hipótesis general	38
2.4.2 Hipótesis específica	38
2.5 Variables	38
2.5.1 Definición conceptual de la variable	38
2.5.2 Definición operacional de la variable	39
2.5.3 Matriz de consistencia	40
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	41
3.1 Tipo y nivel de la investigación	41
3.2 Descripción del ámbito de la investigación	41

3.3	Población y muestra	41
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	42
3.5	Metodología de estudio	44
3.6	Validez y confiabilidad del instrumento	44
3.7	Plan de recolección y procesamiento de datos	45
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		46
4.1	Evaluación por encuestas y entrevistas	46
4.2	Evaluación por cartas balance	49
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		102
5.1	Diagnóstico del nivel de productividad	102
5.2	Modelo propuesto de mejora de la productividad	112
CONCLUSIONES		117
RECOMENDACIONES		120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		122
ANEXOS		125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias entre la producción industrial y la construcción.....	24
Tabla 2. Tipos de trabajo contributorio.....	29
Tabla 3. Tipos de trabajo no contributorio.....	30
Tabla 4. Desperdicios (waste, muda).....	32
Tabla 5. Diferencias entre un modelo convencional y un modelo Lean.....	33
Tabla 6. Principios del Lean Construction.....	34
Tabla 7. Fases de un proyecto según LPDS.....	37
Tabla 8. Matriz de consistencia.....	40
Tabla 9. Proyectos y partidas analizadas.....	42
Tabla 10. Formato para toma de datos de mediciones de actividades.....	43
Tabla 11. Actividades para carta balance de partidas de acero.....	49
Tabla 12. Actividades para carta balance de partidas de encofrado.....	50
Tabla 13. Actividades para carta balance de partidas de concreto.....	51
Tabla 14. Carta Balance - Proyecto 01/Acero/01.....	52
Tabla 15. Carta Balance - Proyecto 01/Acero/02.....	54
Tabla 16. Carta Balance - Proyecto 01/Encofrado/01.....	56
Tabla 17. Carta Balance - Proyecto 01/Encofrado/02.....	59
Tabla 18. Carta Balance - Proyecto 01/Concreto/01.....	61
Tabla 19. Carta Balance - Proyecto 01/Concreto/02.....	64
Tabla 20. Carta Balance - Proyecto 02/Acero/01.....	67
Tabla 21. Carta Balance - Proyecto 02/Acero/02.....	69
Tabla 22. Carta Balance - Proyecto 02/Encofrado/01.....	71
Tabla 23. Carta Balance - Proyecto 02/Encofrado/02.....	73
Tabla 24. Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/01.....	75
Tabla 25. Carta Balance - Proyecto 02/Concreto/02.....	77
Tabla 26. Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/03.....	79
Tabla 27. Carta Balance – Proyecto 03/Acero/01.....	83
Tabla 28. Carta Balance - Proyecto 03/Acero/02.....	85
Tabla 29. Carta Balance – Proyecto 03/Encofrado/01.....	87
Tabla 30. Carta Balance - Proyecto 03/Encofrado/02.....	89
Tabla 31. Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/01.....	91
Tabla 32. Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/02.....	94
Tabla 33. Clasificación en base al TP.....	102
Tabla 34. Comparación histórica del nivel de productividad.....	108
Tabla 35. Variación histórica del nivel de productividad.....	109
Tabla 36. Comparación de la productividad entre Tacna y Chile.....	110
Tabla 37. Variación de la productividad entre Tacna y Chile.....	111

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Índice mensual de la Producción de Construcción 2008-2016.....	14
Gráfico 2. Producción del Sector de Construcción 2003-2015	14
Gráfico 3. Producción entre Estados Unidos y Japón	18
Gráfico 4. Índices de productividad de construcción y labores de no agricultura.....	19
Gráfico 5. Investigación y difusión del Lean Production	20
Gráfico 6. Obstáculos en la implementación del Lean	22
Gráfico 7. Resultados de la implementación del Lean	22
Gráfico 8. Beneficios del Lean Construction	23
Gráfico 9. Ejemplo de carta balance	27
Gráfico 10. Productividad y sus factores	29
Gráfico 11. Tipos de pérdidas en la construcción.....	31
Gráfico 12. Lean Project Delivery System.....	36
Gráfico 13. Formato de representación de trabajo contributivo y no contributivo..	43
Gráfico 14. Resultado de encuesta a Residente de Obra	46
Gráfico 15. Resultado de encuesta a personal profesional	47
Gráfico 16. Resultado de entrevista a personal obrero	48
Gráfico 17. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Acero/01	53
Gráfico 18. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Acero/02.....	55
Gráfico 19. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Encofrado/01	58
Gráfico 20. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Encofrado/02	60
Gráfico 21. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Concreto/01	63
Gráfico 22. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Concreto/02.....	66
Gráfico 23. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Acero/01	68
Gráfico 24. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Acero/02.....	70
Gráfico 25. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/01	72
Gráfico 26. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/02	74
Gráfico 27. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/01	76
Gráfico 28. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/02.....	78
Gráfico 29. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/03.....	82
Gráfico 30. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Acero/01	84
Gráfico 31. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Acero/02.....	86
Gráfico 32. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Encofrado/01	88
Gráfico 33. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Encofrado/02.....	90
Gráfico 34. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/01	93
Gráfico 35. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/02.....	96
Gráfico 36. Resumen Carta Balance Acero	97
Gráfico 37. Resumen Carta Balance Encofrado	98
Gráfico 38. Resumen Carta Balance Concreto	99
Gráfico 39. Resumen General de Carta Balance	100
Gráfico 40. Variación de la productividad.....	101
Gráfico 41. Comparación histórica del nivel de productividad	108
Gráfico 42. Variación histórica del nivel de productividad	110

Gráfico 43. Comparación de la productividad entre Tacna y Chile	111
Gráfico 44. Variación de la productividad entre Tacna y Chile	112
Gráfico 45. Modelo propuesto compacto de mejora de la productividad.	113
Gráfico 46. Modelo propuesto completo de mejora de la productividad	116
Gráfico 47. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Acero/01.....	131
Gráfico 48. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Acero/02.....	132
Gráfico 49. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Encofrado/01	133
Gráfico 50. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Encofrado/02.....	134
Gráfico 51. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Concreto/01.....	135
Gráfico 52. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Concreto/02.....	136
Gráfico 53. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Acero/01.....	137
Gráfico 54. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Acero/02.....	138
Gráfico 55. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/01	139
Gráfico 56. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/02.....	140
Gráfico 57. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/01.....	141
Gráfico 58. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/02.....	142
Gráfico 59. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/03.....	143
Gráfico 60. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Acero/01.....	144
Gráfico 61. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Acero/02.....	145
Gráfico 62. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Encofrado/01	146
Gráfico 63. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/02.....	147
Gráfico 64. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/01.....	148
Gráfico 65. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/02.....	149

INTRODUCCIÓN

La productividad del sector construcción está siendo duramente criticada por la población debido a que externamente se generan cuestionamientos basados en la percepción de incumplimiento de plazos, sobrecostos, falta de transparencia, conflicto con los usuarios finales, etc., y a su vez dentro del entorno de la construcción no es medido debidamente ni con la frecuencia que amerita (estudios a nivel de la capital que han servido de base para escribir tesis y libros que son usados como guía para realizar benchmarking pueden entrar en la categoría de antiguos). Por lo tanto, es necesario saber cómo se encuentra el nivel de productividad en la ciudad de Tacna mediante la aplicación de la carta balance y realizar el enfoque mediante la filosofía Lean Construction que provee de herramientas que permiten eliminar pérdidas y poder aumentar el nivel de productividad.

Mediante la carta balance se logrará poder tipificar que actividades realiza el personal obrero durante intervalos de tiempo con lo cual se podrá obtener porcentajes de trabajo productivo, trabajo contributorio y trabajo no contributorio; esto con el fin de poder llegar a conocer cuál de los porcentajes es el más predominante y analizar las causas de los resultados que se obtengan (donde generalmente se tiene un menor trabajo productivo comparado con la suma de los otros dos) y a su vez este análisis se verá reforzado con diagramas de Pareto para una mejor discretización. Con la influencia de investigaciones anteriores (teniendo este bajo porcentaje de trabajo productivo antes mencionado), es necesario generar un modelo de gestión para aumentar la productividad y cuando se tenga identificadas las causas que no agregan valor se debe de cruzar toda la información disponible usando herramientas y técnicas de la filosofía Lean Construction para evitar errores en construcciones de edificaciones futuras.

En el primer capítulo se hace de conocimiento cuáles son las motivaciones de este trabajo de investigación, comenzando con el planteamiento del problema de la productividad en Tacna, pasando por los objetivos, la justificación del estudio y por qué de enfocar el problema con la perspectiva de la filosofía Lean Construction y las limitaciones del estudio de construcción de edificaciones del sector privado. En el segundo capítulo se dan alcances de cómo se pasó desde el sistema creado en Japón en la década de los ochenta para la industria automotriz hasta la concepción

e implementación a nivel mundial de la construcción sin pérdidas, describiendo los principios de la filosofía considerando los tipos de pérdidas que se pueden encontrar y los datos de la matriz de consistencia donde se aprecian las variables e hipótesis de estudio. Dentro del tercer capítulo, se explica que tipo de investigación se está realizando, en que ámbito, la muestra de estudio, los instrumentos usados con su validez estadística y el plan para procesar los datos.

El cuarto capítulo contiene los resultados obtenido por la toma de datos mediante la Carta Balance en los diferentes proyectos de estudio, donde se evaluó la productividad mediante encuestas, entrevistas y las cartas balance para poder; en el quinto capítulo se desarrolla el diagnóstico de los niveles de productividad y un modelo de gestión para mejorar la productividad influenciado por la mejora continua. Posteriormente se tienen las conclusiones a las que llega el presente estudio y las recomendaciones brindadas por el autor para poder seguir líneas de investigación. Finalmente se muestra toda la fuente bibliográfica referenciada y anexos que contienen panel fotográfico a modo de consulta y guía para una correcta idealización del momento de la toma de datos.

Al finalizar la revisión de esta investigación, el lector dispondrá de las herramientas y técnicas necesarias para iniciar el reto de medir la productividad en las construcciones de edificaciones que pueden ser aplicadas por la empresa y otras empresas en la ejecución de sus próximos proyectos generando un círculo interno y externo de benchmarking aplicando la filosofía Lean Construction con la libertad de profundizar en otras herramientas para realizar su mejora continua y principalmente identificar y eliminar las pérdidas superficiales e internas que se puedan encontrar en los procesos de construcción.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El sector construcción en la ciudad de Tacna presenta inexactitudes respecto a los niveles de producción que se manejan, haciendo énfasis en la volatilidad del trabajo productivo, contributorio y no contributorio, siendo esto percibible en los tiempos de ejecución y el costo final de las construcciones de edificaciones.

En el desarrollo de la profesión no se debe perder de vista la productividad global, ya que en ocasiones puede que procesos aislados se estén mejorando y una mejora integral no sea reflejada generando un aumento de las inexactitudes y la volatilidad antes mencionadas que están ligadas a una falta de identificación de las restricciones, que son las que permiten llegar a mejorar la productividad local. Por ello, para concretar estas mejoras es muy importante considerar conceptos que sin la aplicación de la filosofía Lean Construction no pueden ser usados como los “últimos planificadores” y además tener presente que el cambio implica el entendimiento del comportamiento humano, reto que muchas veces no es asumido (una de las formas más eficientes de visualizar en el campo las restricciones es aplicando el Last Planner System y el dimensionamiento de pequeños lotes de producción, en los cuales se realizan estudios de tiempos y movimientos para un mejor desempeño).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú, en setiembre de 2016 el sector construcción registró una disminución de -3,81%, como resultado del menor consumo interno de cemento en -6,74%, a diferencia de la incidencia positiva del avance físico de obras que se incrementó en 5,77%. El avance físico de obras públicas creció (5,77%) debido a la mayor inversión en el ámbito del gobierno local en 26,46%; en contraste, hubo disminución en el gobierno regional en -7,11% y en el gobierno nacional en -9,94%. En el ámbito del Gobierno Local creció la inversión en infraestructura vial – carreteras y puentes, inversión en servicios básicos y construcción de edificios no residenciales. El Gobierno Nacional disminuyó la inversión en la construcción de edificios y servicios básicos; en el Gobierno Regional hubo menor construcción de edificios, sin embargo, aumentaron

obras de servicios básicos e infraestructura vial - carreteras y puentes (véase gráfico 1 y 2).

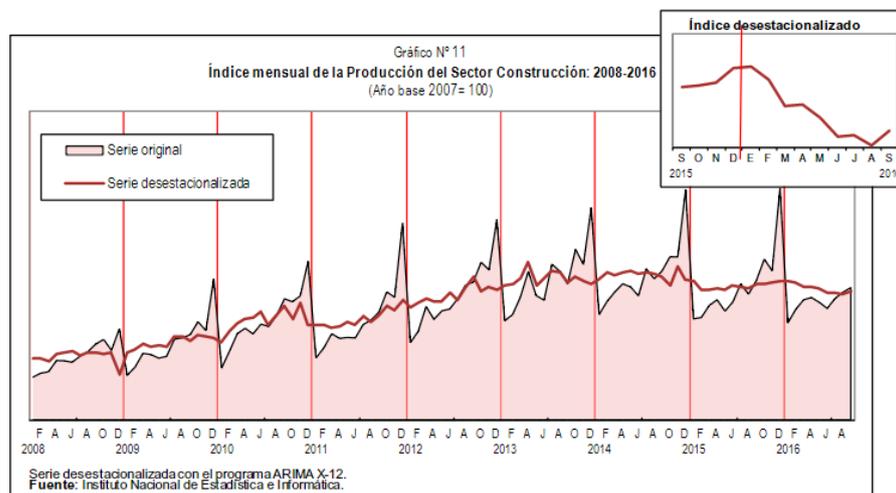


Gráfico 1. Índice mensual de la Producción de Construcción 2008-2016
Fuente: INEI (2016) Producción Nacional Setiembre. Perú.

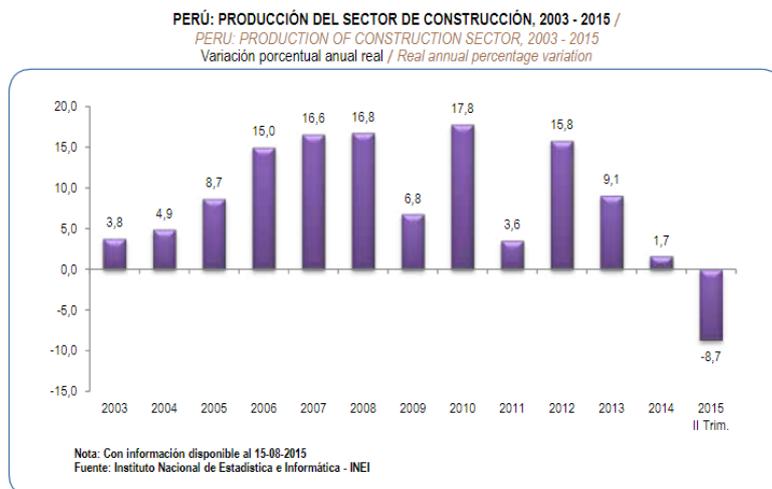


Gráfico 2. Producción del Sector de Construcción 2003-2015
Fuente: INEI (2015) Síntesis Estadística 2015. Perú

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema central

¿Se tienen eficientes niveles de productividad en las construcciones mediante la aplicación de filosofía Lean Construction de la ciudad de Tacna?

1.2.2 Problema específico

¿Qué nivel de productividad se tiene en la ciudad de Tacna?

¿Cuáles son las razones por las cuales se tienen trabajos contributivos y no contributivos mayores al trabajo productivo?

¿Qué acciones de mejora continua mediante la filosofía Lean Construction se realizan en las obras de construcción en la ciudad de Tacna?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo central

Realizar estudios de campo para diagnosticar y evaluar los niveles de productividad de las construcciones para dar acciones de mejora continua mediante la filosofía Lean Construction de la ciudad de Tacna.

1.3.2 Objetivo específico

Identificar el nivel de productividad que se tiene en la ciudad de Tacna.

Determinar las razones por las cuales se tienen trabajos contributivos y no contributivos mayores al trabajo productivo.

Determinar las acciones de mejora continua mediante la filosofía Lean Construction para las obras de construcción en la ciudad de Tacna.

1.4 Justificación del estudio

El estudio de análisis del nivel de productividad es uno de los factores más importantes al momento de controlar los tiempos de ejecución y los costos de una construcción, esto nos permite ver si la construcción tiene un ritmo de avance estable y se acerca más el nivel de confiabilidad entre lo planeado y lo ejecutado.

La filosofía Lean Construction es trascendental en el mundo de las nuevas metodologías para gestionar eficientemente un proyecto de construcción, en el cual se hace énfasis en la eliminación de pérdidas dentro del trabajo y optimizar los procesos que agregan valor al trabajo. Desde un punto de vista general, nuestro país tiene niveles de productividad menores a los de Chile (Ghio, 2001), en donde se mezcla la filosofía Lean Construction con lo último que ofrece la tecnología para obtener una gestión integral de un proyecto de construcción; sin embargo, en la ciudad de Tacna hay una falta de aplicación de dicha filosofía como a su vez, falta de uso de tecnología de vanguardia y dentro de ese problema está incluido el bajo nivel de trabajo productivo comparado con el nivel de trabajo contributivo y no contributivo.

1.5 Limitaciones de la investigación

Durante la investigación, en uno de los proyectos se tuvo que tener una coordinación de las visitas más exhaustiva para la toma de datos debido al temor de la empresa constructora por obtener una llamada de atención de cualquiera de las entidades que hacían supervisión, temor basado en considerarme como personal externo que puede no cumplir ciertas normas de seguridad, llevando a tener horarios especiales que dificultaban la toma de datos de ciertas partidas. Esta misma limitante fue señalada por otra empresa constructora, pero con un resultado más adverso al no autorizar el ingreso por ningún caso del investigador al tener la empresa un accidente con uno de sus trabajadores unas semanas antes del inicio de coordinaciones con ellos. Una limitante adicional era la falta de concordancia en el tiempo de la realización de partidas iguales en los proyectos seleccionados (si en un proyecto vaciaban losas en otro recién encofraban las columnas) por ello, se plantea partidas agrupadas como acero (en columnas o vigas), encofrado (columnas o placas) y concreto (columnas, placas o losas). Es necesario recalcar que la presente investigación sólo se enfocará en construcciones administradas bajo el sector privado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

Teniendo en cuenta la búsqueda de mejora de los estándares de productividad para obtener una reducción de costos con carácter significativo, a lo largo de los años se han utilizado ciertas metodologías para los análisis de ciertos procesos en particular, siguiendo el principio de descomposición que alivia la carga de gestionar toda la complejidad que puedan conllevar algunos procesos constructivos y por consiguiente poder decidir entre las mejores alternativas. Vitteri (2016) afirma que:

Sin embargo, esto no ha conducido al objetivo, pues tal como lo demuestra el departamento de comercio de USA y a pesar del notable esfuerzo de muchas instituciones y el aporte invaluable de WBS¹, TOC², Lean Construction y otros, la industria de la construcción es la que menos ha incrementado su productividad en términos reales a través del tiempo. (p.1)

A lo largo de la entrada al siglo XXI se han hecho mediciones del trabajo en diferentes países de Sudamérica. Por ejemplo, en Chile, Serpell, et ál (1995) observó:

El valor mínimo del trabajo productivo fue del 35% y el máximo del 55%. En cuanto a la categoría de trabajo no contributivo, el valor mínimo fue del 18% para el mismo edificio que tiene el máximo valor productivo y el máximo 31%, correspondiente al edificio con menor valor productivo. Finalmente, los extremos para el trabajo contributivo fueron un mínimo del 24% y un máximo del 34%. (p.7)

¹ La Work Breakdown Structure (WBS) es un documento que descompone el alcance o producto resultante del proyecto en los paquetes de trabajo individuales que lo componen y permiten llegar a él, incluyendo aquellos relativos a la propia gestión del proyecto; de tal forma que cada nivel muestra los paquetes de trabajo que forman parte del paquete en el nivel superior. Recuperado de:

<http://www.rekursosenprojectmanagement.com/work-breakdown-structure/>

² La Teoría de las Restricciones, filosofía creada por el Dr. Eliyahu M. Goldratt a principios de los 80, consiste en una serie de técnicas cuya aplicación permite a las empresas dirigir y optimizar su actividad de negocio. Este conjunto de técnicas y principios está sustentado en el sentido común y orientado a la mejora continua. Recuperado de:

<http://ingenieriaoperacionesua.blogspot.pe/2010/12/que-es-toc.html>.

En un libro más reciente, Serpell (2002) encontró: “Un 38% de trabajo productivo, 36% de trabajo contributivo y 26% de trabajo no contributivo” (p.37). Para el caso colombiano, Botero (2002) refiere un 49% de trabajo productivo, 28% de trabajo contributivo y 23% de trabajo no contributivo. Dentro de nuestro país también se analizaron los tipos de trabajo, (Ghio, 2001) pudo recabar información suficiente para obtener: un 28% para el trabajo productivo (vaciar concreto) y de 72% para la suma de trabajo contributivo (transporte de materiales) y no contributivo (necesidades fisiológicas), siendo agrupados al ser considerados ambos como pérdidas. Morales y Galeas (2006) llegó a la conclusión de la existencia de un 30% de trabajo productivo, 44% de trabajo contributivo y 26% de trabajo no contributivo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 El camino Lean

La producción de automóviles de los Estados Unidos estaba siendo superada por la industria japonesa, dejando de ser el líder de este sector no sólo en el terreno de las ventas, sino en otros indicadores más. El cambio fue tan radical se iniciaron estudios para entender la razón atrás de todo este suceso, como el estudio realizado por el MIT, se puede apreciar visualmente el cambio en la siguiente imagen: (Womack, Jones & Roos, 1990)

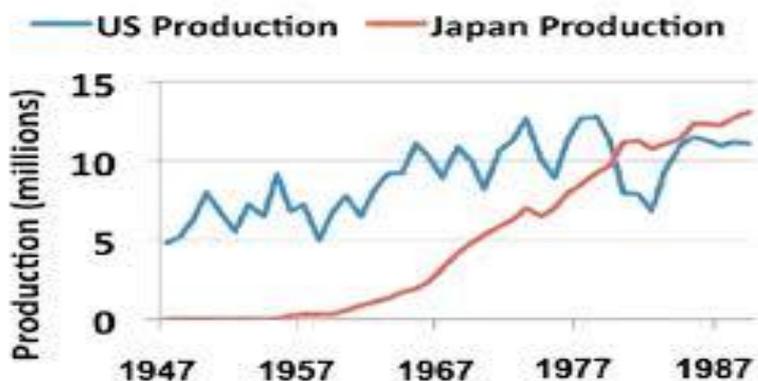


Gráfico 3. Producción entre Estados Unidos y Japón
Fuente: Womack, J., Jones, D. y Roos, D. (1990) *The Machine that changed the world.*

El índice de productividad de la construcción en Estados Unidos ha ido decayendo desde la mitad del siglo XX, todos los demás sectores excepto el de la agricultura han ido de subida como consecuencia del cambio de roles y responsabilidades que ha habido desde esas fechas hasta la actualidad de los constructores, los diseñadores y los propietarios, como se puede apreciar en la siguiente gráfica (U.S. Department of Commerce, Bureau of Labor Statistics, como se cita en Picard, 2013):

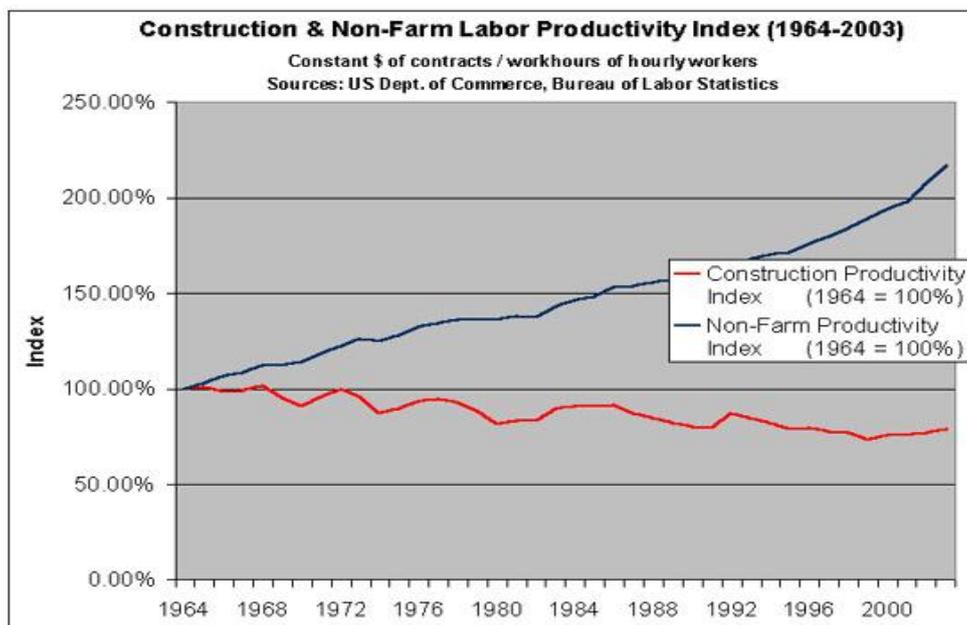


Gráfico 4. Índices de productividad de construcción y labores de no agricultura
Fuente: Picard, H. (2013) *Labor Productivity Measurement and Analysis on Heavy Construction Projects*.

La publicación que dio a conocer al mundo lo que se había estado haciendo en Japón fue *The Machine That Changed the World* en 1990, donde Womack, Jones y Roos hablan sobre la producción en masa y como se crea valor a partir del trabajo del personal laboral. En 1996, el libro *Lean Thinking* sigue el camino del anterior libro donde se sigue enfatizando la revolución de la manufactura como un sistema lean, es decir, que una manera Lean de pensar permite a uno “especificar el valor, alinear las acciones de creación de valor en la mejor secuencia, llevar a cabo estas actividades sin interrupción cada vez que alguien las solicite y realizarlas más y más eficazmente” (Womack & Jones, 1996, p.15). De tal manera que, tratando de acercar el Lean Production al sector construcción, se realiza los estudios para ver cómo se pueden acoplar los conceptos del *Just-in-Time* y demás

técnicas desarrolladas en Toyota. A continuación, se muestra un repaso al camino que tuvo que recorrer lo que hasta ese momento se conocía como Lean Production:

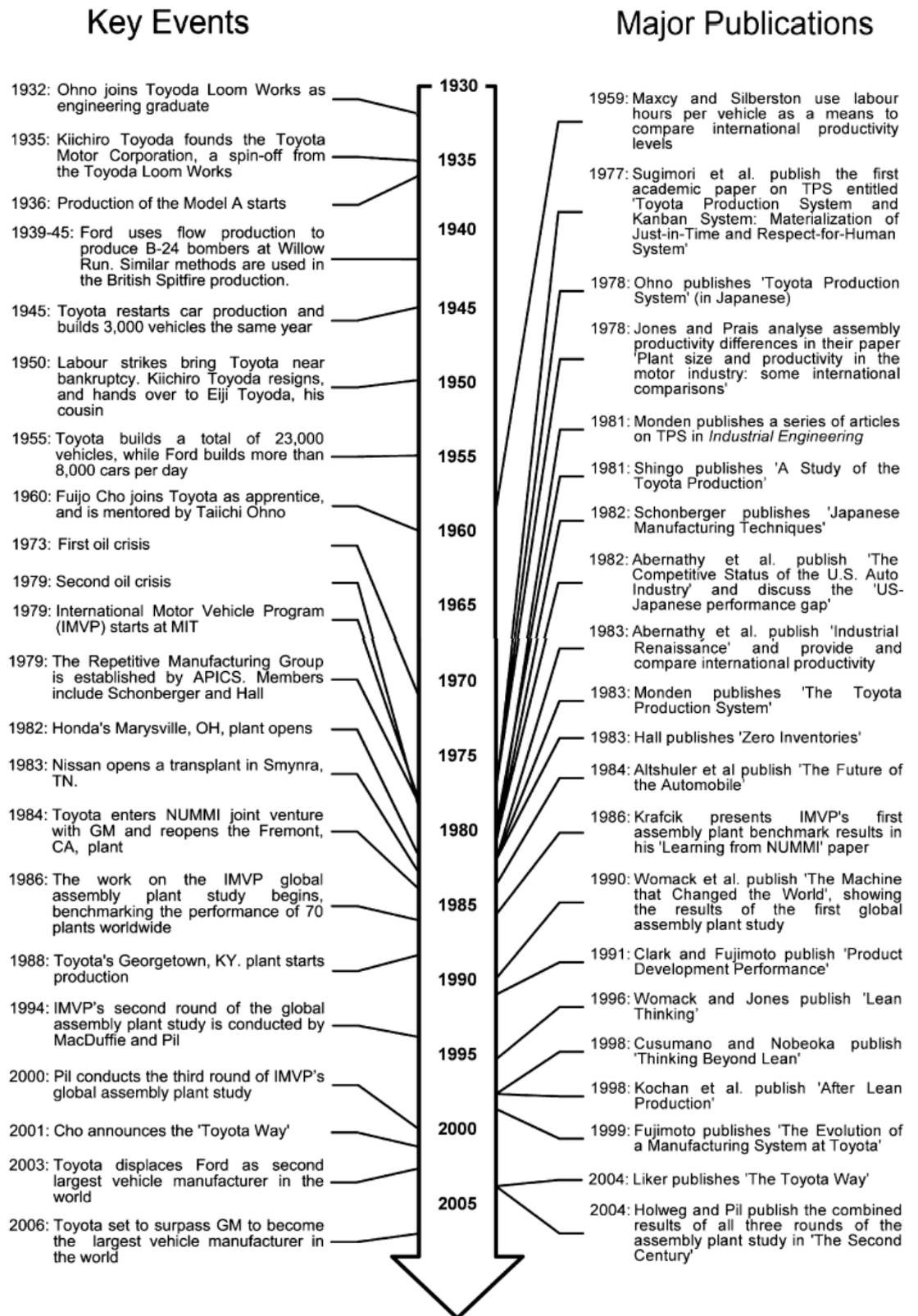


Gráfico 5. Investigación y difusión del Lean Production
Fuente: Holweg, M. (2007) *The genealogy of Lean Production*.

El Lean Construction acepta los criterios de diseño del sistema de producción de Ohno como un estándar de perfección. Pero, ¿cómo se aplica el sistema Toyota, la producción lean, en la construcción? La industria de la construcción ha rechazado muchas ideas de fabricación debido a la creencia que la construcción es diferente. Los fabricantes fabrican partes que entran en los proyectos, pero el diseño y la construcción de proyectos únicos y complejos en entornos altamente inciertos bajo un gran espacio de tiempo y la presión de programación es fundamentalmente diferente de hacer latas (Howell, 1999).

2.2.2 Implementación de Lean Construction

Es una característica muy común que las personas y sobre todo las empresas sean reticentes al cambio, enfocándonos en el pensamiento de ¿por qué debo de dejar de hacer lo que siempre me ha funcionado? Una manera de responder a esta interrogante es dando ejemplos de empresas fuera del sector construcción que por resistirse a innovar dejaron de existir, estas tuvieron una fuerte oposición a la disrupción³. Entonces para convencer a un empresario constructor quizá haya que remontarse a datos con una base estadística fuerte donde se plasme los beneficios de la utilización de estas nuevas metodologías y filosofías (culturas). Mostrando toda la data que se puede obtener de investigadores e instituciones, “algunas de las preguntas que se hacen muchos (...) profesionales de la construcción respecto a la implementación de Lean Construction son: ¿cómo se pone en práctica?, ¿por dónde empiezo?, ¿de qué herramientas dispongo? o ¿cuánto me costará?” (Pons, 2014, p.37).

En el caso español, durante el año 2013 no se tenía estadística que demuestre las bondades del Lean Construction por lo cual, para comenzar con esa corriente de implementación, se hizo un estudio sobre las raíces del Lean, el Lean Manufacturing, que cubrió varios sectores del mercado español desde el farmacéutico hasta el de automóviles. Se encontraron los siguientes obstáculos (Fundación EOI, 2013):

³ El sustantivo disrupción, el adjetivo disruptivo y el menos frecuente verbo disrumpir son adecuados para aludir a un proceso o un modo de hacer las cosas que supone una ‘rotura o interrupción brusca’ y que se impone y desbanca a los que venían empleándose. (Fundéu BBVA, s.f.) <http://www.fundeu.es/recomendacion/disrupcion-disruptivo-disrumpir/>

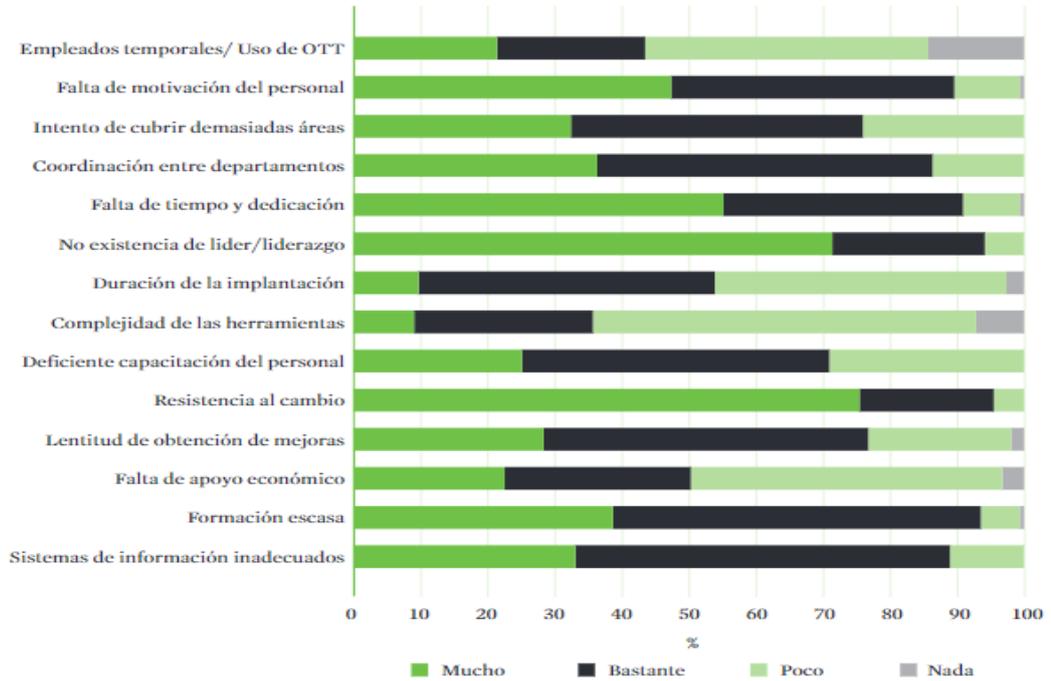


Gráfico 6. Obstáculos en la implementación del Lean
Fuente: Fundación EOI (2013) Lean Manufacturing

“Las mayores mejoras relativas, calificadas como mucho-bastante se dan en relación con el aumento de la productividad (90%), la reducción de costes (90%), la reducción de plazos de producción (89%) y el incremento de la flexibilidad (86%)” (Fundación EOI, 2013) estas mejoras y otras se aprecian a continuación:

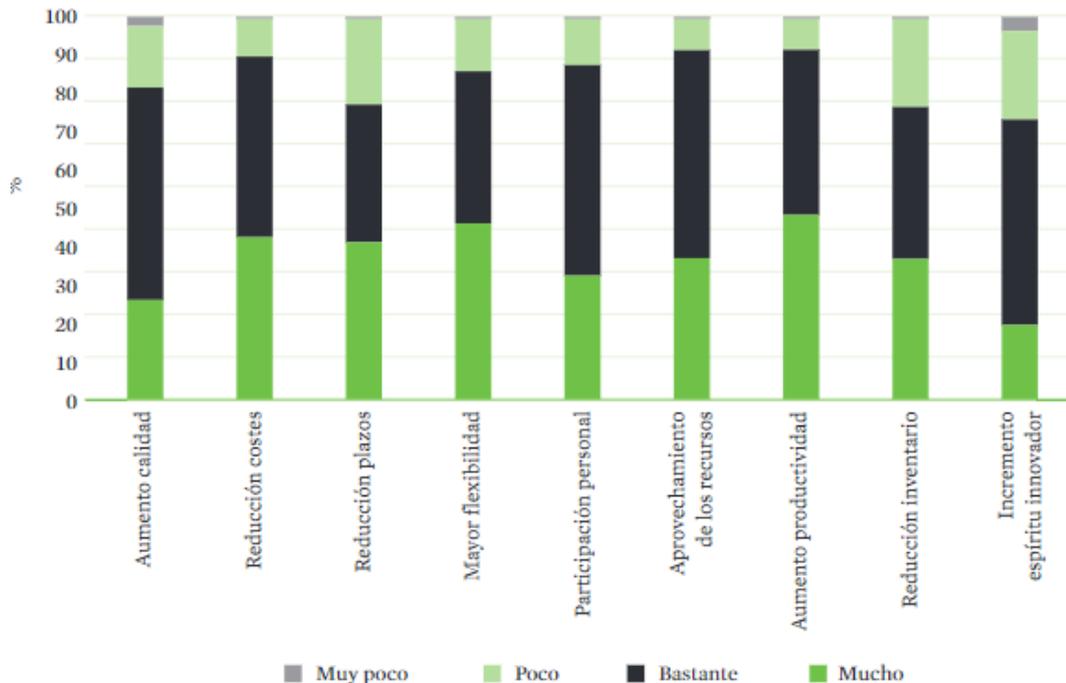


Gráfico 7. Resultados de la implementación del Lean
Fuente: Fundación EOI (2013) Lean Manufacturing

Enfocado al Lean Construction, en Estados Unidos se ha encontrado información relevante sobre el estado de su aplicación. McGraw Hill Construction (2013) (como se cita en Pons, 2014) nos indica que:

Informe sobre el estado de <i>Lean</i> en la Construcción en EE. UU. (2012)	Informe de McGraw Hill Construction sobre la aplicación de <i>Lean Construction</i> (2013)
Mejor cumplimiento del presupuesto	Mayor calidad en la construcción.
Menor número de cambio de órdenes y pedidos	Mayor satisfacción del cliente.
Rendimiento más alto de entregas a tiempo	Mayor productividad.
Menor número de accidentes	Mejora de la seguridad.
Menor número de demandas y reclamaciones	Reducción de plazos de entrega.
Mayor entrega de valor al cliente	Mayor beneficio y reducción de costes.
Mayor grado de colaboración	Mejor gestión del riesgo.

Gráfico 8. Beneficios del Lean Construction

Fuente: Pons, J. (2014) *Introducción a Lean Construction*

Para el caso peruano, se puede poner el caso de la empresa Motiva S.A. que mitiga los problemas en la productividad por escasez del flujo a tiempo y eficiente de la información, poniendo esta información en una plataforma intranet de tipo interactivo que usa el LPDS con el fin de ser un sistema integrado de información que encontró una barrera durante la implementación, donde los integrantes del equipo del proyecto habían estado acostumbrados a datos e información no formalizada. (Orihuela, 2011).

En nuestro país existe un capítulo⁴ del LCI con empresas asociadas al mismo donde se promueven todas estas prácticas mencionadas en este trabajo, con apoyo de universidades al contar con una membresía estudiantil; por lo tanto, se puede recabar estadísticas para nuestro sector y poder usar *benchmarking* y el sector pueda crecer a los niveles internacionales, como es en el caso de Chile donde estos intentos ya vienen con más antigüedad.

⁴ El Capítulo Peruano Lean Construction Institute (CPLCI) es una organización sin fines de lucro que opera como catalizador para la implantación de Lean en la industria de la construcción, (...) con el fin de generar un crecimiento en la productividad del sector de la construcción en nuestro país. (CPLCI, s.f.) <http://www.leanperu.com.pe/>

2.2.3 Industrialización en la construcción

Los seres humanos día a día hacen uso constante mediante sus actividades de los productos del sector construcción, volviéndolo a este en una pieza clave dentro de nuestra sociedad, trazando un desarrollo como país, quedando evidenciada la gran importancia de la industria de la construcción en el crecimiento de nuestro entorno, diferenciándose de cualquier otra actividad industrial (Serpell, 2002). “La construcción tradicional es artesanal por lo que se hace difícil lograr mayores metas de control de calidad, rendimientos, seguridad, rapidez de ejecución, reducción de costos, así como la especialización del personal” (Cabrera, 2001, p.1). “Es verdad que este planteamiento puede obligar a introducir cambios en las funciones que tienen cada uno de los agentes en el proceso constructivo, que tendrían que trabajar en equipo, (...) desde el principio para conseguir sistemas estándares, pero el producto final saldría claramente beneficiado” (Gili, 2008, p.1).

Tabla 1. Diferencias entre la producción industrial y la construcción

Característica	Producción industrial	Construcción
Productividad	Alta	Media a baja
Organización	Lineal/Funcional/Jerárquica, con fuerte integración vertical, estable	Asesoría/Matricial/Proyecto, con fuerte integración lateral, flexible; varía con el tiempo
Suborganizaciones	Integradas verticalmente	Autónomas, paralelas
Series de productos	Producción en masa, cíclica, basada en estudios de mercado. Compradores anónimos, casi sin influencia en la producción	Un solo producto, construido a gusto del cliente, quien tiene la última palabra
Producto	Pequeño, transportable, barato e inventariable. Substituible	Grande, inamovible, caro
Diseño del producto	Integrado con la producción	Diseño no integrado con producción
Ciclo de producción	Corto	Largo
Centros de costo	Intensivos en capital/tecnología	Intensivos en mano de obra, activos fijos mínimos
Dinámica del	Competencia por el cliente	Competencia en

mercado		presentación a licitaciones públicas o privadas
Publicidad	Obligatoria	No muy relevante
Riesgo	Moderado. Se puede repartir entre varios productos al diversificar, mercados alternativos	Alto, utilidades marginales, gran rotación de empresas, poca elasticidad cuando disminuye la demanda
Control	Programas y presupuestos confiables, buen control de calidad	Es común el incumplimiento de los programas y presupuestos. Control de calidad deficiente
Mano de obra	Permanente, estaciones de trabajo fijas y estables	Itinerante, alta movilidad en la obra
Seguridad	Entorno relativamente protegido	Trabajo riesgoso
Entorno	Protegido del clima, se puede acumular inventarios para protegerse de problemas externos	Susceptible a variaciones del clima, a los atrasos en las entregas de materiales, etc.
Ubicación	Urbana, con fácil acceso a mano de obra; materiales y equipos	Urbana/rural, puede ser muy inaccesible, lejana
Nueva operación	Se adaptan equipos y herramientas al nuevo producto	Sitio nuevo, nuevas fuentes de personal y proveedores de materiales. Casi todo es nuevo
Tecnología futura	Nuevas filosofías de producción; automatización	Aplicación de computadores a la administración, automatización, prefabricación
Investigación	Permanente	Mínima o nula
Calidad de administración	Científica, decisiones basadas en precedentes y/o procedimientos	Generalmente ad-hoc, decisiones basadas en el contexto, juicios personales, experiencia
Calidad de los	Buena	Razonable en general.

productos		Deficiente en el área de vivienda
Economías, reducciones de costos	Economías de escala, curva de aprendizaje	Modularización, prefabricación industrializada, estandarización
Grado de innovación	Bueno	Bajo
Ciclos económicos	Influencia moderada	Característica muy importante que resulta en desempleo y equipo parado; baja actividad y quiebra de empresas en ciclos bajos

Fuente: Serpell, A. (2002) Administración de operaciones en construcción

El benchmarking: “se refiere a la comparación de nuestra performance actual contra la del líder del negocio en un área en particular. En esencia significa encontrar e implementar la mejor práctica en nuestro campo”. (Castro y Pajares, 2014)

2.3 Definición de términos

2.3.1 Cartas Balance

Es una técnica que permite visualizar la interacción entre los obreros y las máquinas o equipos, usada en otros campos de la ingeniería como la ingeniería industrial en búsqueda de la eficiencia.

La carta de balance o carta de equilibrio de una cuadrilla es un gráfico de barras verticales, que tiene una ordenada de tiempo, y una abscisa en la que se indican los recursos (hombre, máquina, etc.) que participan en la actividad que se estudia, asignándole una barra vertical a cada recurso. Tal barra se subdivide en el tiempo según la secuencia de actividades en que participa el respectivo recurso, incluyéndose los lapsos improductivos y de trabajo inefectivo. Dado que cada elemento de la cuadrilla es graneado en el mismo período de tiempo, la relación de éstos se puede observar mediante una

comparación de líneas horizontales de referencia, pudiendo descubrirse patrones comunes que incidan en los ciclos de trabajo. (Serpell & Verbal, 1990, p.2)

Además, se tienen las siguientes recomendaciones:

Se realiza desde un punto fijo donde se visualice la actividad entera, el tipo de trabajo dentro de cada actividad se define previo al inicio de la medición, cada medición tiene una duración de un minuto, se asigna el tipo de trabajo que se encuentre realizando cada obrero en el momento de la medición y el método es recomendable para una cuadrilla de máximo 8-10 obreros (Guzmán & Obando, 2013).

A continuación, tenemos un ejemplo de carta balance (Kuprenas & Fakhouri, 2001, p.5):

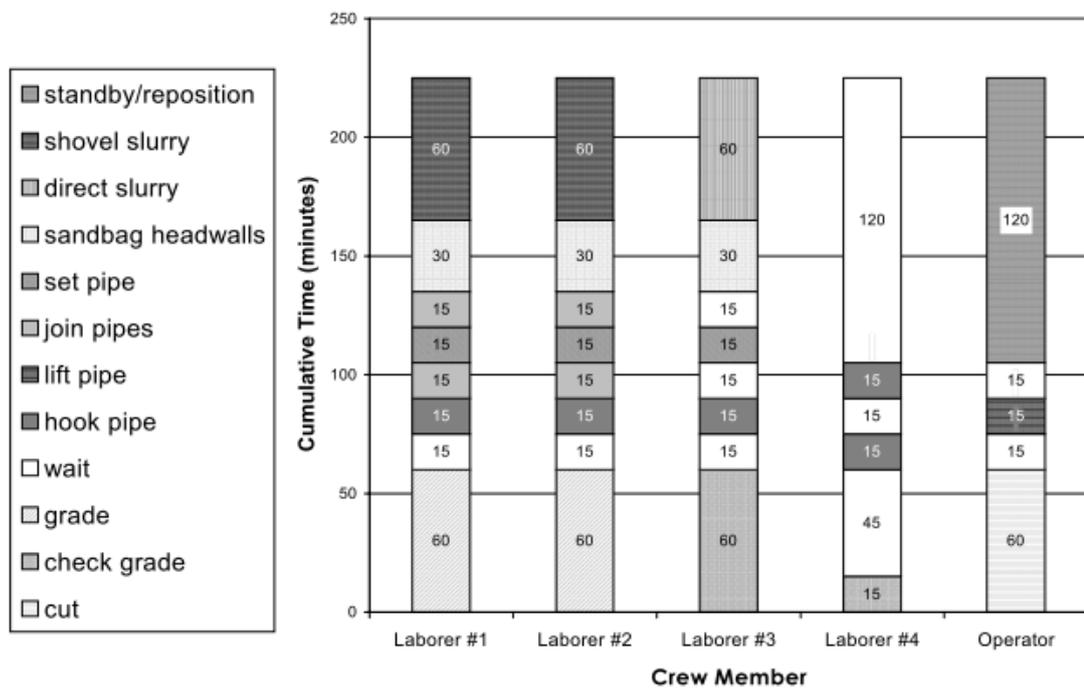


Gráfico 9. Ejemplo de carta balance

Fuente: Kuprenas, J. y Fokhour, A. (2001) A Crew Balance Case Study Improving Construction Productivity.

En este ejemplo se puede observar a una cuadrilla de cinco obreros realizando actividades de la sección inicial de una estructura de drenaje. Los diferentes tipos de actividades están listados a la izquierda y en la derecha se pueden observar la transición de actividades que va realizando cada obrero (también puede ser expresada como porcentajes), pudiendo analizar sus interacciones y crear una estrategia de mejora para la siguiente ejecución del proceso constructivo.

2.3.1.1 Productividad y tipos de trabajos en la construcción

Rowlinson & Proctor (1999) indica que:

La productividad se define generalmente como el promedio de tiempo de trabajo directo requerido para instalar una unidad de material. Se dice que la productividad perfecta (1.0) se puede lograr con una semana de trabajo de 40 horas, con personas que toman todos los días festivos y días de vacaciones como estaban planeados, si todos los planos de ingeniería estarían completados al 100%, no habría retrasos de ningún tipo durante la construcción, todo el mundo trabajaría con seguridad, todo encajaría perfectamente la primera vez, el tiempo estaría a 21°C y no habría litigios al final del proyecto (como se cita en Gundecha, 2012, p.2).

La productividad es “la relación entre lo producido y lo gastado en ello (...) es una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” (Serpell, 2002, p.29).

Por ende, es de vital importancia entender los diferentes factores que generan variabilidad en la búsqueda por obtener una mayor productividad y terminan convirtiendo este proceso en un gran problema para los constructores.



Gráfico 10. Productividad y sus factores
 Fuente: Serpell, A. (2002) *Administración de operaciones en construcción*

Para contrastar si el hecho de aplicar esos factores que ayudan a la productividad funcionan correctamente, podemos usar herramientas de *benchmarking*. “Un papel importante de la medición del rendimiento es permitir a una empresa hacer benchmarking. El benchmarking es un proceso sistemático de medición y comparación del desempeño (...) en actividades clave del negocio (Lantelme et al, 2001).” (como se cita en Costa, Formoso, Kagioglou, Alarcón y Caldas, 2006, p. 158).

Una de las formas de analizar la productividad y poder realizar benchmarking es usando la técnica de las cartas balance, donde podemos dividir las actividades en trabajo productivo, contributorio y no contributorio. Ghio (2001) refiere que el trabajo productivo en los procesos constructivos es el que contribuye de manera sustancial a la generación de producción; mientras que el trabajo contributorio es el soporte del trabajo productivo, siendo esta una actividad que no genera valor, pero es por definición fundamental e inevitable para el correcto desarrollo del proceso constructivo, comúnmente conocido como actividad de apoyo.

Tabla 2. Tipos de trabajo contributorio

Tipo	Definición
Transporte manual	Fallas en el flujo de materiales y escasa programación y control del uso de maquinaria.
Mediciones	Para la generación de piezas faltantes y cumplimiento de normas técnicas.

Aseo o limpieza	Con propósitos higiénicos y prevención de problemas de seguridad y accesibilidad.
Instrucciones	Aclaraciones de órdenes de trabajo y reorganizaciones del frente de trabajo.
Otros	Diseño de procesos constructivos y bajo rendimiento adrede.

Fuente: Ghio, V. (2001) Productividad en obras de construcción

Las diversas actividades que dentro del marco del Lean Construction son catalogadas como pérdidas, tienen un carácter de no generar valor, por lo tanto, se consigna como trabajo no contributorio. Estas siguen teniendo su costo que no se debe de perder de vista, a pesar de ser descritas como innecesarias (Ghio, 2001).

Tabla 3. Tipos de trabajo no contributorio

Tipo	Definición
Viajes	Exceso de número de obreros en una cuadrilla, déficit de supervisión y erróneo flujo de procesos.
Tiempo ocioso	Actitud del trabajador y déficit de supervisión.
Esperas	Deficiencia en el flujo de materiales, exceso de número de obreros en una cuadrilla.
Trabajo rehecho	Trabajos mal ejecutados de baja calidad y desperfectos posteriores.
Otros	Necesidades fisiológicas, refrigerios, etc.

Fuente: Ghio, V. (2001) Productividad en obras de construcción

2.3.1.2 Pérdidas en la construcción

En la búsqueda de un aumento de la productividad, el reconocimiento de las actividades que afectan negativamente a los procesos constructivos se vuelve una actividad necesaria, por lo cual uno puede basarse en el concepto de *waste* (pérdida) para facilitar la labor de identificación y contribuir a la mejora de la ejecución de la construcción que uno esté realizando. “Pérdidas es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no le agrega valor al producto terminado. Ejemplo: esperas, demoras, transportes, etc.” (Ghio, 2001). Estas pérdidas pueden ser categorizadas como defectos, sobreproducción, esperas, talento no utilizado,

transporte, inventario, movimiento y extra procesamiento (Sarhan, 2015) como se ve en la siguiente imagen:



Gráfico 11. Tipos de pérdidas en la construcción.

Fuente: Sarhan, S. (2015) *The Concept of Waste as Understood in Lean Construction*.

Podemos hacer un contraste entre las posibles pérdidas en la construcción con los factores que afectan la productividad enunciados por (Serpell, 2002):

- Sobretiempo programado y/o fatiga.
- Errores y omisiones en planos y especificaciones.
- Muchas modificaciones durante la ejecución del proyecto.
- Diseños muy complejos.
- Diseños incompletos o atrasados.
- Agrupamiento de trabajadores en espacios reducidos.
- Falta de supervisión del trabajo.
- Reasignación de la mano de obra de tarea en tarea.
- Ubicación inapropiada de los materiales.
- Temperatura o clima adverso.
- Mala o escasa iluminación de los frentes de trabajo.
- Nivel de agua subterránea muy superficial.
- Mucho ausentismo de trabajadores.
- Mucha rotación de personal (contrataciones y despidos).
- Falta de materiales cuando se necesitan.
- Falta de equipos y herramientas cuando se requieren.

- Alta tasa de accidentes en el trabajo.
- Disputas jurisdiccionales entre cuadrillas.
- Disponibilidad limitada de mano de obra adecuada y capacitada.
- Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas.
- Situación económica del país y nivel de desempleo.
- Exceso de tiempo en la toma de decisiones.
- Ubicación de la obra en un lugar de difícil acceso.
- Exigencias excesivas de control de calidad.
- Interrupciones no controladas (café, ida a los servicios, etc.).
- Hora del día y día de la semana, que provocan variaciones en el desempeño de las personas.
- Características de tamaño y duración de la obra, poco motivadoras para el personal.

Existen instituciones que también nos brindan una referencia sobre *muda*⁵ en la construcción (Seed, 2016)

Tabla 4. Desperdicios (waste, muda)

Muda (waste)	Ejemplo
Transporte	Movimientos innecesarios, proceso a proceso
Inventario	Cantidades más allá de lo inmediatamente necesitado
Movimiento	Movimiento que no agrega valor
Esperas	Trabajos en progreso estancados
Sobre procesamiento	Acabar más allá de lo necesitado
Sobreproducción	Creando antes de que sea necesitado
Defectos	Trabajo rehecho
Talento	Gente subutilizada
Sobrecargar (Muri)	Empujando el sistema más allá de sus límites
Desnivel (Mura)	Fluctuación de la demanda
Desacato	Consumo de recursos

Fuente: Seed, W. (2016) Transforming Design and Construction: A framework for change.

Adicionalmente podemos observar desperdicios durante los procesos de diseño de un proyecto, por lo tanto, es necesario tener una visión integrada de lo

⁵ Muda, Mura y Muri son tres conceptos claves en el sistema de producción de Toyota y tienen como objetivo la mejora en las diferentes etapas del proceso productivo. <http://kailean.es/muda-mura-muri-toyota/>

que pueda afectar a la productividad. Se puede ver el desperdicio en el diseño en el error y omisiones, aprobaciones, flujos de trabajo, nivel de detalle (LOD⁶) si se utiliza BIM⁷ y el talento humano subutilizado (Spata, 2017). Si bien el enfoque de desperdicio está masificado en la ejecución, dentro de otras etapas o fases de los proyectos es necesaria la misma visión, de esta forma se tiene un análisis holístico pensando en un sistema integrado de gestión del proyecto y justamente con este tipo de visión podemos dar como válido las palabras de Ohno (1988) que enfatizó: “En las fábricas de Toyota no encontrar desperdicios es síntoma de que algo no va bien. Cada vez que descubrimos un desperdicio es una oportunidad para mejorar”. Además, es bueno recordar el pensamiento de Shingo (1989) indicándonos que: “El más peligroso tipo de desperdicio es el desperdicio que no reconocemos”.

2.3.2 Lean Construction

“Lean Construction es una filosofía basada en los conceptos de lean manufacturing. Se trata de gestionar y mejorar el proceso de construcción para ofrecer de manera rentable lo que el cliente necesita” (Constructing Excellence, 2004, p.1). Tomando en cuenta esta premisa, podemos trazar algunas diferencias entre un modelo convencional y un modelo que usa por completo el Lean Construction, entre las cuales tenemos (Mehany, 2015) :

Tabla 5. Diferencias entre un modelo convencional y un modelo Lean

Diferencias	Modelo Convencional	Modelo Lean
Enfoque	Gradual e individual	Colaborativo
Entrega	El proyecto	Necesidades del cliente
Riesgo	Gestión o transferencia de riesgos individuales	Compartido con enfoque de recompensas
Uso del Lean Construcción	Como herramienta	Como cultura y una forma de hacer negocios
Procesos	El proyecto lo dictamina y son lineales	Esfuerzo continuo por estandarizarlo y son concurrentes/multinivel

⁶ La Especificación de Nivel de Desarrollo (LOD) es una referencia que permite (...) especificar y articular con un alto nivel de claridad el contenido y la confiabilidad de los Modelos de Información de Edificios (Bimforum, 2016) <http://bimforum.org/lod/>

⁷ Building Information Modeling es un proceso para crear y administrar información sobre un proyecto de construcción a lo largo del ciclo de vida del proyecto (NBS, 2016) <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>

Flujo	Interrumpido basado en el comercio	Continuo
Logística	Separada	Integrada y compartida

Fuente: Mehany, M. (2015) Lean Construction Principles Past and Present - A Business Model Consistency.

2.3.2.1 Principios del Lean Construction

En el año 1992 en el CIFE⁸ de la Universidad de Stanford, se establecieron los principios del Lean Construction, dedicados al diseño de los flujos de procesos y llegar a tener mejores procesos, se convierten en los cimientos de esta filosofía los siguientes (Koskela, 1992):

Tabla 6. Principios del Lean Construction

Principios	Definición
Reducir la proporción de actividades sin valor añadido (residuos).	Usualmente solo de 3 al 20% de pasos agregan valor (Ciampa, 1991) y su proporción del tiempo total del ciclo es de 0.5 a 5% (Stalk & Hout, 1990)
Aumentar el valor de salida mediante la consideración sistemática de las necesidades del cliente	El valor se genera a través del cumplimiento de los requisitos del cliente, para cada actividad hay dos tipos de clientes, las próximas actividades y el cliente final.
Reducir la variabilidad	La normalización de las actividades mediante la aplicación de procedimientos normalizados suele ser el medio para reducir la variabilidad en los procesos de conversión y flujo.
Reducir los tiempos de ciclo	Comprimir el tiempo de ciclo, lo que obliga a la reducción de la inspección, el movimiento y el tiempo de espera.
Simplifique minimizando el	Acortando los flujos consolidando las actividades, minimizando la cantidad de control de la información

⁸ Center for Integrated Facility Engineering. La misión de CIFE es ser el principal centro de investigación académica del mundo para apoyar prácticas de ingeniería y gestión excepcionalmente confiables para planificar, diseñar, construir y operar instalaciones sostenibles. <http://cife.stanford.edu/>

número de pasos y partes	necesitada, estandarización, prefabricados, desacoplamiento de los vínculos.
Aumentar la flexibilidad de salida	Formación de una mano de obra multidisciplinaria, minimizar el tamaño de los lotes para satisfacer la demanda y la personalización tan tarde en el proceso como sea posible
Aumente la transparencia del proceso	Estableciendo la limpieza básica para eliminar el desorden: el método de 5-S, haciendo el proceso directamente observable a través de un diseño y señalización apropiados y utilizando controles visuales para permitir que cualquier persona reconozca inmediatamente los estándares y las desviaciones de ellos
Control de enfoque en todo el proceso	Se designan “dueños de procesos” para procesos multifuncionales, responsables de la eficiencia y efectividad de ese proceso (Rummler & Brache, 1990)
Construir una mejora continua en el proceso	Medición y seguimiento de la mejora, enlazar la mejora con el control y estableciendo objetivos extendidos, por medio de los cuales se desentierran los problemas y se estimulan sus soluciones
Balancear la mejora del flujo con la mejora de la conversión	Cuanto mayor es la complejidad del proceso de producción, mayor es el impacto de la mejora del flujo y cuantos más desechos resultan inherentes al proceso de producción, más rentable será la mejora del flujo en comparación con la mejora de la conversión
Benchmarking	Conocer a los líderes o competidores de la industria; encontrar, comprender y comparar las mejores prácticas e incorpora lo mejor; copiar o modificar las mejores prácticas en sus propios subprocesos. (Camp, 1989)

Fuente: Koskela, L. (1992) Application of the new production philosophy to construction.

2.3.3 Lean Project Delivery System

Desde que se creó el sistema de TQM⁹ que pasó a ser el Toyota Production System, pasando por la creación del LCI¹⁰ realizado por Howell y Ballard en los años noventa (Spata, 2017), se ha tenido el IPD y el LPDS, para esta investigación se tomará los lineamientos de este último sistema para la elaboración de las encuestas y el enfoque de las entrevistas. Ballard (2008) nos dice que el LPDS es: “un modelo prescriptivo para la gestión de proyectos, en el que la definición del proyecto se representa como un proceso de alineación de fines, medios y restricciones” (p.4). Podemos entender por fines llegar a crecer económicamente en un mercado como empresa constructora o basarnos en causas sociales como reducir los tiempos de conexión terrestre entre dos localidades; como medios la creación de departamentos o la construcción de un túnel y como restricciones a elementos como las regulaciones existentes o el tiempo y costo de operar en diferentes ubicaciones (Ballard, 2000).

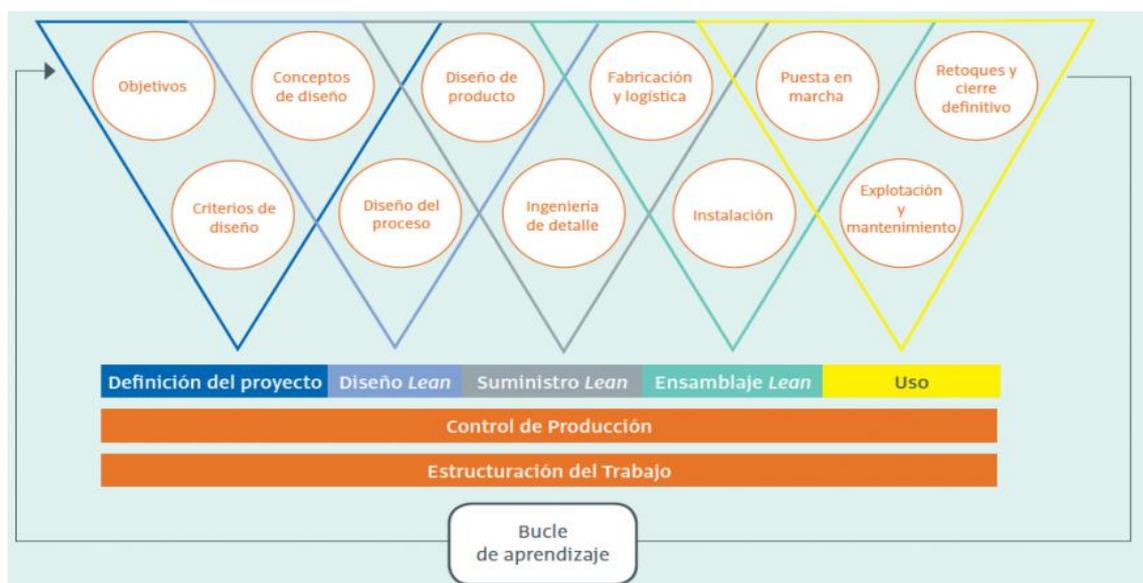


Gráfico 12. Lean Project Delivery System
Fuente: Ballard, G. (2008) *The Lean Project Delivery System An Update*.

⁹ Total Quality Management TQM, también conocido como mantenimiento productivo total, describe un enfoque de gestión para el éxito a largo plazo a través de la satisfacción del cliente. En un esfuerzo de TQM, todos los miembros de una organización participan en la mejora de procesos, productos, servicios y la cultura en la que trabajan. (ASQ, s.f.) <http://asq.org/learn-about-quality/total-quality-management/overview/overview.html>

¹⁰ Lean Construction Institute (LCI) es una organización sin fines de lucro, fundada en 1997. El Instituto funciona como un catalizador para transformar la industria a través de la entrega de proyectos Lean utilizando un sistema operativo centrado en un lenguaje común, principios fundamentales y prácticas básicas. (LCI, s.f.) <https://www.leanconstruction.org/>

Existen varias formas en las cuales podemos dividir un proyecto, ya sea por componentes o por fases, por la forma en cómo se desarrollará en base a legislación vigente o modelos que van apareciendo con el paso del tiempo; pasando desde diseño-licitación-construcción hasta el *Lean Project Delivery System* que tiene como fases las siguientes: (Pons, 2014, pp.39-42)

Tabla 7. Fases de un proyecto según LPDS

Fases	Definición
Definición	Los colaboradores clave realizan una reunión donde se define el propósito y sus requisitos, determinando el coste permitido para el proyecto, siendo mayor que el coste esperado y este mayor al coste objetivo
Diseño Lean	El equipo crea múltiples alternativas, basadas en los requisitos, limitaciones y coste objetivo para entregar el máximo valor al cliente. Se completa el Programa Maestro y el Diseño de Procesos.
Suministro Lean	Ingeniería de detalle, fabricación y entrega que requiere el diseño del producto y del proceso. El sistema del último planificador contribuye con el suministro Just-in-Time y Planificación Pull
Ensamblaje Lean	Inicia con la entrega de información, materiales, mano de obra, herramientas, o componentes necesarios para la ejecución y termina con la puesta en marcha de la infraestructura. Uso del PDCA, estandarización de trabajos y los informes A3
Uso	Concluye cuando el cliente tiene un uso beneficioso de la instalación, cierre de obra, retoques definitivos y la explotación y mantenimiento del edificio.

Fuente: Pons, J. (2014) Introducción a Lean Construction.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Las construcciones de la ciudad de Tacna carecen de acciones de mejora continua, debido al bajo nivel de control del nivel de productividad y modelos o filosofías de gestión de las mismas.

2.4.2 Hipótesis específica

La ciudad de Tanca tiene un nivel de productividad menor al 35% como porcentaje promedio del país.

Los porcentajes de trabajos contributorios y no contributorios son mayores al de trabajo productivo debido a la inadecuada gestión de reducción de pérdidas en la construcción.

Aplicación de las metodologías de la filosofía Lean Construction como acciones de mejora continua a las obras de construcción en la ciudad de Tacna.

2.5 Variables

2.5.1 Definición conceptual de la variable

- Filosofía Lean Construction: cultura de respeto y mejora continua, que tiene como objetivo crear más valor para los clientes mientras se identifica y se elimina el desperdicio. (LCI, 2016).
- Productividad: la relación entre producción final y factores productivos (tierra, equipo y trabajo) utilizados en la producción de bienes y servicios. De un modo general, la productividad se refiere a lo que genera el trabajo, la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo. Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital, trabajo y tierra. (Allmon, Haas, Borcharding y Goodrum, 2000).

- Pérdidas en la construcción: Lo opuesto a valor, hay siete tipos básicos de pérdidas o desperdicios incluyendo a los defectos, esperas, transporte de materiales, movimientos, inventario, sobreproducción y pasos innecesarios en los procesos. (LCI, 2016).
- Sistema de gestión: Un Sistema de Gestión es un conjunto de etapas unidas en un proceso continuo, que permite trabajar ordenadamente una idea hasta lograr mejoras y su continuidad. Se establecen cuatro etapas en este proceso, que hacen de este sistema, un proceso circular virtuoso, pues en la medida que el ciclo se repita recurrente y recursivamente, se logrará en cada ciclo, obtener una mejora. (Vergara, 2009).

2.5.2 Definición operacional de la variable

- Filosofía Lean Construction: cultura de trabajo que engloba cada aspecto de la gestión de un proyecto, considerando sus estrategias de búsqueda de la productividad mediante la reducción de pérdidas, mejora continua y realización de benchmarking interno y externo.
- Productividad: medición del trabajo que aporta valor a la construcción dependiendo del nivel de trabajo productivo que se tenga a partir de aplicar cartas balance y posicionarlo entre niveles de productividad.
- Pérdidas en la construcción: actividades que no generan valor y por lo tanto deben de ser reducidas para aumentar la productividad, categorizadas como trabajo contributorio y trabajo no contributorio obtenido mediante cartas balance y estudios de verificación.
- Sistema de gestión: forma de tomar las riendas de la dirección de un proyecto donde cada trabajador independiente de su jerarquía sepa como desenvolverse en caso de problemas de logística, calidad, etc.; a su vez el tipo de implementaciones que realiza para ver si se tiene un sistema tradicional o uno enfocado a la innovación como en casos de la tecnología usada en materiales y tipos de comunicación.

2.5.3 Matriz de consistencia

Tabla 8. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES
¿Se tienen eficientes niveles de productividad en las construcciones mediante la aplicación de filosofía Lean Construction de la ciudad de Tacna?	Realizar estudios de campo para diagnosticar y evaluar los niveles de productividad de las construcciones para dar acciones de mejora continua mediante la filosofía Lean Construction de la ciudad de Tacna.	Las construcciones de la ciudad de Tacna carecen de acciones de mejora continua, debido al bajo nivel de control del nivel de productividad y modelos o filosofías de gestión de las mismas.	Independiente Filosofía Lean Construction
¿Qué nivel de productividad se tiene en la ciudad de Tacna?	Identificar el nivel de productividad que se tiene en la ciudad de Tacna.	La ciudad de Tacna tiene un nivel de productividad menor al 35% como porcentaje promedio del país.	Dependiente Productividad
¿Cuáles son las razones por las cuales se tienen trabajos contributorios y no contributorios mayores al trabajo productivo?	Determinar las razones por las cuales se tienen trabajos contributorios y no contributorios mayores al trabajo productivo.	Los porcentajes de trabajos contributorios y no contributorios son mayores al de trabajo productivo debido a la inadecuada gestión de reducción de pérdidas en la construcción.	Dependiente Pérdidas en la construcción
¿Qué acciones de mejora continua mediante la filosofía Lean Construction se realizan en las obras de construcción en la ciudad de Tacna?	Determinar las acciones de mejora continua mediante la filosofía Lean Construction para las obras de construcción en la ciudad de Tacna.	Aplicación de las metodologías de la filosofía Lean Construction como acciones de mejora continua a las obras de construcción en la ciudad de Tacna.	Dependiente Sistema de gestión

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de la investigación

Esta línea de investigación está centrada en determinar el nivel de productividad del sector construcción de la ciudad de Tacna usando los conceptos de la filosofía Lean Construction para su evaluación y diagnóstico.

3.2 Descripción del ámbito de la investigación

Obteniendo los permisos necesarios, se procedió a coordinar las fechas de mediciones de campo para que en las visitas también se pueda aplicar las encuestas y entrevistas a las distintas personas involucradas en los proyectos. En las conversaciones para la autorización de ingreso, siempre se tuvo presente los tópicos referentes a la seguridad y a no interrumpir las labores de los obreros (en un contexto donde previamente se habían tenido incidentes como se menciona en las limitaciones), a su vez para encontrar una ubicación pertinente que no impida el libre tránsito del personal de los proyectos ni de la maquinaria que se desplaza por actividades de limpieza o remoción.

Por lo tanto, esta investigación ha sido desarrollada en las construcciones que fueron ejecutadas en la ciudad de Tacna, construcciones que a nivel general van desde la ampliación a segundo piso de una institución educativa hasta la creación y reforzamiento de las estructuras de pabellones de una universidad; es por ello que se ha buscado un punto en común entre estas en base al sistema de administración, el tipo de construcción, costo de la construcción, etc.

3.3 Población y muestra

Para el presente estudio, se han focalizado los proyectos que fueron desarrollados por el sector privado en la ciudad de Tacna durante los primeros meses del año 2017. Por lo anteriormente dicho, se escogió una muestra representativa de proyectos en base a la construcción de infraestructura educativa con labores entre creación, reforzamiento y ampliaciones.

En coordinación con los responsables de estos proyectos se acordó que su información quedaría en carácter confidencial y no serán mencionados en la presente investigación, siendo llamado simplemente como proyectos. Asimismo, los tipos de partidas a elegir son las que se encuentran en la etapa de construcción de “casco estructural” como es expresado por Morales y Galeas (2006, pp 4).

Tabla 9. Proyectos y partidas analizadas

Proyecto	Característica	Estado	Partidas
Proyecto 01	Creación	Mitad	Acero - Placas $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ Enconfrado - Placas Concreto - Placas $C^\circ A^\circ$ $f'_c=210\text{kg/cm}^2$
Proyecto 02	Reforzamiento	Inicio	Acero – Columnas y Vigas $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ Enconfrado – Vigas y Viguetas Concreto – Columnas y Losas $C^\circ A^\circ$ $f'_c=210\text{kg/cm}^2$
Proyecto 03	Ampliación	Inicio	Acero – Columnas $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ Enconfrado – Columnas y Placas Concreto – Columnas y Placas $C^\circ A^\circ$ $f'_c=210\text{kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para el caso de las mediciones de campo se podrán medir categorías como: trabajo productivo, trabajo contributorio (transportes, limpieza, recibir/dar instrucciones, mediciones, otros) y trabajo no contributorio (viajes, tiempo ocioso, esperas, trabajo rehecho, descanso, necesidades fisiológicas, otros). Por lo tanto, el desarrollo de la toma de datos es independiente del tipo y complejidad de la actividad que se esté realizando, el tesista debe de colocarse en una ubicación donde pueda visualizar la ejecución del proceso constructivo, debiendo apuntar de qué cuadrilla es el trabajador y cuál es el tipo de trabajo que está ejecutando. Las definiciones de cada categoría son respetadas meticulosamente manteniéndolas de forma inamovible y permanente (Ghio Castillo, 2001).

Tabla 10. Formato para toma de datos de mediciones de actividades

N°	Obrero 1	Obrero 2	Obrero 3	Obrero 4	Obrero 5	Obrero 6	Obrero 7	Obrero 8
8.00am								
8.01am								
8.02am								
8.03am								
8.04am								
...								

Fuente: Ghio, V. (2001) Productividad en obras de construcción.

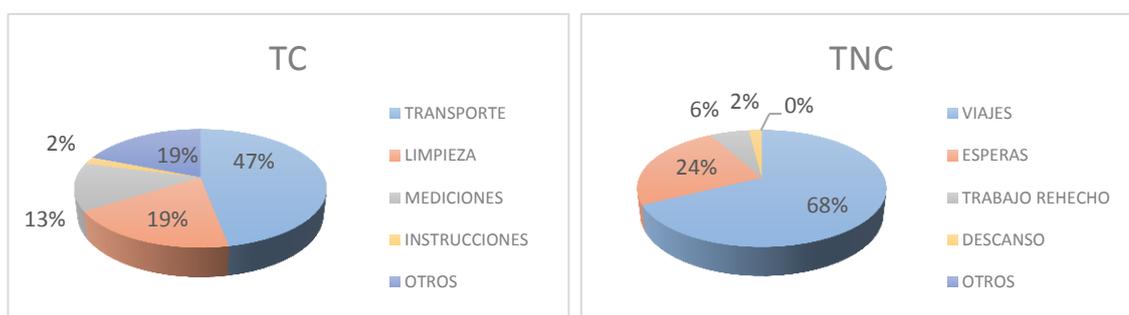


Gráfico 13. Formato de representación de trabajo contributivo y no contributivo.

Fuente: Ghio, V. (2001) Productividad en obras de construcción

Adicionalmente se realizará otro tipo de toma de datos¹¹ para poder interpretar mejor los resultados obtenidos por las cartas balance, en este caso se prevé por conveniente usar dos encuestas y una entrevista, de manera escrita y de manera oral respectivamente. Las encuestas están dirigidos hacia el ingeniero residente de la obra (la primera) para indagar sobre datos generales de la obra como relaciones contractuales, interacción con sus trabajadores y sobre conocimiento sobre aplicaciones del Lean Construction; y al personal profesional de apoyo como asistente y practicantes (la segunda) para conocer más sobre sus procesos de planificación y actualización de la misma, uso de nuevas tecnologías en la construcción y como realizan el seguimiento y control de las actividades ejecutadas. La entrevista es formulada al personal técnico de la obra, en este caso a los jefes de cuadrilla para que el flujo de la información sea el máximo posible debido al poco tiempo disponible que tienen ellos para poder dejar de hacer sus labores y contribuir con este estudio. Está basada en aspectos como la interacción con sus superiores, el desarrollo de sus actividades (tratando de evidenciar algunos

¹¹ El detalle de las encuestas y entrevista puede verse en el Anexo Formatos.

problemas comunes en el proceso de ejecución) y si se tiene ciertos incentivos a modo de motivación en su trabajo.

3.5 Metodología de estudio

La metodología para determinar el nivel de productividad de las construcciones de la ciudad de Tacna va a ser determinada en base a los resultados de las mediciones de campo y la realización de encuestas y entrevistas en un número representativo de obras, para lo cual se han seguido los siguientes pasos:

- Identificar los proyectos que se ajustan a las características de la población a quienes se les aplicará el estudio.
- Redacción de solicitudes de ingreso a los proyectos identificados.
- Entrega de documentos en las oficinas de las empresas encargadas de la construcción de los proyectos identificados.
- Recepción de respuesta de la solicitud.
- Coordinación con los profesionales encargados para programar las visitas en base a las partidas de interés.
- Realización de encuestas al personal profesional
- Toma de datos mediante la carta balance
- Entrevistar al personal obrero a quienes se les realizó las mediciones.
- Digitalizar la información obtenida por medio de las cartas balance.
- Generar los informes y análisis de los datos.

3.6 Validez y confiabilidad del instrumento

Para el caso de las cartas balance, se tiene en consideración lo explicado por Serpell (2002) "Por razones estadísticas se recomienda que, en general, en cualquier programa de muestreo se realicen no menos de 384 observaciones, ya que de esta forma se obtiene una confiabilidad del 95% y un error no mayor de +-5%" (p. 180). Esto está basado en la búsqueda por una distribución normal de la muestra y el uso de estimación por proporciones, donde la probabilidad de ocurrencia de un evento se asemeja a una distribución normal concorde al teorema del límite central para un número de ensayos grande al usar una secuencia de Bernoulli. Las encuestas y entrevistas han sido validadas por el asesor al tener un símil los resultados que se obtuvieron en aplicaciones anteriores con los criterios que busca el investigador para evaluar y diagnosticar la productividad y en qué nivel

se encuentra, teniendo en cuenta que no es un método generado por el autor de este trabajo de investigación, sino basado en lo usado por Morales y Galeas (2006, pp 28-34) para su tesis de pregrado.

3.7 Plan de recolección y procesamiento de datos

De acuerdo a la metodología expuesta, los datos serán recolectados con ayuda de la carta balance a las partidas que comprendan armado de acero de refuerzo, colocado de encofrado y vaciado de concreto (véase tabla 9), en la cual se apoyará el proceso de evaluación y diagnóstico con encuestas y entrevistas relacionadas con la filosofía Lean Construction. Después de digitalizar los datos, estos serán procesados mediante informes generados con ayuda de un computador para obtener los porcentajes para trabajo productivo, contributorio y no contributorio de las partidas de acero, encofrado y concreto (véase tabla 9). Producto de ello, en un informe se podrá observar los porcentajes a nivel de partida, un desagregado de esos porcentajes para las diferentes actividades que comprenden los trabajos que generan todos los tipos de pérdidas.

Además de diagramas de Pareto que permitan una mejor comprensión de las particularidades de las partidas analizadas en conjunto con un gráfico de barras para analizar la distribución de los porcentajes entre los obreros y ver como fluctúa su producción en base a su rango y el trabajo que realizan; también se tiene un informe general donde se agrupa la información procesada para obtener los porcentajes absolutos para cada proyecto en base a las partidas antes mencionadas (véase tabla 9) con el fin de apreciar el promedio general.

Los resultados que se obtengan pueden ser usados como muestreo del nivel de productividad en las obras para ser comparado con estándares nacionales y detectar las principales pérdidas, cuantificarlas y priorizar la respuesta para eliminar dichas pérdidas. Con todos estos datos, se procederá a hacer una valoración cualitativa para poder definir acciones de mejora continua que promueva la generación de valor para enriquecer el *know-how*¹² de las empresas en estudio y por lo tanto quede registrado como lecciones aprendidas, generando un ciclo de mejora que no debe de detenerse para futuras construcciones de edificaciones a desarrollar.

¹² “El know how no tiene por qué ser algo intangible, sino que puede referirse a objetos en concreto (ejs: maquinaria, bases de datos), e incluso a cosas como patentes, un servicio exclusivo, una determinada logística; todo lo que no sea un conocimiento común en esa actividad y que lo diferencie del resto de competidores”.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Evaluación por encuestas y entrevistas

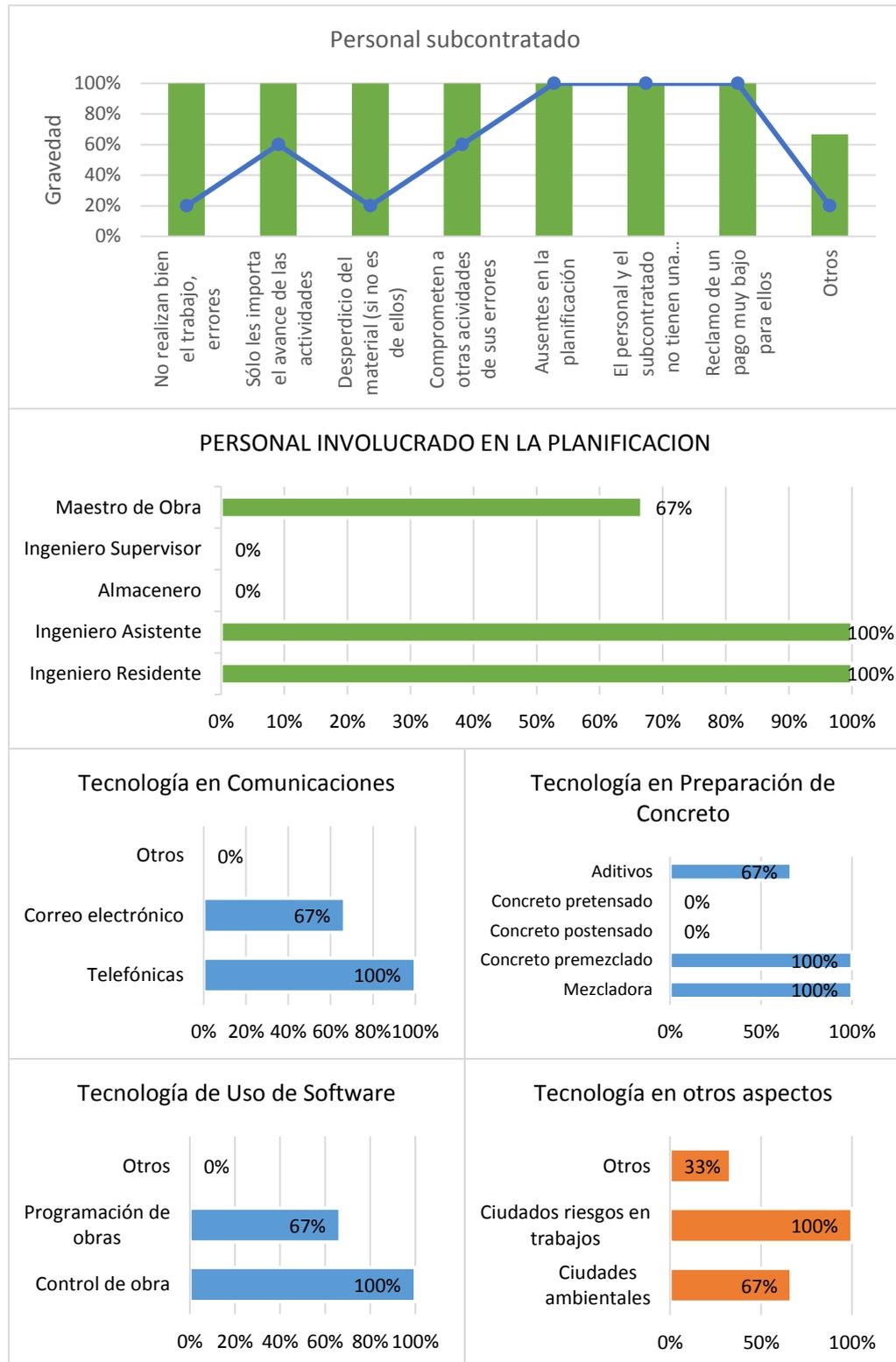


Gráfico 14. Resultado de encuesta a Residente de Obra
Fuente: Elaboración propia

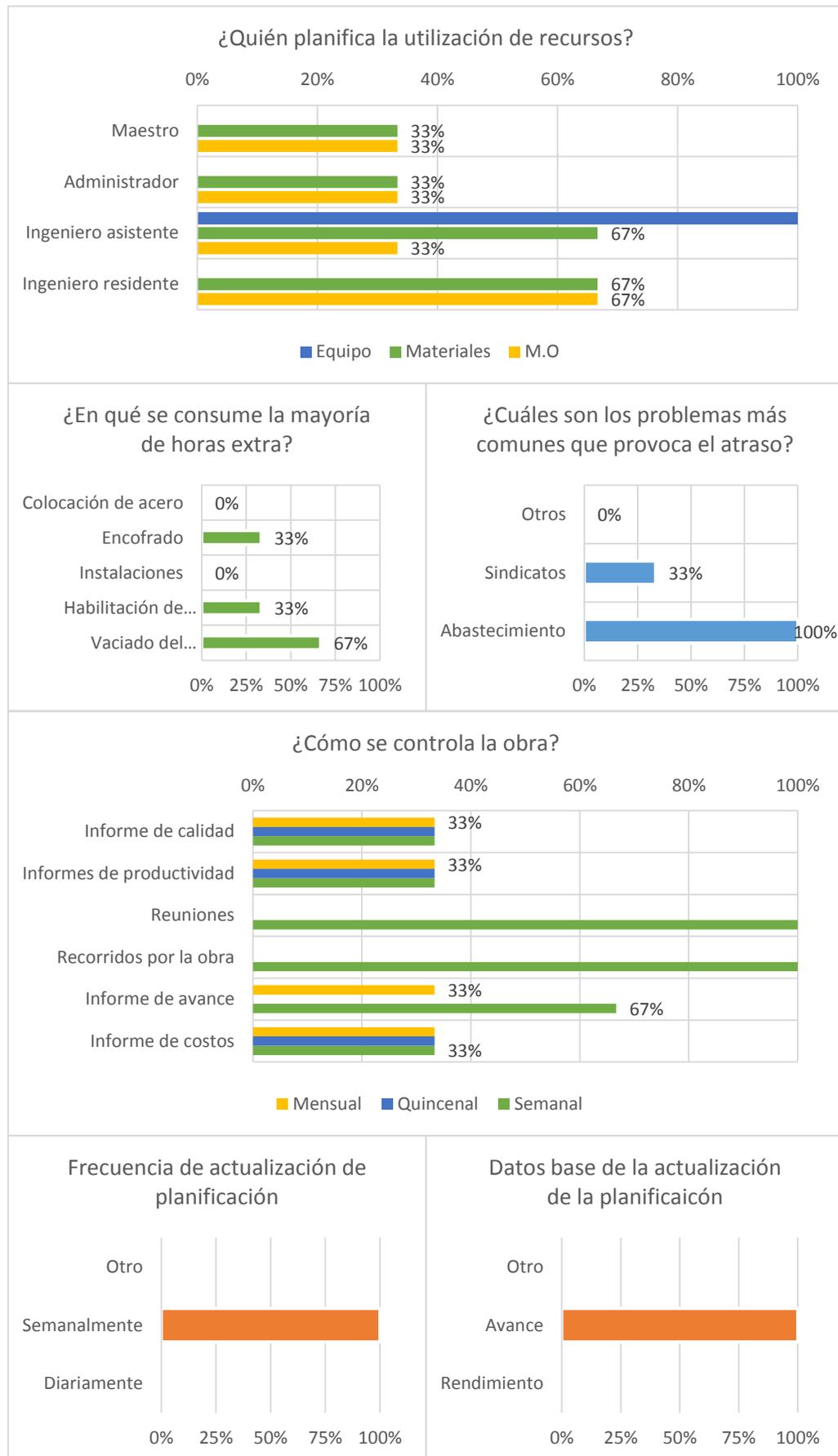


Gráfico 15. Resultado de encuesta a personal profesional
Fuente: Elaboración propia

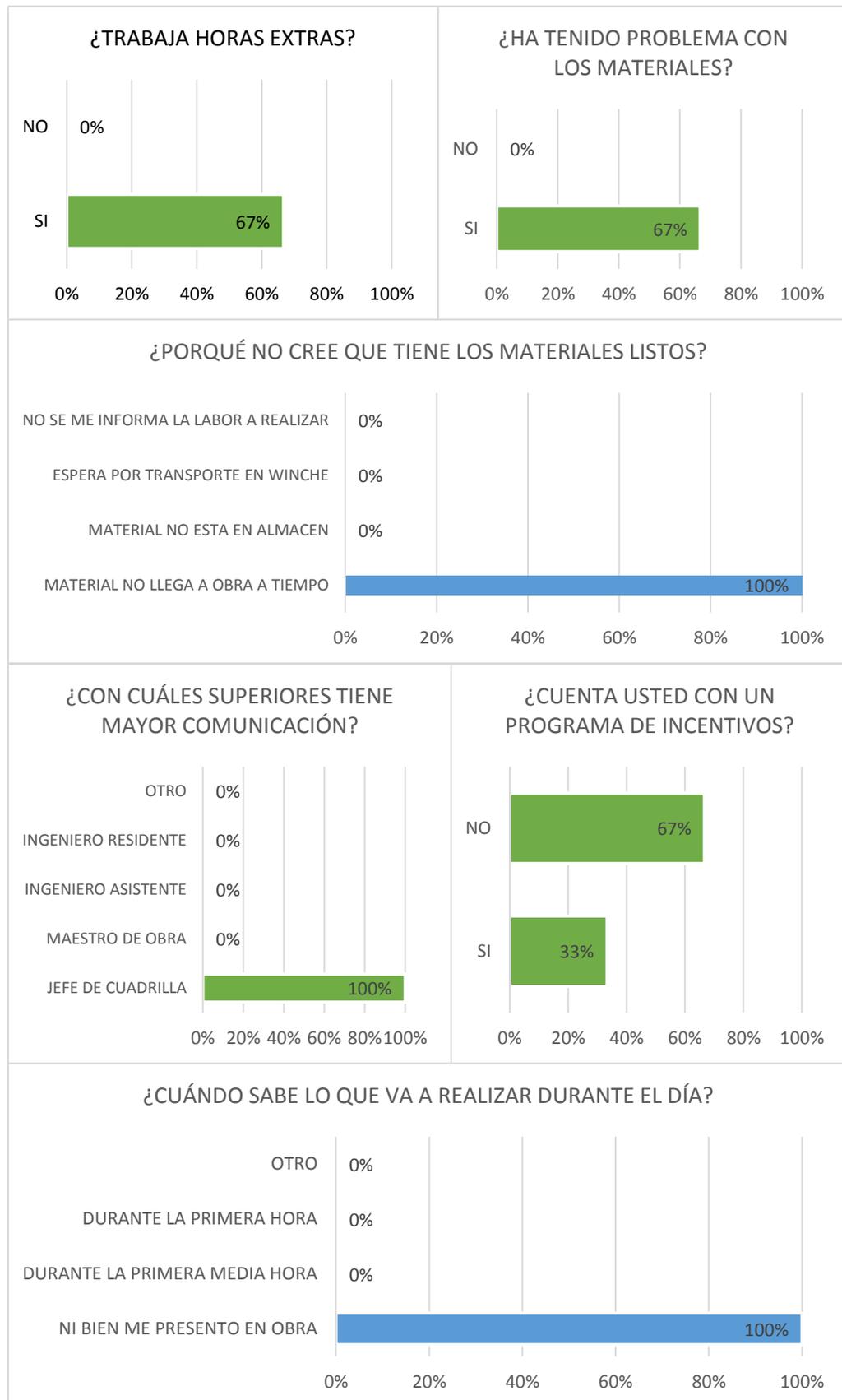


Gráfico 16. Resultado de entrevista a personal obrero
Fuente: Elaboración propia

4.2 Evaluación por cartas balance

Teniendo las autorizaciones listas y las visitas coordinadas, considerando las previsiones del caso se comenzaron a realizar la toma de dato anotando la hora de inicio, efectuando capturas en foto y video para tenerla como información de apoyo ante una duda en la interpretación cuando se proceda a digitalizar los datos. Respetando la labor del personal obrero, indicando que este es un procedimiento exterior que no será usado por sus superiores para atentar con su condición laboral actual. Cuando el ciclo de trabajo ha acabado o ya se tienen muestras representativas se anota la hora de finalización y se da por acabada la labor.

Una vez hecha la digitalización de las mediciones de campo, con la ayuda de una hoja de cálculo se obtienen los porcentajes para trabajo productivo, contributorio y no contributorio de las partidas de acero, encofrado y concreto (véase tabla 9) para cada vez que se realizó la toma de datos. Como resultado se tiene un informe donde se puede observar los porcentajes a nivel de partida, un desagregado de esos porcentajes para las diferentes actividades que comprenden el trabajo contributorio y no contributorio, además de un par de diagramas de Pareto en la zona inferior que ayudará a identificar los factores que producen el mayor impacto generando pérdidas en la productividad y un gráfico de barras en la parte superior para analizar la distribución de los porcentajes entre los obreros. También se tiene un informe general donde se agrupa la información procesada para obtener los porcentajes absolutos y poder hacer la interpretación respectiva.

Para el caso de las partidas de acero, como se tienen proyectos de ampliación y mejoramiento, dentro del trabajo productivo se considera el colocado de epóxico y para el trabajo contributorio se separa en dos el concepto de movilidad considerando al transporte de material y al movimiento a otro punto de colocación. Los trabajos no contributorios serán iguales para todas las mediciones.

Tabla 11. Actividades para carta balance de partidas de acero

Tipo de trabajo	Símbolo	Actividad
TP	AH	Colocar acero horizontal
	AV	Colocar acero vertical
	CA	Colocación de alambre
	EPX	Colocación de epóxico

TC	MOV TM I BH MED AP LM	Movimiento a otro punto de colocación Transporte de material Recibir/dar instrucciones Búsqueda de herramientas Realizar mediciones y nivelado Abrir paquetes Limpieza de material
TNC	VJ E TR X SH R	Viaje improductivo Esperas Trabajo rehecho Tiempo ocioso Ir a servicios higiénico Refrigerio

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las partidas de encofrado al trabajo contributivo se le considera el colocado de desmoldante y todo tipo de corte a realizar. También como en el caso anterior, la movilidad se divide entre transporte de material y la búsqueda de cualquier tipo de accesorio que sea necesario en la actividad.

Tabla 12. Actividades para carta balance de partidas de encofrado

Tipo de trabajo	Símbolo	Actividad
TP	CP CAC CAL CPT	Colocar plancha de encofrado Colocar accesorios Colocar alineadores Colocar puntales
TC	I TM BA CD LE CO MED	Recibir/dar instrucciones Transporte de material Búsqueda de accesorios Colocación de desmoldante Limpieza del encofrado Cortar material Mediciones
TNC	VJ E TR X SH R	Viaje improductivo Esperas Trabajo rehecho Tiempo ocioso Ir a servicios higiénico Refrigerio

Fuente: Elaboración propia

Se ha considerado para las partidas de concreto el vibrado, el uso de la mezcladora con el respectivo colocado de materiales en el mismo y el uso de la bomba estacionaria como trabajo contributorio, el nivelado (regleado) está dentro de la categoría de tipo de trabajo productivo.

Tabla 13. Actividades para carta balance de partidas de concreto

Tipo de trabajo	Símbolo	Actividad
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
	XC	Expandir concreto
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
	UZ	Uso de la mezcladora
	UB	Uso de la bomba estacionaria
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se mostrarán las mediciones para cada tipo de partida y su informe, donde se podrá visualizar los porcentajes para los elementos antes mencionados, además información complementaria como fotos y otros pueden ser consultados en los anexos. El orden ha seguido la siguiente secuencia:

- Número de proyecto (ejemplo: Proyecto 01)
- Tipo de partida (ejemplo: Acero)
- Número de medición (ejemplo: 01)

Tabla 14. Carta Balance - Proyecto 01/Acero/01

Formato de Carta Balance - Proyecto 01/Acero/01 (110min)

#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2
1	AV	AV	31	MED	MED	61	EPX	E	91	EPX	X
2	AV	AV	32	AH	AH	62	EPX	E	92	AH	AH
3	AV	AV	33	AH	AH	63	EPX	E	93	MED	AH
4	AV	AV	34	AH	MED	64	EPX	AV	94	EPX	EPX
5	EPX	EPX	35	E	CA	65	EPX	AH	95	CA	AH
6	AV	AV	36	MED	MED	66	CA	CA	96	CA	EPX
7	EPX	TM	37	MED	MED	67	AV	EPX	97	CA	EPX
8	EPX	EPX	38	TM	TM	68	AV	EPX	98	CA	EPX
9	AV	AV	39	CA	CA	69	AV	EPX	99	CA	EPX
10	TM	AV	40	AH	AH	70	AV	EPX	100	MED	AH
11	AV	AV	41	BH	BH	71	CA	CA	101	MED	EPX
12	EPX	EPX	42	AH	TM	72	AH	AH	102	MED	AH
13	AV	AV	43	AH	TM	73	AH	AH	103	MED	AH
14	AV	EPX	44	CA	TM	74	MED	AH	104	EPX	E
15	AV	AV	45	CA	TM	75	AH	AH	105	EPX	EPX
16	EPX	AV	46	CA	TM	76	AH	AH	106	AH	AH
17	AV	AV	47	CA	CA	77	CA	AH	107	I	I
18	AV	AV	48	CA	CA	78	CA	AH	108	TM	TM
19	TM	TM	49	CA	MED	79	CA	AH	109	E	E
20	R	E	50	CA	CA	80	CA	AH	110	I	I
21	R	E	51	CA	CA	81	CA	AH	111		
22	R	E	52	CA	CA	82	CA	EPX	112		
23	R	E	53	CA	CA	83	MED	AH	113		
24	R	E	54	BH	CA	84	CA	AH	114		
25	R	E	55	BH	BH	85	CA	AH	115		
26	R	E	56	TM	TM	86	I	TM	116		
27	R	E	57	X	BH	87	I	AH	117		
28	X	E	58	EPX	AV	88	VJ	E	118		
29	AH	E	59	EPX	E	89	I	MED	119		
30	MED	E	60	EPX	E	90	MED	AH	120		

Fuente: Elaboración propia

19/01/2017	Acero	
TP	AH	Colocar acero horizontal
	AV	Colocar acero vertical
	CA	Colocación de alambre
	EPX	Colocación de epóxico
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	BH	Búsqueda de herramientas
	MED	Realizar mediciones
	AP	Abrir paquetes
	LM	Limpieza de material
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

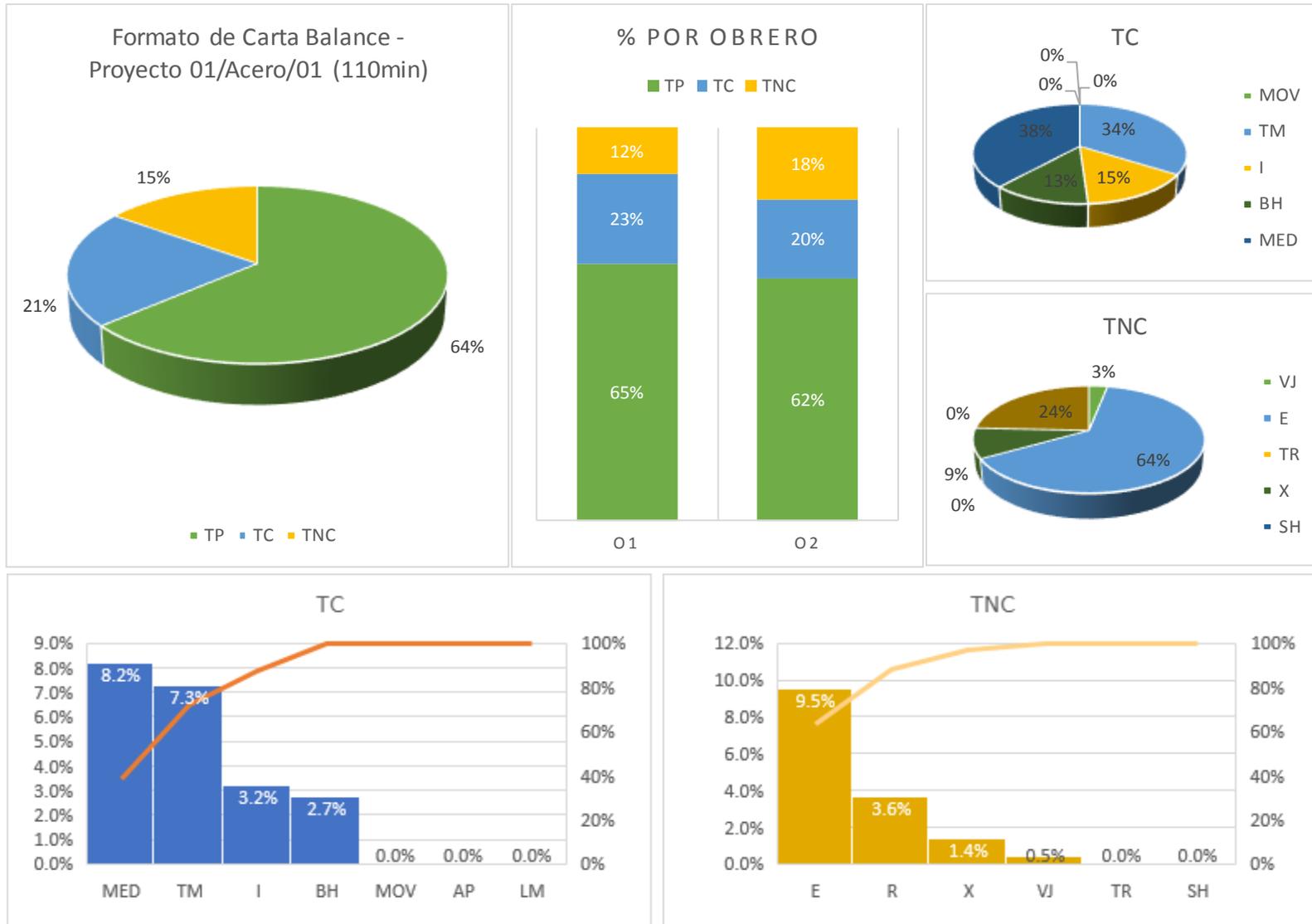


Gráfico 17. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Acero/01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Carta Balance - Proyecto 01/Acero/02

Formato de Carta Balance - Proyecto 01/Acero/02 (100min)

#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2
1	X	X	31	CA	CA	61	CA	VJ	91	CA	AH
2	X	X	32	CA	CA	62	CA	CA	92	CA	TM
3	X	X	33	EPX	EPX	63	CA	CA	93	CA	AH
4	CA	CA	34	CA	CA	64	CA	CA	94	I	I
5	EPX	AH	35	CA	CA	65	CA	CA	95	CA	CA
6	EPX	AH	36	CA	EPX	66	CA	TM	96	CA	CA
7	EPX	E	37	CA	CA	67	CA	TM	97	CA	CA
8	EPX	AH	38	CA	EPX	68	CA	TM	98	CA	CA
9	EPX	AH	39	CA	AH	69	CA	TM	99	CA	I
10	EPX	AH	40	CA	AH	70	CA	TM	100	CA	X
11	EPX	AH	41	CA	BH	71	CA	TM	101		
12	EPX	AH	42	CA	CA	72	CA	TM	102		
13	EPX	AH	43	CA	CA	73	CA	TM	103		
14	EPX	E	44	AH	AH	74	CA	TM	104		
15	EPX	AH	45	CA	AH	75	CA	TM	105		
16	EPX	AH	46	CA	AH	76	MED	TM	106		
17	EPX	AH	47	CA	VJ	77	CA	TM	107		
18	TM	AH	48	CA	VJ	78	CA	AH	108		
19	TM	VJ	49	CA	VJ	79	CA	TM	109		
20	EPX	AH	50	CA	VJ	80	CA	TM	110		
21	EPX	TM	51	CA	VJ	81	CA	CA	111		
22	MED	TM	52	CA	VJ	82	CA	CA	112		
23	MED	TM	53	CA	CA	83	CA	CA	113		
24	CA	TM	54	CA	CA	84	CA	CA	114		
25	CA	TM	55	CA	CA	85	CA	CA	115		
26	CA	BH	56	CA	BH	86	I	I	116		
27	CA	CA	57	CA	MED	87	I	I	117		
28	MED	MED	58	CA	VJ	88	CA	CA	118		
29	CA	BH	59	CA	VJ	89	CA	CA	119		
30	CA	CA	60	CA	VJ	90	CA	CA	120		

Fuente: Elaboración propia

20/01/2017	Acero	
TP	AH	Colocar acero horizontal
	AV	Colocar acero vertical
	CA	Colocación de alambre
	EPX	Colocación de epóxico
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	BH	Búsqueda de herramientas
	MED	Realizar mediciones
	AP	Abrir paquetes
	LM	Limpieza de material
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

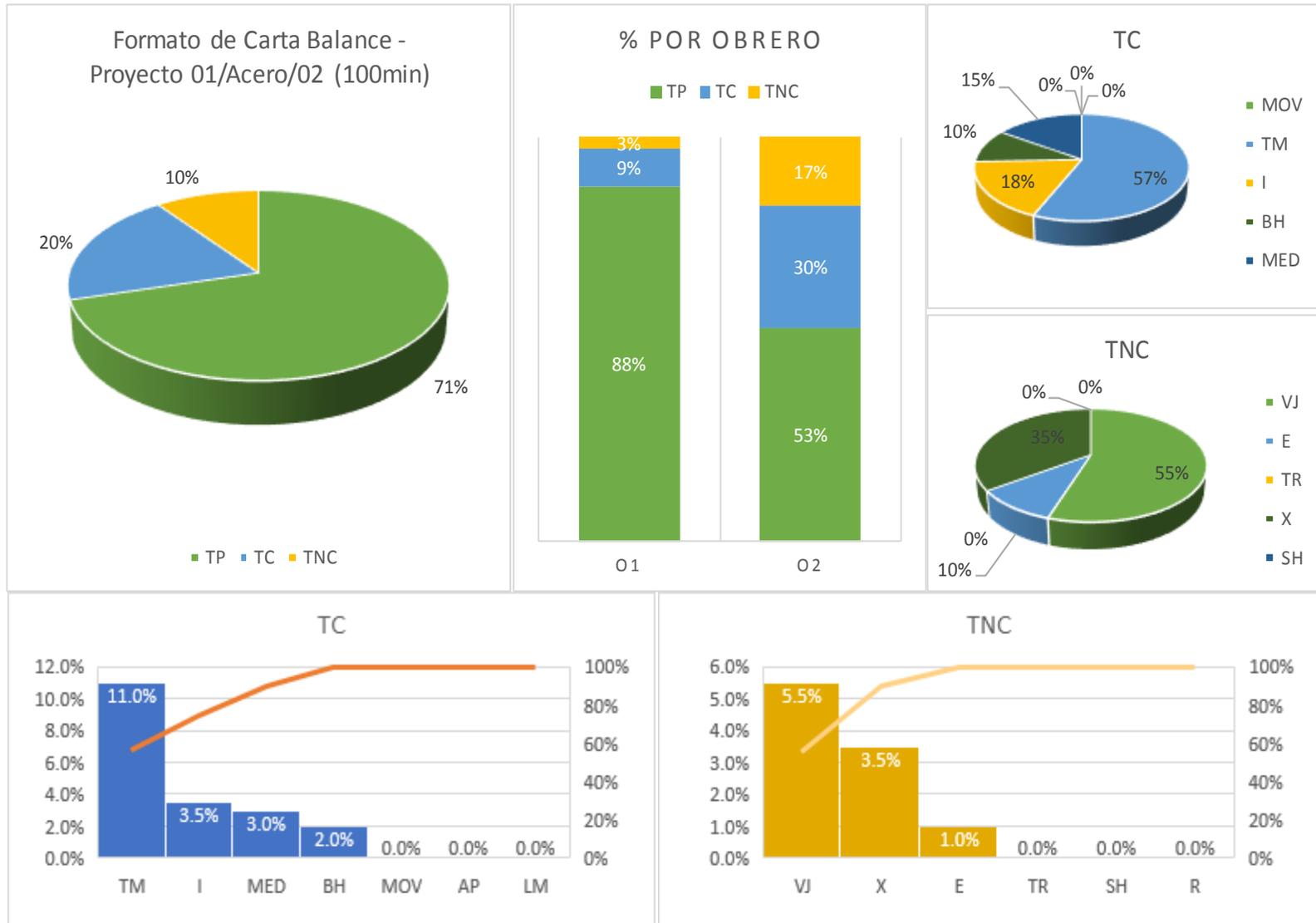


Gráfico 18. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Acero/02
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Carta Balance - Proyecto 01/Encofrado/01

Formato de Carta Balance - Proyecto 01/Encofrado/01 (210min)

#	O1	O2	O3	O4	#	O1	O2	O3	O4
1	TM	LE	X	X	31	VJ	CD	MED	CO
2	LE	LE	E	E	32	E	LE	E	CO
3	LE	BA	TM	MED	33	CP	CO	CP	CO
4	LE	BA	TM	MED	34	CP	TM	BA	CO
5	LE	CD	E	E	35	CP	I	VJ	CO
6	I	CD	E	E	36	CP	TM	VJ	CO
7	VJ	CD	MED	E	37	I	TM	I	CO
8	I	CD	MED	CO	38	CAL	TM	CAL	CO
9	VJ	CD	BA	CO	39	CAL	TM	CAL	E
10	E	LE	CAC	CAC	40	CAL	TM	E	MED
11	TM	TM	TM	TM	41	I	TM	I	E
12	TM	E	TM	E	42	I	TM	I	LE
13	CP	E	CP	E	43	MED	CD	CO	LE
14	CAL	I	CAL	CAC	44	CAC	CD	MED	LE
15	CP	E	CAL	VJ	45	CAC	CD	CAC	LE
16	CPT	LE	CAL	VJ	46	TM	CD	TM	LE
17	E	E	CAL	VJ	47	CP	CD	CP	LE
18	LE	LE	MED	VJ	48	CAL	MED	CAL	MED
19	MED	TM	MED	VJ	49	CAL	MED	CAL	MED
20	I	I	TM	MED	50	CAL	CD	CAL	LE
21	MED	VJ	MED	E	51	CAL	CD	CAL	E
22	MED	VJ	MED	E	52	CPT	CD	CAL	CPT
23	MED	VJ	MED	E	53	LE	CD	CAL	TM
24	TM	TM	MED	CAC	54	CP	CD	CAL	CP
25	I	TM	I	CAC	55	CP	CD	E	CP
26	I	VJ	I	TM	56	I	CD	CAL	CP
27	CO	VJ	MED	E	57	CAL	CD	CAL	CAL
28	CO	TM	E	LE	58	CAL	CD	CAL	CAL
29	CO	TM	E	LE	59	CAL	LE	CAL	E
30	VJ	LE	MED	E	60	CAL	LE	I	I
#	O1	O2	O3	O4	#	O1	O2	O3	O4
61	I	CD	I	MED	91	I	CAL	CO	CAC
62	CAL	CD	CAL	CO	92	CAC	CAL	CO	CAC
63	CAL	CD	I	CO	93	I	CAL	I	CAC
64	I	CD	CAL	TM	94	CO	CAL	CAC	TM
65	CAL	E	CAL	E	95	CO	CAL	I	TM
66	CPT	TM	E	CPT	96	TM	CAL	E	TM
67	CAL	TM	E	CAL	97	E	CAL	CP	TM
68	I	MED	I	CAL	98	MED	E	MED	TM
69	CAL	MED	I	CAL	99	MED	TM	MED	TM
70	CAL	MED	TM	CPT	100	E	MED	MED	TM
71	CAL	MED	TM	E	101	CAL	CO	MED	TM
72	CAL	MED	CAL	CAL	102	I	CAL	I	TM
73	TM	MED	CAL	CAL	103	MED	CAL	MED	TM
74	VJ	CO	E	E	104	MED	MED	MED	MED
75	VJ	CO	E	E	105	MED	CO	MED	CAL
76	I	MED	I	VJ	106	MED	TM	MED	CAL
77	MED	CPT	MED	TM	107	MED	CAL	MED	CAL
78	VJ	CAL	CAC	VJ	108	E	CAL	E	CAC
79	MED	CAL	MED	TM	109	VJ	CAL	VJ	CAL
80	MED	TM	MED	CO	110	VJ	CAL	X	MED
81	MED	TM	MED	CO	111	CO	CAL	MED	CAL
82	MED	TM	MED	CO	112	CO	CAL	MED	CAL
83	MED	TM	MED	CO	113	I	E	I	CAL
84	TM	MED	MED	CO	114	E	E	MED	CAL
85	LE	MED	MED	CO	115	I	I	E	CAL
86	LE	MED	MED	CO	116	I	I	I	CAL
87	MED	MED	E	CO	117	I	I	I	CAL
88	I	MED	I	CO	118	I	I	I	CAL
89	MED	CAL	MED	CO	119	MED	TM	MED	CAL
90	CO	CAL	CO	CO	120	E	CO	E	MED

10/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

10/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

#	O1	O2	O3	O4	#	O1	O2	O3	O4	
121	TM	CO	TM	CAL	151	CP	CAL	CP	CAL	
122	LE	E	CAL	MED	152	CP	CAL	CP	CAC	
123	TM	CO	I	I	153	CAL	E	CAL	CAC	
124	TM	TM	CAL	CAC	154	E	E	MED	CAC	
125	TM	TM	CAL	CAC	155	E	E	CAL	CAC	
126	E	CO	E	TM	156	I	MED	I	CAC	
127	CP	CO	CP	TM	157	I	CO	I	CAC	
128	CP	I	CP	TM	158	MED	BA	CP	CAC	
129	CP	CAL	CP	TM	159	I	CO	I	CAC	
130	CP	CAL	CP	TM	160	TM	MED	CAL	CAC	
131	CAL	E	CP	MED	161	TM	CO	CAL	CAC	
132	CAL	E	CP	VJ	162	TM	CO	CAL	CAC	
133	BA	E	CP	VJ	163	MED	TM	CAL	CAC	
134	CP	MED	CP	VJ	164	LE	E	CAL	CPT	
135	CP	TM	CP	VJ	165	MED	CAL	CAL	E	
136	BA	E	CP	VJ	166	LE	CO	CAL	CAC	
137	TM	MED	TM	VJ	167	CO	MED	CAL	CAC	
138	X	MED	I	I	168	TM	CO	CAL	CAC	
139	TM	CO	TM	E	169	CP	CAL	CAL	CAC	
140	CP	CO	I	E	170	CP	E	CAL	MED	
141	CP	CO	CP	CP	171	VJ	TM	E	CAL	
142	CAL	CO	CP	CP	172	VJ	MED	CAL	CAL	
143	CAL	TM	CAL	CAL	173	VJ	MED	CAL	CAL	
144	CAL	TM	CAL	CAL	174	LE	CO	CAL	CAC	
145	CAL	TM	CAL	VJ	175	LE	CO	CAL	CAC	
146	CAL	LE	CAL	VJ	176	LE	E	CAL	CAC	
147	CAL	E	CAL	CAL	177	E	TM	CAL	CAC	
148	CAL	CAL	E	CAL	178	TM	MED	E	CAC	
149	LE	TM	LE	CAL	179	TM	MED	CP	CAC	
150	CP	E	CP	CAL	180	CP	MED	CP	CAC	
#	O1	O2	O3	O4						
181	MED	MED	I	CAC						
182	MED	MED	E	CAC						
183	CO	MED	TM	CAC						
184	VJ	CO	CPT	CAC						
185	VJ	CO	CAL	CAC						
186	VJ	CO	CAL	CAC						
187	VJ	CO	CAL	CAC						
188	CAC	CO	CO	CAC						
189	CO	MED	CO	CAC						
190	CO	MED	CO	CAC						
191	VJ	MED	TM	CAC						
192	VJ	CO	CAC	CAC						
193	TM	CO	CAC	CAC						
194	CAC	VJ	CAC	CAC						
195	CAL	CAC	CAC	E						
196	CAL	CAC	CAC	CAC						
197	CAL	CO	CAC	CAC						
198	CAL	CAC	CAC	CAC						
199	MED	CAC	E	CAC						
200	TM	CAC	CAL	CAC						
201	TM	CAC	CAL	CAC						
202	TM	CAL	CAL	CAL						
203	CO	CAL	CAL	CAL						
204	CO	CAL	CO	CAL						
205	MED	CAL	CAL	CAL						
206	E	E	E	E						
207	E	CAL	E	CAL						
208	TM	MED	TM	MED						
209	CO	CAL	CO	TM						
210	CPT	CAL	CPT	TM						

Fuente: Elaboración propia

10/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

10/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

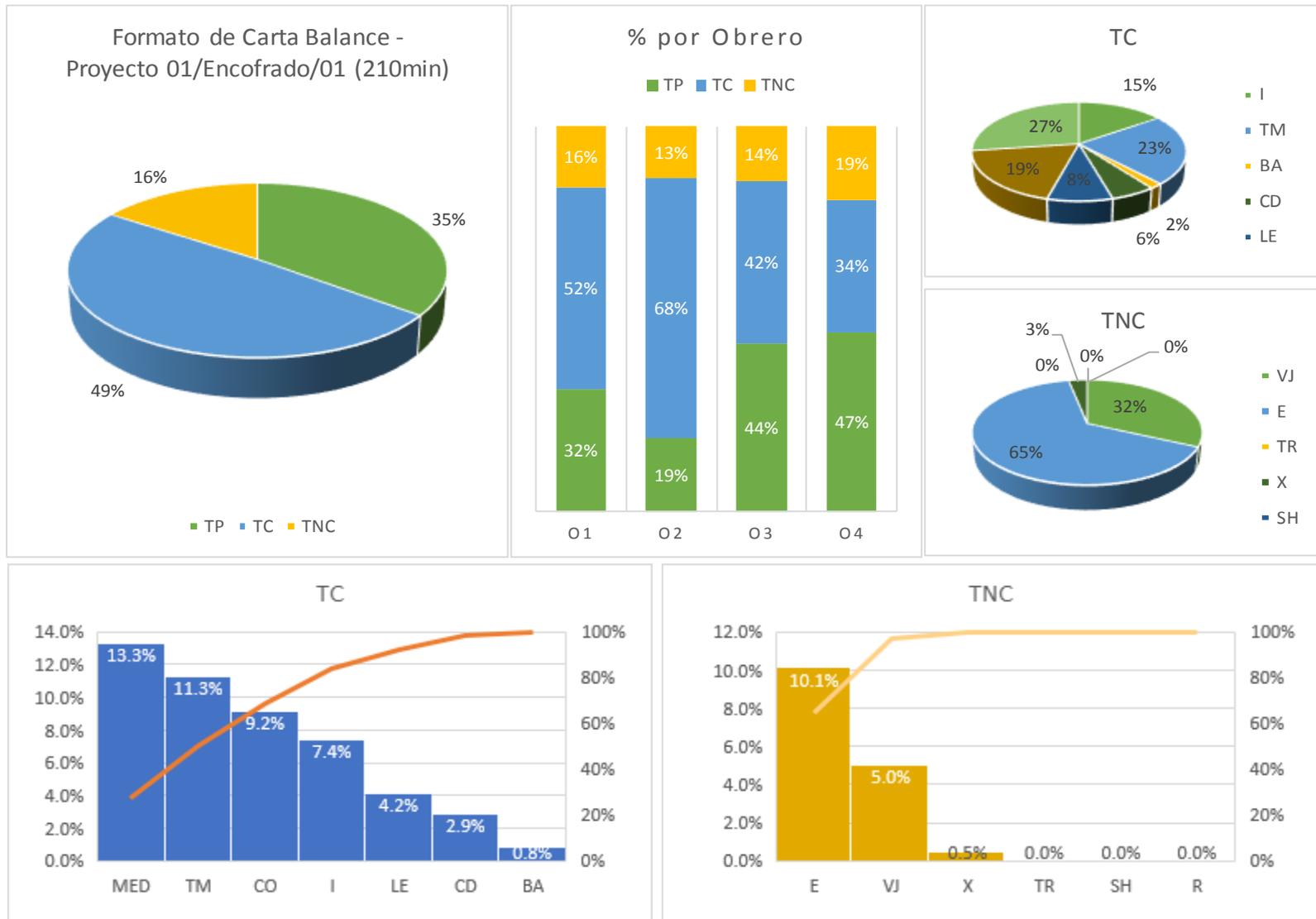


Gráfico 19. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Encofrado/01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Carta Balance - Proyecto 01/Encofrado/02

Formato de Carta Balance - Proyecto 01/Encofrado/02 (115min)

#	O1	O2	O3	O4	#	O1	O2	O3	O4
1	MED	MED	MED	MED	31	CAC	I	CAC	I
2	MED	CO	MED	MED	32	CAC	I	CAC	I
3	X	MED	I	I	33	CAC	MED	CAC	MED
4	CAC	CO	I	VJ	34	CAC	TM	CAC	TM
5	CAC	CO	CO	CO	35	CAC	CAC	CAC	CAC
6	MED	E	E	CO	36	CAC	TM	CAC	TM
7	CAC	E	X	E	37	CAC	CAL	CAC	CAL
8	CO	E	E	E	38	I	CAL	I	MED
9	CAC	E	CAC	E	39	CAC	CAL	CAC	TM
10	LE	E	CAC	E	40	CAC	CAL	CAC	CAL
11	LE	E	CAC	E	41	I	TM	I	CAL
12	LE	E	CAC	E	42	I	CAL	MED	TM
13	LE	E	CAC	E	43	I	CAL	CO	TM
14	CAC	CP	CP	E	44	CP	MED	I	I
15	CAC	CAC	E	I	45	CAC	CAL	CAC	CAC
16	E	CP	E	CP	46	CAC	TM	CAC	TM
17	CAC	I	I	I	47	E	I	CAC	I
18	CAC	I	I	E	48	CAC	I	CAC	I
19	CAC	I	I	E	49	CAC	TM	CAC	TM
20	CAC	TM	VJ	E	50	CAC	I	CAC	I
21	I	I	I	I	51	CAC	I	CAC	I
22	MED	MED	MED	E	52	I	MED	I	I
23	MED	CO	MED	MED	53	MED	MED	TM	MED
24	CAC	CO	CO	BA	54	CAC	MED	TM	MED
25	CAC	CO	TR	CAC	55	CAC	MED	TM	E
26	CAC	TR	TR	CAC	56	CAC	E	I	E
27	CAC	TM	TM	TM	57	CAC	CO	BA	E
28	E	MED	CP	CP	58	CAC	CO	BA	TM
29	CAC	I	TM	E	59	CAC	CAL	BA	TM
30	CAC	I	CAC	I	60	CAC	CAL	TM	CAL
#	O1	O2	O3	O4	#	O1	O2	O3	O4
61	CAC	TM	CAC	MED	11	VJ	E	BA	MED
62	TM	TM	CAL	TM	12	VJ	VJ	VJ	VJ
63	CAC	TM	CAC	E	13	VJ	E	VJ	CAC
64	CAC	TM	CAC	I	14	VJ	E	TM	TM
65	CAC	TM	CAC	E	15	I	E	I	TM
66	I	TM	MED	I	16	I	CAC	I	TM
67	I	TM	I	MED	17	CAC	E	CAC	TM
68	X	TM	MED	MED	18	VJ	E	VJ	TM
69	TM	TM	I	CO	19	I	I	I	TM
70	I	TM	CAL	CAL	20	BA	TM	CAC	TM
71	CAL	MED	CAL	MED	21	CAC	E	I	TM
72	CAL	MED	VJ	CAL	22	CAC	MED	CAC	TM
73	CAL	E	CO	CAL	23	CAC	MED	CAC	TM
74	CAC	E	E	E	24	CAC	I	MED	MED
75	CAC	CAC	CAC	CAC	25	CAC	MED	BA	CAL
					26	CAC	BA	BA	CAL
					27	CAC	CO	BA	CAL
					28	CAC	CO	MED	CAC
					29	CAC	CO	I	CAL
#					30	CAC	MED	I	MED
1	CAC	CAC	TM	TM	31	CAC	TM	TM	CAL
2	E	CAC	TM	E	32	TM	TM	CAC	CAL
3	CAC	E	TM	E	33	TM	TM	I	CAL
4	CP	CP	I	CP	34	E	CAC	CAC	CAL
5	CP	CP	I	CP	35	E	CAC	CAC	CAL
6	I	CAC	I	CAC	36	E	CAC	CAC	CAL
7	I	CAC	I	MED	37	E	CAC	CAC	CAL
8	I	CAC	I	MED	38	E	TM	CAC	CAL
9	VJ	CAC	VJ	MED	39	E	TM	CAC	CAL
10	VJ	E	BA	BA	40	VJ	VJ	CAC	VJ

17/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

10/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

Fuente: Elaboración propia

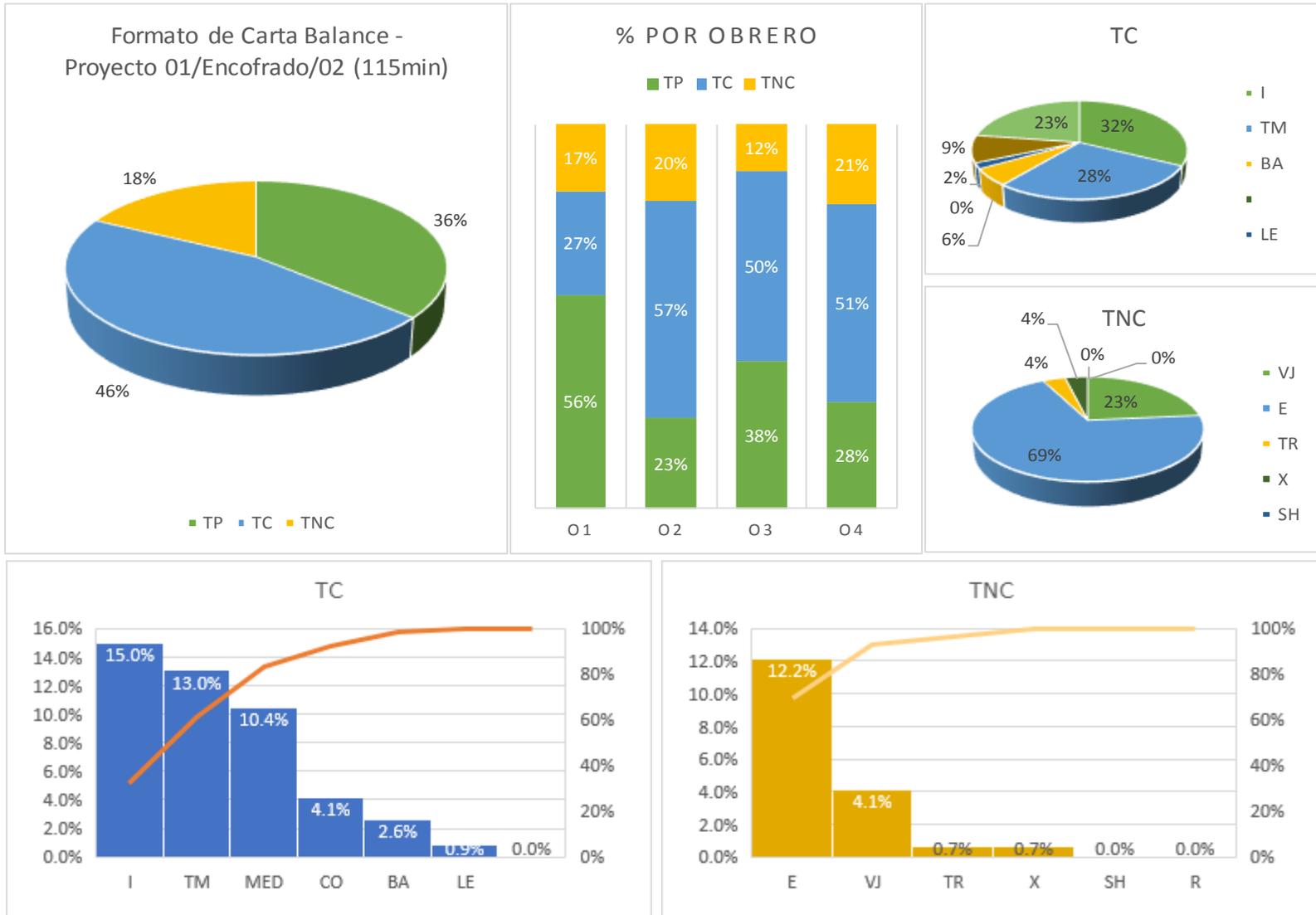


Gráfico 20. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Encofrado/02
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Carta Balance - Proyecto 01/Concreto/01

Formato de Carta Balance - Proyecto 01/Concreto/01 (85min)

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
1	Z	UZ	Z	E	E	E	X	VC	X	
2	Z	UZ	Z	E	E	TM	X	VC	X	
3	E	Z	E	TM	TM	E	TM	VC	X	
4	Z	Z	E	E	E	E	E	VC	X	
5	E	UZ	E	E	E	TM	TM	VC	VC	
6	UZ	Z	Z	TM	E	E	E	VC	VC	
7	Z	UZ	Z	E	E	TM	TM	VC	VC	
8	E	UZ	E	E	E	E	E	VC	VC	
9	E	UZ	E	TM	TM	TM	TM	VC	VC	
10	UZ	Z	E	TM	E	TM	E	VC	VC	
11	Z	UZ	Z	E	E	E	TM	VC	VC	
12	Z	UZ	E	E	TM	TM	E	VC	VC	
13	UZ	Z	E	TM	E	TM	E	VC	VC	
14	UZ	Z	Z	E	E	E	TM	VC	VC	
15	Z	UZ	E	E	TM	TM	E	VC	VC	
16	E	UZ	E	TM	E	E	E	VC	VC	
17	UZ	Z	Z	E	E	E	TM	VC	VC	
18	E	Z	E	E	E	TM	E	VC	VC	
19	E	UZ	E	TM	TM	TM	TM	E	E	VIB
20	UZ	Z	E	TM	E	E	E	VC	VC	VIB
21	Z	UZ	Z	E	TM	E	E	VC	VC	VIB
22	E	UZ	E	E	TM	TM	TM	VC	E	VIB
23	E	UZ	E	TM	TM	E	E	VC	VC	VIB
24	E	UZ	E	TM	E	TM	TM	VC	E	VIB
25	Z	Z	Z	E	TM	E	E	VC	VC	VC
26	E	UZ	E	E	TM	TM	TM	E	E	VC
27	Z	Z	E	TM	E	TM	E	VC	VC	VC
28	Z	Z	Z	E	E	E	TM	VC	VC	VC
29	E	UZ	E	TM	TM	E	TM	E	VC	VIB
30	UZ	Z	Z	E	E	TM	E	VC	VC	VIB
#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
31	E	Z	E	E	TM	E	TM	VC	VC	VIB
32	E	UZ	E	E	E	TM	E	VC	VC	VC
33	Z	Z	Z	TM	TM	E	E	VC	VC	VC
34	Z	Z	Z	E	E	TM	TM	E	E	VC
35	E	UZ	E	E	E	E	E	VC	VC	VC
36	UZ	Z	E	E	TM	TM	E	VC	VC	VIB
37	Z	Z	Z	TM	E	E	E	VC	VC	VIB
38	E	UZ	E	E	E	E	TM	VC	VC	VC
39	UZ	Z	E	E	TM	TM	E	VC	VC	VC
40	Z	Z	Z	TM	E	E	TM	VC	VC	VC
41	E	UZ	E	E	E	E	E	E	E	VC
42	UZ	Z	E	E	TM	E	TM	VC	VC	VC
43	Z	UZ	Z	E	E	E	E	VC	VC	VC
44	E	UZ	E	TM	E	TM	TM	E	E	VC
45	UZ	Z	E	E	E	TM	E	VC	VC	VC
46	Z	UZ	Z	E	TM	E	E	E	VC	VC
47	E	UZ	E	E	E	E	TM	VC	VC	VC
48	E	UZ	E	E	E	TM	E	VC	VC	VIB
49	Z	UZ	Z	E	E	E	E	VC	VC	VIB
50	Z	Z	E	TM	TM	E	TM	E	E	VIB
51	E	UZ	E	E	E	E	E	E	E	VC
52	E	Z	E	TM	E	E	E	VC	VC	VC
53	Z	UZ	Z	E	E	E	E	VC	VC	VC
54	E	UZ	E	TM	E	TM	E	E	E	VC
55	E	UZ	E	E	TM	E	TM	VC	VC	VC
56	E	UZ	E	TM	E	E	E	VC	VC	VC
57	UZ	Z	Z	E	E	E	E	VIB	E	VC
58	E	UZ	E	E	TM	E	E	VIB	E	VC
59	UZ	Z	E	E	E	TM	TM	VC	VC	VC
60	Z	Z	Z	TM	TM	E	E	VC	VC	VC

11/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
	UZ	Uso de la mezcladora
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

11/01/2017	Concreto	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10
61	E	UZ	E	E	E	TM	TM	VC	VC	VC
62	UZ	Z	E	E	E	E	TM	VC	VC	VC
63	E	E	E	E	E	E	E	E	E	VC
64	E	E	E	E	E	TM	E	E	E	VC
65	UZ	Z	Z	E	E	E	E	E	E	VC
66	Z	UZ	Z	TM	TM	E	E	E	E	VC
67	E	UZ	E	E	E	TM	TM	VC	VC	VC
68	UZ	Z	E	TM	E	E	E	VC	VC	VIB
69	E	UZ	E	E	TM	E	E	E	E	VIB
70	E	UZ	E	E	E	TM	TM	VC	VC	VIB
71	UZ	Z	E	E	E	E	E	VC	VC	VC
72	Z	UZ	Z	TM	E	E	E	E	E	VC
73	E	UZ	E	E	TM	E	E	E	E	VC
74	UZ	Z	E	E	E	TM	TM	VC	VC	VC
75	UZ	Z	E	E	TM	E	E	VC	VC	VC
76	Z	Z	Z	TM	E	E	E	E	E	VC
77	E	UZ	E	E	E	TM	TM	VC	VC	VC
78	E	Z	E	TM	TM	E	E	VC	VC	VC
79	Z	UZ	Z	E	E	E	TM	TR	TR	VIB
80	E	UZ	E	TM	TM	E	E	TR	TR	VIB
81	E	UZ	E	E	E	TM	E	VC	VC	VC
82	LM	LM	LM	VJ	VJ	E	E	TR	VC	VC
83	LM	LM	LM	LM	LM	TM	TM	TR	E	VIB
84	LM	LM	LM	LM	LM	E	E	VC	VC	VIB
85	LM	LM	LM	LM	LM	E	E	VC	VC	VC
86										
87										
88										
89										
90										

Fuente: Elaboración propia

11/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
	MED	Mediciones
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

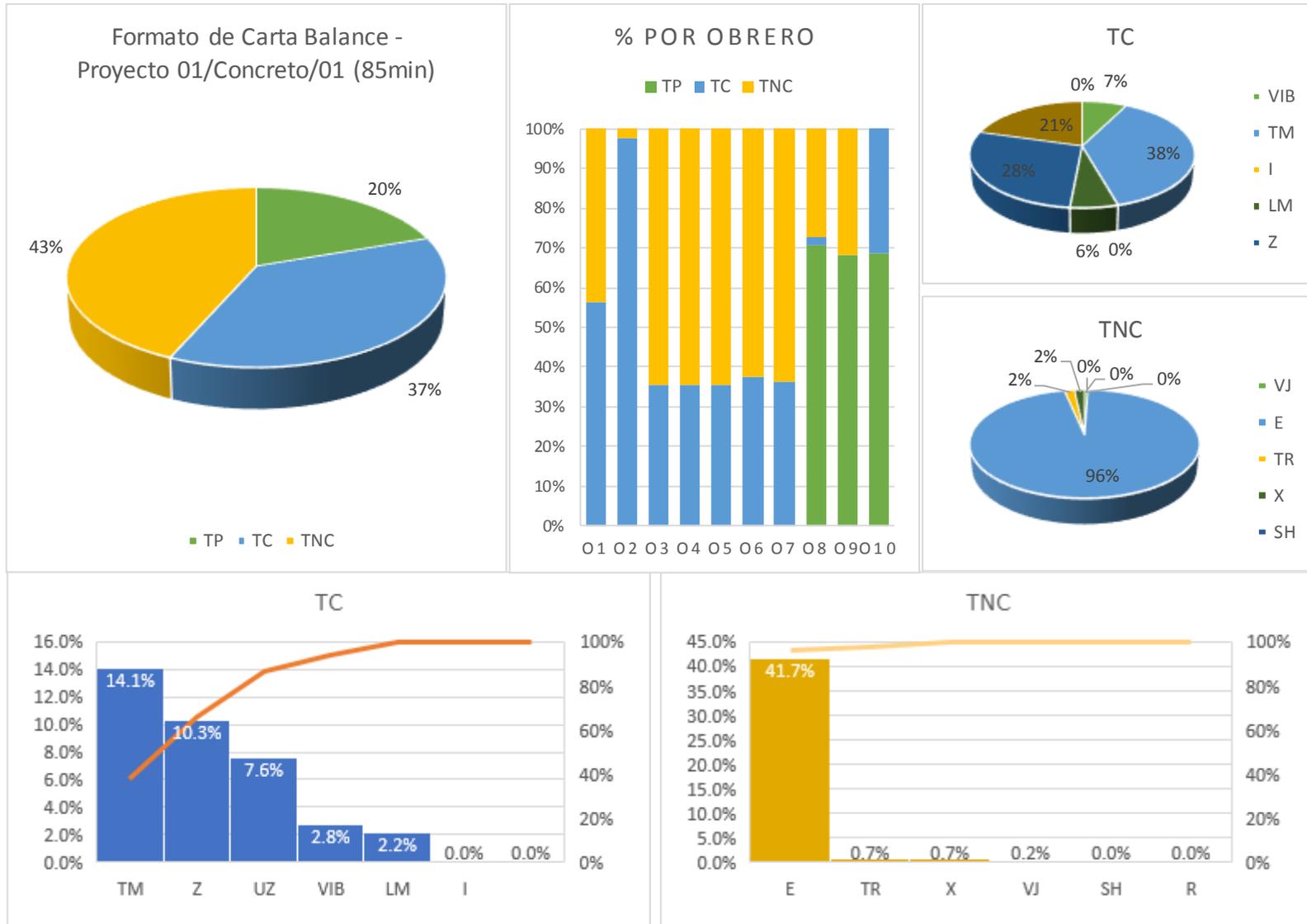


Gráfico 21. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Concreto/01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Carta Balance - Proyecto 01/Concreto/02

Formato de Carta Balance - Proyecto 01/Concreto/02 (60min)

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9
1	Z	Z	Z	E	E	E	E	E	E
2	E	E	E	E	E	E	E	E	E
3	E	E	E	TM	E	TM	E	E	VC
4	E	E	E	E	TM	E	TM	VC	VC
5	Z	UZ	E	TM	E	E	E	VC	VC
6	E	Z	Z	E	E	TM	TM	E	VC
7	UZ	E	E	TM	TM	E	E	VC	VC
8	E	Z	Z	E	E	E	E	VC	VC
9	UZ	E	E	E	E	TM	TM	E	E
10	Z	E	E	TM	TM	E	E	VC	VC
11	Z	Z	Z	E	E	E	TM	VC	VC
12	UZ	E	E	TM	E	TM	E	VC	VC
13	UZ	E	E	E	TM	E	TM	VC	VC
14	Z	Z	Z	E	E	E	E	VC	VC
15	E	E	E	TM	E	E	TM	E	E
16	UZ	E	E	E	TM	TM	E	VC	VC
17	Z	Z	Z	E	E	E	E	VC	VC
18	UZ	E	E	TM	E	E	TM	E	E
19	UZ	E	E	E	TM	TM	E	VC	VC
20	UZ	E	E	E	E	E	TM	VC	VC
21	E	E	E	E	E	E	E	VC	VC
22	E	E	E	E	E	E	E	E	E
23	E	E	E	TM	E	TM	E	E	E
24	UZ	E	E	E	TM	E	TM	VC	VC
25	Z	Z	Z	E	E	TM	E	VC	VC
26	UZ	E	E	TM	E	E	TM	VC	E
27	UZ	E	E	E	TM	TM	E	VC	VC
28	Z	Z	Z	E	E	E	E	VC	VC
29	UZ	E	E	E	E	TM	E	E	VC
30	E	E	E	TM	E	E	TM	VC	VC
#	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	
1	E	E	E	E	E	E	E	E	
2	E	E	E	E	E	E	E	E	
3	E	VC	E	VC	E	VC	E	VC	
4	VC								
5	VC								
6	E	VC	E	VC	E	VC	E	VC	
7	VC								
8	VC								
9	E	E	E	E	E	E	E	E	
10	VC								
11	E	VC	E	VC	E	VC	E	VIB	
12	VC								
13	E	VC	E	VC	E	VC	E	VC	
14	VC								
15	E	VC	E	VC	E	VC	E	VIB	
16	VC	VIB							
17	VC	VIB							
18	E	E	E	E	E	E	E	E	
19	VC								
20	VC								
21	VC								
22	VC								
23	E	E	E	E	E	E	E	E	
24	E	VC	E	VC	E	VC	E	VIB	
25	VC	VIB							
26	VC	E	VC	E	VC	E	VC	E	
27	VC								
28	VC								
29	E	VC	E	VC	E	VC	E	VIB	
30	VC	VIB							

18/01/2017		Concreto
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
UZ	Uso de la mezcladora	
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

18/01/2017		Concreto
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
UZ	Uso de la mezcladora	
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9
31	Z	Z	Z	E	E	E	E	VC	VC
32	UZ	E	E	TM	E	E	TM	E	E
33	UZ	E	E	E	TM	TM	E	VC	VC
34	UZ	E	E	E	E	E	E	VC	VC
35	Z	Z	Z	E	E	E	E	VC	E
36	E	E	E	TM	E	E	E	E	E
37	UZ	E	E	E	E	E	E	E	E
38	UZ	E	E	E	E	E	E	E	E
39	Z	E	E	TM	TM	E	E	E	E
40	Z	Z	Z	E	E	TM	TM	VC	VC
41	UZ	E	E	E	TM	E	E	VC	VC
42	Z	Z	Z	TM	E	E	E	VC	E
43	UZ	E	E	E	TM	TM	E	VC	VC
44	Z	Z	Z	E	E	E	E	VC	VC
45	UZ	E	E	TM	E	E	TM	E	VC
46	UZ	E	E	E	TM	TM	E	VC	VC
47	Z	Z	Z	E	E	E	E	VC	VC
48	UZ	E	E	TM	E	E	TM	E	E
49	UZ	E	E	E	TM	TM	E	VC	VC
50	Z	Z	Z	TM	E	E	TM	VC	VC
51	Z	E	E	E	E	TM	E	VC	VC
52	Z	Z	Z	E	TM	E	E	VC	VC
53	UZ	E	E	E	E	TM	TM	VC	E
54	UZ	E	E	TM	TM	E	E	VC	VC
55	Z	Z	Z	E	E	E	E	VC	VC
56	UZ	E	E	E	E	TM	TM	VC	VC
57	UZ	E	E	TM	TM	E	E	VC	VC
58	Z	Z	Z	E	E	E	E	VC	VC
59	Z	E	E	E	E	TM	TM	E	VC
60	UZ	E	E	E	E	E	E	VC	VC
#	O10	O11	O12	O13	O14	O15	O16	O17	
31	VC								
32	E	E	E	E	E	E	E	E	
33	VC								
34	VC								
35	VC	E	VC	E	VC	E	VC	E	
36	E	E	E	E	E	E	E	E	
37	E	E	E	E	E	E	E	E	
38	E	E	E	E	E	E	E	E	
39	E	E	E	E	E	E	E	E	
40	VC								
41	VC								
42	VC	E	VC	E	VC	E	VIB	E	
43	VC	VC	VC	VC	VC	VC	VIB	VC	
44	VC								
45	E	VC	E	VC	E	VC	E	VC	
46	VC								
47	VC								
48	E	E	E	E	E	E	E	VIB	
49	VC	VIB							
50	VC								
51	VC								
52	VC								
53	VC	E	VC	E	VC	E	VC	E	
54	VC	VIB							
55	VC	VIB							
56	VC								
57	VC								
58	VC								
59	E	VC	E	VC	E	VC	E	VIB	
60	VC								

Fuente: Elaboración propia

18/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
UZ	Uso de la mezcladora	
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

18/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
UZ	Uso de la mezcladora	
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

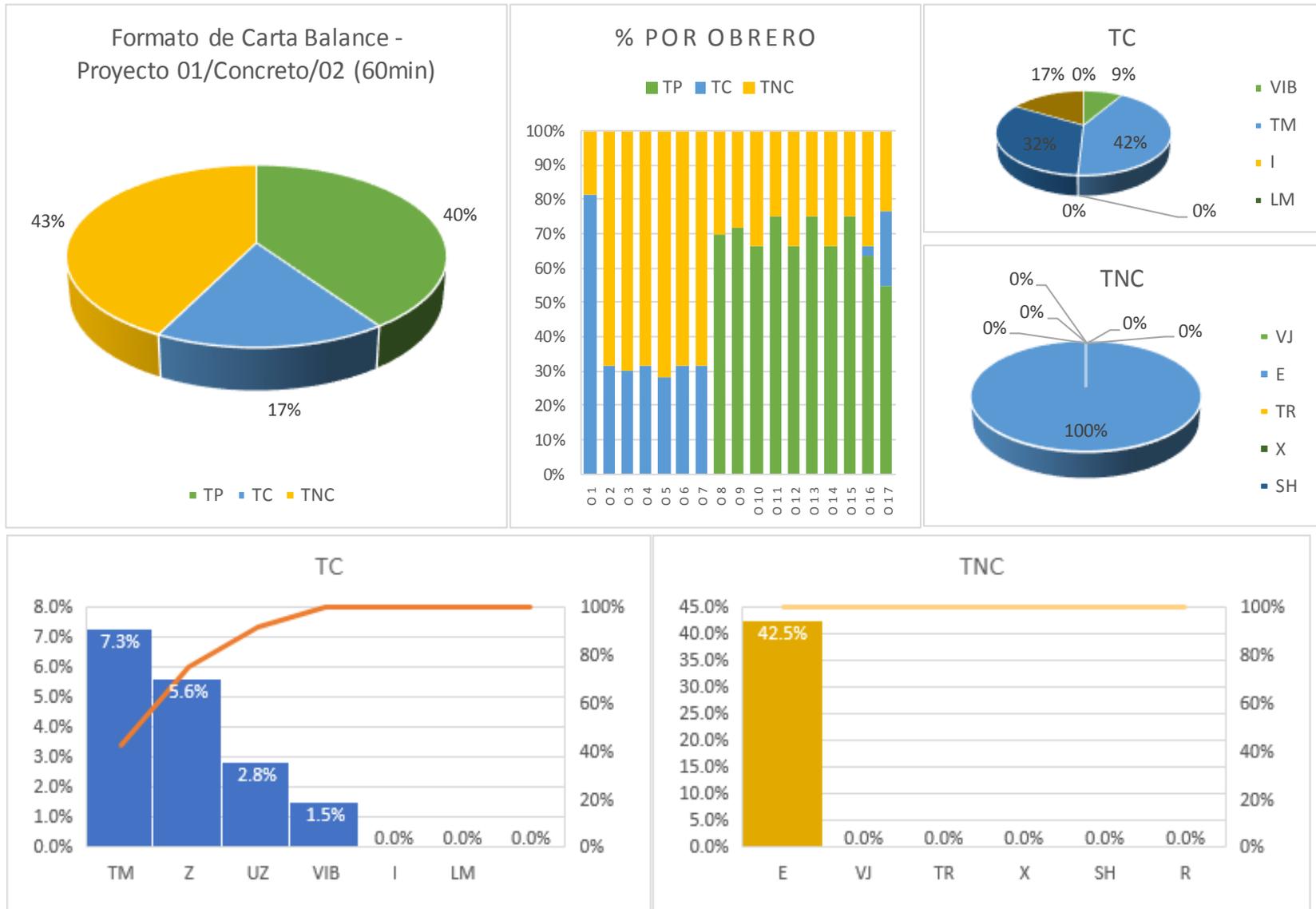


Gráfico 22. Informe Carta Balance – Proyecto 01/Concreto/02
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Carta Balance - Proyecto 02/Acero/01

Formato de Carta Balance - Proyecto 02/Acero/01 (85min)

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	19/01/2017	Acero
1	AH	AH	TM	AH	TM	TM	31	CA	CA	CA	CA	CA	CA	TP	AH Colocar acero horizontal
2	AH	AH	AH	AH	TM	TM	32	CA	CA	CA	CA	CA	CA		AV Colocar acero vertical
3	AH	E	MOV	TM	TM	TM	33	CA	CA	CA	CA	CA	CA		CA Colocación de alambre
4	AH	AH	AH	AH	TM	TM	34	CA	CA	CA	CA	CA	MOV		EPX Colocación de epóxico
5	AH	E	AH	AH	TM	TM	35	CA	CA	CA	CA	CA	CA	TC	MOV Movimiento hacia otro punto de colocación
6	AH	X	AH	AH	TM	TM	36	SH	E	E	E	E	E		TM Transporte de material
7	AH	TM	AP	E	TM	TM	37	E	E	E	E	E	E		I Recibir/dar instrucciones
8	AH	E	E	AH	TM	TM	38	MOV	MOV	MOV	MOV	MOV	MOV		BH Búsqueda de herramientas
9	AH	AH	AH	AH	TM	TM	39	I	I	I	SH	I	I	MED Realizar mediciones	
10	AH	E	E	AH	I	TM	40	AV	AV	E	SH	E	E	AP Abrir paquetes de fierro	
11	AP	AP	AP	AH	I	TM	41	AV	AV	E	E	AV	AV		
12	CA	AP	AP	AH	TM	TM	42	AV	E	AV	AV	AV	AV	TNC	VJ Viaje improductivo
13	CA	CA	CA	CA	TM	TM	43	AV	AV	AV	AV	AV	AV		E Esperas
14	CA	CA	CA	CA	TM	TM	44	AV	AV	AV	E	AV	E		TR Trabajo rehecho
15	CA	CA	CA	CA	TM	TM	45	AV	AV	AV	AV	AV	AV		X TiTMpo ocioso
16	CA	CA	CA	CA	I	TM	46	CA	TM	AV	CA	AV	CA		SH Ir a servicios higiénico
17	CA	CA	CA	CA	I	TM	47	CA	AV	AV	CA	AV	CA		R Refrigerio
18	CA	CA	CA	CA	CA	TM	48	CA	AV	AV	CA	AV	CA		
19	CA	CA	CA	CA	CA	TM	49	CA	AV	CA	CA	SH	CA		
20	AP	CA	CA	CA	CA	TM	50	CA	CA	CA	CA	CA	CA		
21	CA	CA	MED	CA	CA	TM	51	CA	CA	CA	CA	CA	CA		
22	CA	CA	MED	CA	CA	TM	52	CA	CA	SH	CA	CA	CA		
23	CA	CA	MED	CA	CA	TM	53	CA	CA	CA	CA	CA	CA		
24	CA	CA	CA	CA	CA	TM	54	CA	CA	MOV	CA	CA	CA		
25	CA	CA	CA	CA	CA	TM	55	MOV	CA	CA	CA	CA	CA		
26	CA	CA	CA	CA	CA	TM	56	CA	CA	CA	CA	CA	CA		
27	CA	CA	CA	CA	CA	TM	57	CA	CA	CA	CA	CA	CA		
28	AP	AP	AP	AP	CA	AP	58	CA	CA	CA	CA	CA	CA		
29	CA	CA	CA	CA	CA	CA	59	CA	CA	CA	CA	CA	CA		
30	CA	CA	CA	CA	CA	CA	60	CA	CA	CA	CA	CA	CA		
#	O1	O2	O3	O4	O5	O6								19/01/2017	Acero
61	CA	CA	CA	CA	CA	CA								TP	AH Colocar acero horizontal
62	CA	CA	CA	CA	CA	CA									AV Colocar acero vertical
63	CA	CA	CA	CA	CA	CA									CA Colocación de alambre
64	CA	CA	CA	CA	CA	CA									EPX Colocación de epóxico
65	CA	CA	CA	CA	CA	CA								TC	MOV Movimiento hacia otro punto de colocación
66	CA	CA	CA	CA	CA	CA									TM Transporte de material
67	E	CA	CA	CA	E	CA									I Recibir/dar instrucciones
68	CA	CA	CA	CA	CA	CA									BH Búsqueda de herramientas
69	CA	CA	CA	CA	CA	CA								MED Realizar mediciones	
70	CA	CA	CA	CA	CA	CA								AP Abrir paquetes de fierro	
71	CA	CA	CA	CA	CA	CA									
72	AV	AV	AV	AV	AV	AV								TNC	VJ Viaje improductivo
73	AV	AV	AV	AV	AV	AV									E Esperas
74	AV	AV	AV	AV	AV	AV									TR Trabajo rehecho
75	CA	E	E	E	CA	CA									X TiTMpo ocioso
76	AV	AV	AV	AV	AV	AV									SH Ir a servicios higiénico
77	CA	E	AV	AV	CA	CA									R Refrigerio
78	CA	CA	CA	CA	CA	CA									
79	AV	AV	AV	AV	AV	AV									
80	AV	AV	AV	AV	AV	AV									
81	AV	AV	AV	AV	AV	AV									
82	CA	CA	CA	CA	CA	CA									
83	CA	CA	AP	CA	CA	CA									
84	CA	CA	CA	CA	CA	CA									
85	CA	CA	CA	CA	CA	CA									
86															
87															
88															
89															
90															

Fuente: Elaboración propia

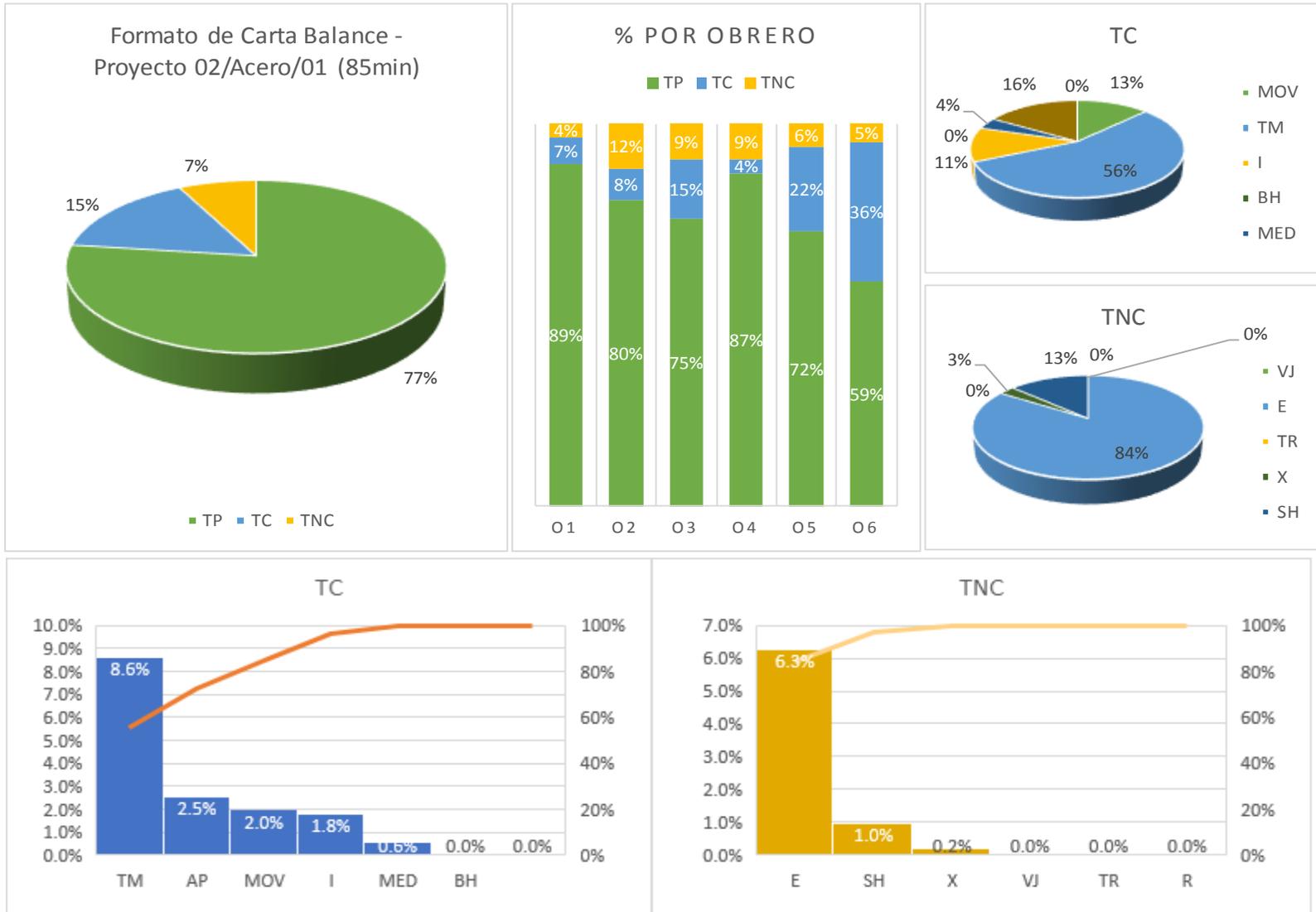


Gráfico 23. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Acero/01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Carta Balance - Proyecto 02/Acero/02

Formato de Carta Balance - Proyecto 02/Acero/02 (90min)

#	O1	#	O1	#	O1								
1	TM	31	CA	61	MED								
2	AH	32	CA	62	MED								
3	CA	33	CA	63	MED								
4	AH	34	CA	64	AH								
5	AH	35	CA	65	AH								
6	E	36	CA	66	AH								
7	AH	37	CA	67	AH								
8	AH	38	CA	68	AH								
9	AH	39	AP	69	CA								
10	AH	40	CA	70	CA								
11	AH	41	CA	71	MED								
12	AH	42	CA	72	TM								
13	X	43	CA	73	TM								
14	AP	44	CA	74	TM								
15	CA	45	CA	75	MED								
16	CA	46	CA	76	MED								
17	CA	47	CA	77	I								
18	CA	48	CA	78	TM								
19	CA	49	CA	79	TM								
20	CA	50	CA	80	E								
21	CA	51	CA	81	MED								
22	CA	52	CA	82	MED								
23	X	53	CA	83	MED								
24	CA	54	CA	84	MED								
25	CA	55	CA	85	MED								
26	CA	56	CA	86	TR								
27	CA	57	CA	87	TR								
28	CA	58	X	88	E								
29	BH	59	I	89	E								
30	CA	60	AH	90	E								

Fuente: Elaboración propia

26/01/2017	Acero	
TP	AH	Colocar acero horizontal
	AV	Colocar acero vertical
	CA	Colocación de alambre
	EPX	Colocación de epóxico
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	BH	Búsqueda de herramientas
	MED	Realizar mediciones y nivelaciones
	AP	Abrir paquetes de fierro
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

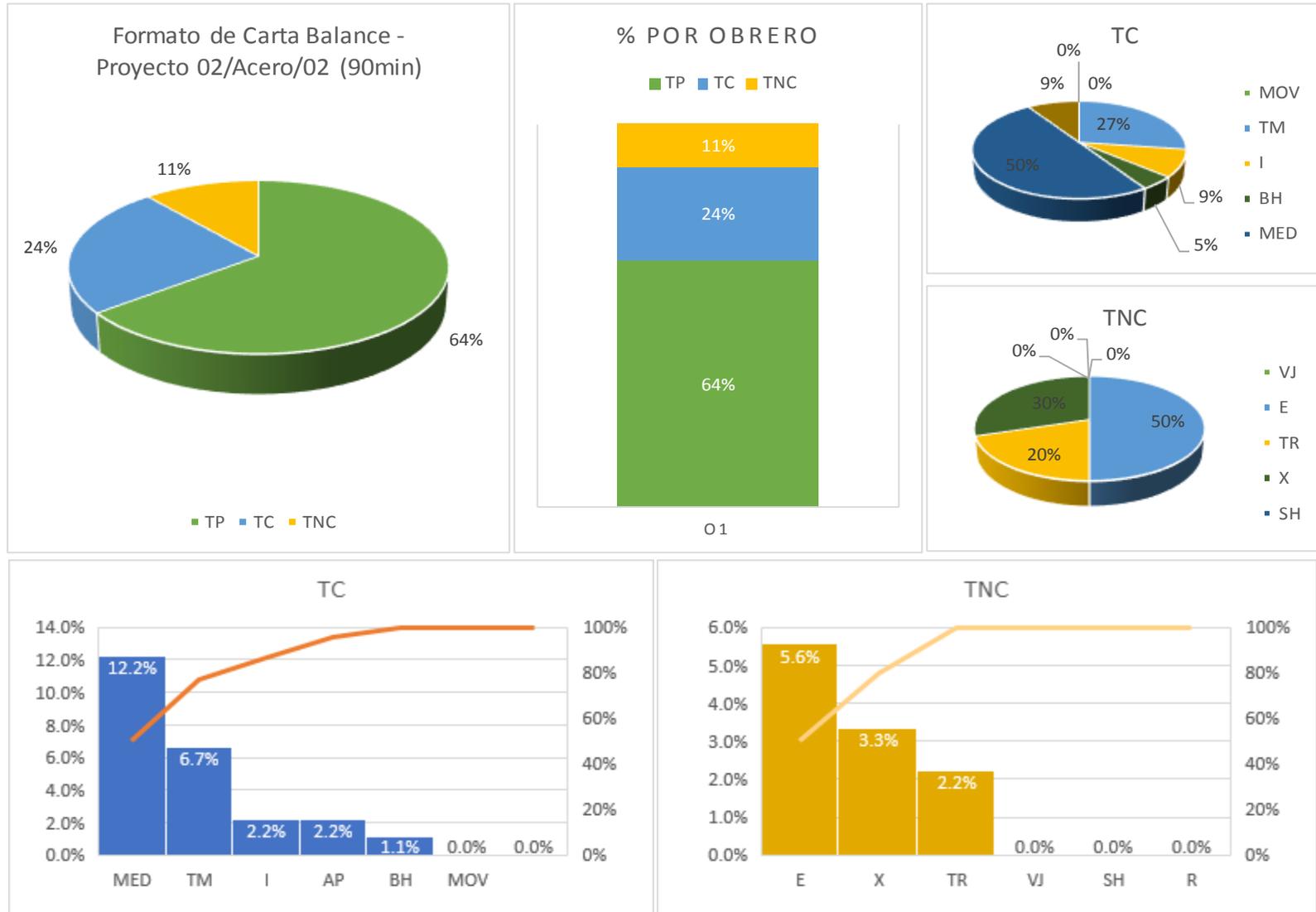


Gráfico 24. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Acero/02
Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Carta Balance - Proyecto 02/Encofrado/01

Formato de Carta Balance - Proyecto 02/Encofrado/01 (83min)

#	O1	O2	O3	#	O1	O2	O3	#	O1	O2	O3
1	MED	CO	X	31	CAC	TM	E	61	CAC	CAC	BA
2	MED	CO	X	32	CAC	TM	MED	62	CAC	CAC	BA
3	MED	CO	X	33	CAC	TM	MED	63	CAC	MED	BA
4	MED	CO	X	34	CAC	E	E	64	CAC	I	TM
5	CAC	CO	X	35	CAC	E	CP	65	CAC	CAC	TM
6	CAC	CO	X	36	CAC	CAC	E	66	CAC	CAC	TM
7	CAC	CO	X	37	CAC	CAC	MED	67	I	E	MED
8	MED	CO	X	38	CAC	MED	MED	68	E	TM	TM
9	MED	CO	X	39	X	MED	MED	69	CAC	CAC	VJ
10	I	E	CP	40	CAC	MED	MED	70	CAC	CAC	VJ
11	CO	CO	CP	41	CAC	CAC	TM	71	CAC	CAC	VJ
12	I	E	CP	42	CAC	MED	TM	72	CAC	CAC	VJ
13	E	I	MED	43	BA	CAC	TM	73	X	X	MED
14	I	E	MED	44	BA	CAC	TM	74	CAC	I	I
15	I	E	CP	45	BA	BA	TM	75	CAC	I	I
16	I	E	CP	46	MED	BA	TM	76	CAC	X	X
17	I	E	I	47	TM	TM	TM	77	CAC	MED	MED
18	I	E	I	48	TM	TM	TM	78	CAC	E	E
19	MED	TM	CP	49	TM	TM	TM	79	CAC	MED	MED
20	CP	TM	E	50	CAC	MED	BA	80	CAC	MED	MED
21	CP	TM	X	51	CAC	MED	BA	81	CAC	CAC	MED
22	MED	TM	X	52	CAC	MED	BA	82	CAC	CAC	MED
23	TM	TM	TM	53	CAC	MED	BA	83	CAC	E	MED
24	CAC	TM	TM	54	CAC	MED	BA	84			
25	CAC	TM	X	55	CAC	CAC	BA	85			
26	CAC	TM	TM	56	CAC	E	BA	86			
27	CAC	TM	TM	57	CAC	CAC	BA	87			
28	CAC	TM	TM	58	CAC	CAC	BA	88			
29	CAC	I	E	59	CAC	CAC	BA	89			
30	CAC	MED	E	60	CAC	CAC	BA	90			

Fuente: Elaboración propia

26/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
	MED	Mediciones y nivelaciones
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

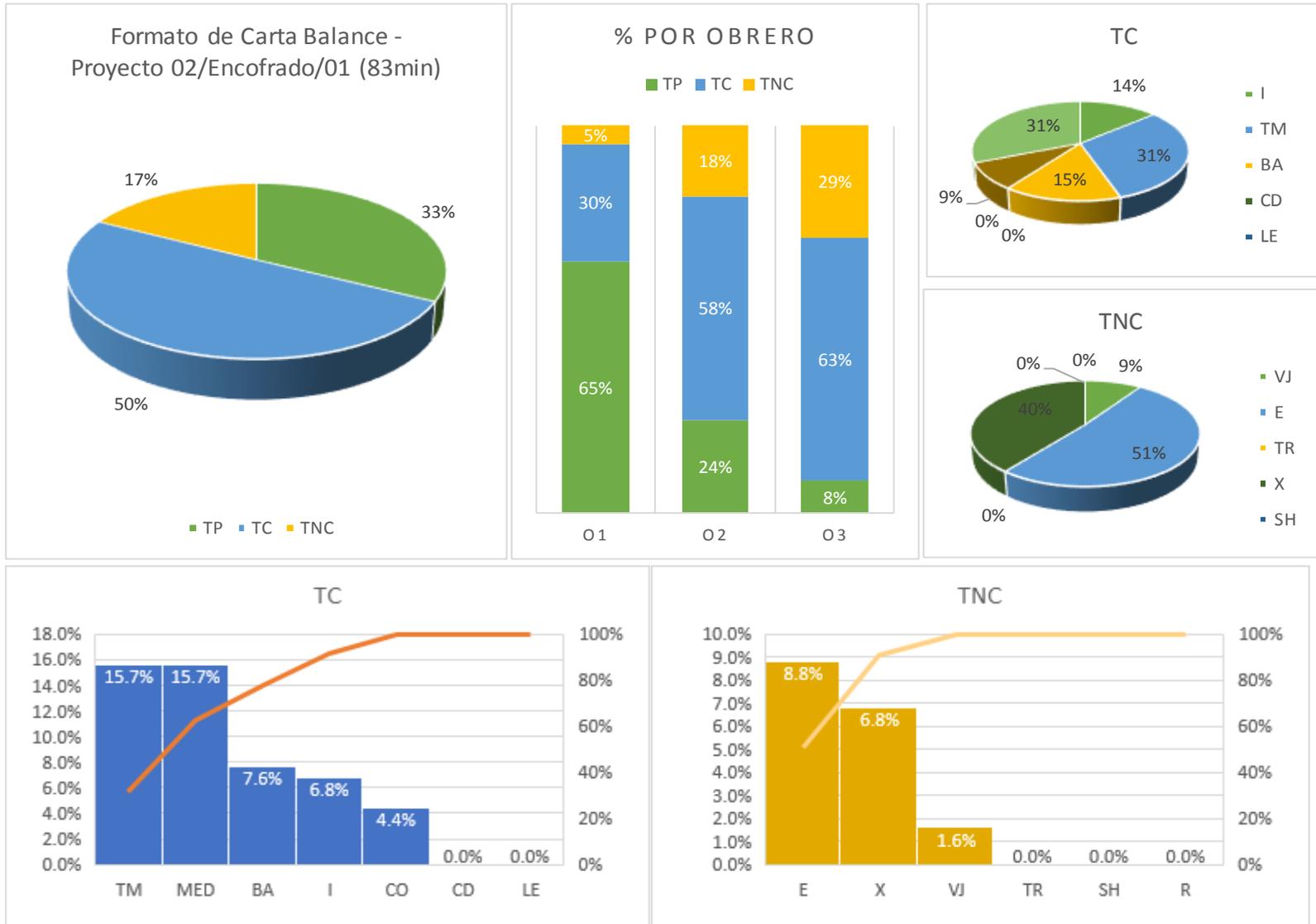


Gráfico 25. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Carta Balance - Proyecto 02/Encofrado/02

Formato de Carta Balance - Proyecto 02/Encofrado/02 (90min)

#	O1	O2	O3	#	O1	O2	O3	#	O1	O2	O3
1	BA	CP	VJ	31	TM	TM	CAC	61	TM	TM	TM
2	BA	CP	VJ	32	TM	TM	CAC	62	TM	TM	TM
3	I	I	VJ	33	TM	TM	CAC	63	TM	TM	TM
4	R	R	R	34	BA	BA	CAC	64	TM	TM	TM
5	R	R	R	35	VJ	VJ	CAC	65	TM	TM	TM
6	R	R	R	36	E	E	CAC	66	I	I	I
7	R	R	R	37	E	E	CAC	67	CAL	TM	CAC
8	R	R	R	38	E	E	CAC	68	CAL	TM	CAC
9	R	R	R	39	E	E	CAC	69	CAL	TM	CAC
10	R	R	R	40	E	E	CAC	70	CAL	TM	CAC
11	R	R	R	41	E	E	E	71	CAL	TM	CAC
12	R	R	R	42	E	E	E	72	I	I	I
13	R	R	R	43	E	E	E	73	I	I	I
14	R	R	R	44	E	E	E	74	I	I	I
15	R	R	R	45	E	E	E	75	CP	I	CP
16	BA	BA	VJ	46	E	E	E	76	TM	I	TM
17	BA	BA	VJ	47	E	E	E	77	TM	I	TM
18	BA	BA	VJ	48	SH	SH	E	78	CAC	I	MED
19	BA	TM	MED	49	SH	SH	E	79	CP	I	CP
20	I	I	MED	50	E	E	E	80	TM	I	E
21	CAL	CAC	BA	51	E	E	SH	81	CP	I	E
22	CAL	CAC	BA	52	E	E	SH	82	TM	I	E
23	CAL	CAC	BA	53	I	I	I	83	I	E	I
24	CAL	CAC	BA	54	TM	TM	TM	84	TR	I	TR
25	CAL	CAC	BA	55	TM	TM	TM	85	TR	CAC	CAC
26	CAL	CAC	BA	56	TM	TM	TM	86	TR	CAC	CAC
27	I	I	I	57	TM	TM	TM	87	TR	CAC	CAC
28	TM	BA	CAC	58	TM	TM	TM	88	TR	CAC	CAC
29	TM	BA	CAC	59	TM	TM	TM	89	TR	CAC	CAC
30	TM	BA	CAC	60	TM	TM	TM	90	I	I	I

30/01/2017		Encofrado
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones y nivelaciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

Fuente: Elaboración propia

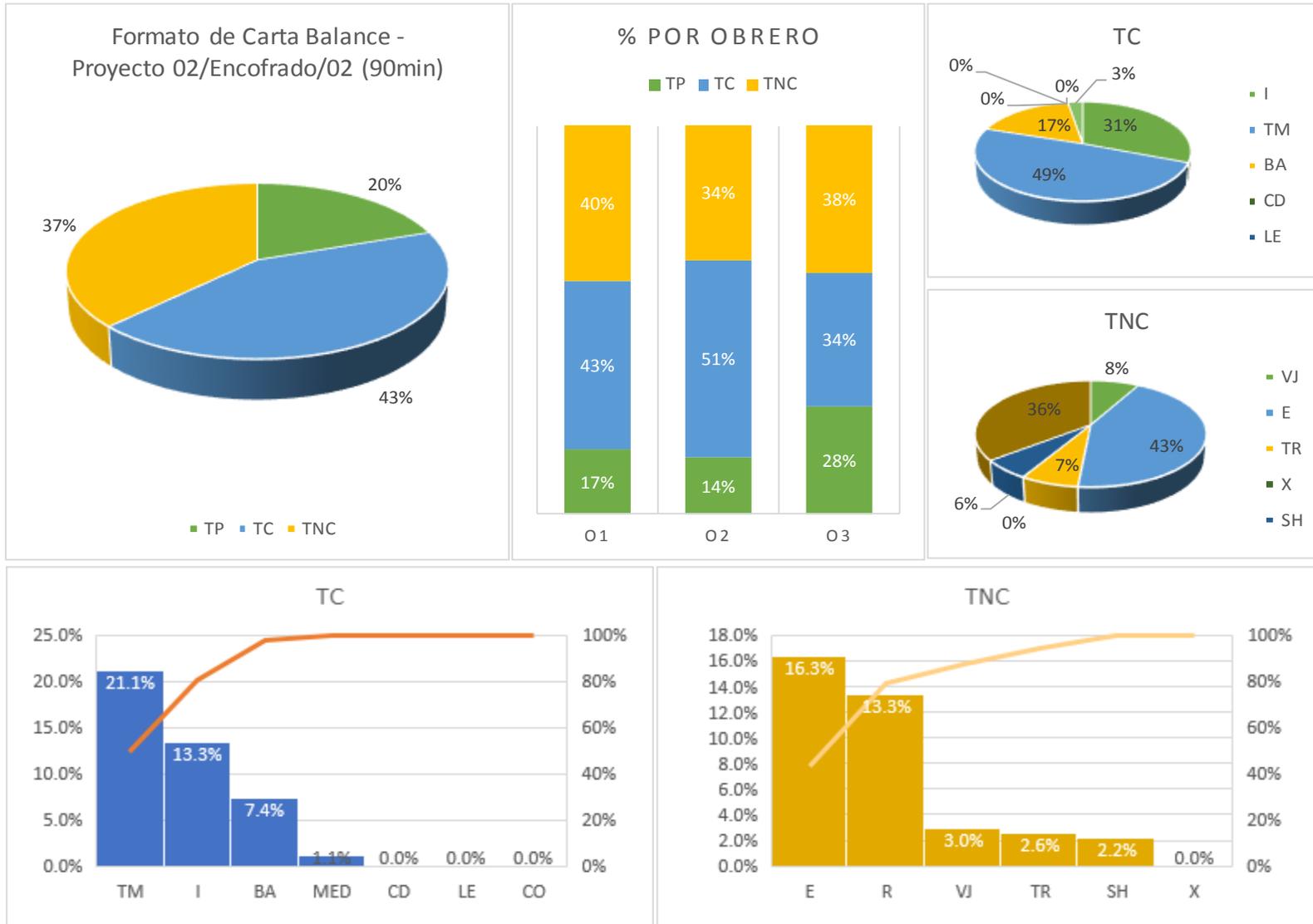


Gráfico 26. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/02
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/01

Formato de Carta Balance - Proyecto 02/Concreto/01 (60min)

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	17/01/2017	Concreto
1	Z	Z	Z	E	E	TM	TM	E	VC	VC	VC	VIB		TP	VC Vacear concreto
2	UZ	E	E	TM	E	E	TM	E	VC	VC	VC	VIB			RG Reglear
3	UZ	Z	Z	TM	E	E	E	TM	VC	VC	VC	E			
4	UZ	E	E	TM	TM	E	E	TM	VC	VC	VC	VC			
5	UZ	E	E	TM	E	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC		TC	VIB Vibrado del concreto
6	Z	Z	Z	E	E	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC			TM Transporte de material
7	E	Z	Z	E	E	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC			I Recibir/dar instrucciones
8	UZ	E	E	TM	TM	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC			LM Limpieza de materiales/herramientas
9	E	E	E	TM	TM	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC			Z Colocar materiales en la mezcladora
10	Z	Z	Z	E	E	E	E	TM	VC	VC	VC	VC			UZ Uso de la mezcladora
11	E	Z	Z	E	E	E	E	VC	VJ	VC	VIB			TNC	VJ Viaje improductivo
12	E	Z	E	TM	TM	VJ	TM	E	VC	VC	VC	VIB			E Esperas
13	UZ	I	I	I	I	VJ	E	E	VC	VC	VC	VC			TR Trabajo rehecho
14	E	I	I	E	E	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC			X Tiempo ocioso
15	Z	E	E	TM	TM	TM	TM	E	E	E	VIB				SH Ir a servicios higiénico
16	E	Z	Z	TM	TM	TM	TM	E	VC	VC	VC	VIB			R Refrigerio
17	UZ	E	E	E	E	E	E	E	VC	VC	VC	VC			
18	E	Z	Z	TM	E	VJ	E	TM	VC	VC	VC	VC			
19	Z	Z	Z	E	E	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC			
20	UZ	E	E	TM	TM	E	TM	E	VC	VC	VC	VC			
21	UZ	E	E	TM	TM	VJ	E	E	VC	VC	VC	VC			
22	E	E	E	TM	E	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC			
23	E	Z	Z	E	E	TM	TM	TM	E	E	E	E			
24	I	I	I	E	TM	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC			
25	UZ	E	E	TM	E	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC			
26	Z	Z	Z	TM	TM	VJ	TM	E	VC	VC	VC	VC	VIB		
27	E	Z	Z	TM	TM	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC	VIB		
28	E	E	E	TM	E	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC	VIB		
29	E	E	E	TM	TM	TM	E	E	VC	VC	VC	VC	VIB		
30	E	E	E	E	E	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC	E		
#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	17/01/2017	Concreto
31	Z	E	E	E	E	TM	TM	TM	VC	VC	VC	VC	VC	TP	VC Vacear concreto
32	Z	E	E	E	E	TR	E	E	E	E	E	E	VIB		RG Reglear
33	Z	E	E	E	E	TM	E	TM	E	E	E	E	VIB		
34	Z	E	E	E	E	VJ	E	E	VC	VC	VC	VC	VC		
35	Z	Z	Z	E	E	E	E	E	VC	VC	VC	VC	VIB	TC	VIB Vibrado del concreto
36	Z	E	E	E	TM	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC	VIB		TM Transporte de material
37	Z	E	E	TM	TM	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC	VIB		I Recibir/dar instrucciones
38	Z	Z	Z	E	E	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC	VIB		LM Limpieza de materiales/herramientas
39	UZ	E	E	E	TM	VJ	TM	E	VC	VC	VC	VC	VIB		Z Colocar materiales en la mezcladora
40	UZ	E	E	TM	TM	TM	E	TM	E	E	E	E	VIB		UZ Uso de la mezcladora
41	UZ	Z	Z	TM	TM	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC	VC		
42	E	E	E	E	E	E	TM	E	VC	VC	VC	VC	VIB	TNC	VJ Viaje improductivo
43	UZ	E	E	E	E	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC	VIB		E Esperas
44	E	E	E	TM	TM	TM	E	TM	E	E	E	E	VIB		TR Trabajo rehecho
45	UZ	Z	Z	TM	TM	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC	VIB		X Tiempo ocioso
46	E	E	E	TM	TM	VJ	E	TM	VC	VC	VC	VC	VIB		SH Ir a servicios higiénico
47	Z	E	E	E	E	TM	E	TM	VC	VC	VC	VC	VIB		R Refrigerio
48	E	Z	Z	E	E	E	TM	TM	E	E	E	E	VIB		
49	E	Z	Z	TM	TM	VJ	TM	E	VC	VC	VC	VC	VIB		
50	UZ	E	E	E	E	VJ	E	TM	VC	VC	VC	VC	VC		
51	Z	E	E	TM	E	VJ	E	E	VC	VC	VC	VC	E		
52	E	Z	Z	E	E	E	E	E	E	E	E	E	VIB		
53	Z	E	E	E	E	TM	TM	TM	E	E	E	E	VIB		
54	UZ	Z	Z	TM	TM	VJ	TM	E	VC	VC	VC	VC	VC		
55	UZ	Z	Z	E	TM	E	E	TM	VC	VC	VC	VC	VC		
56	E	E	E	TM	TM	E	E	E	VC	VC	VC	VC	VIB		
57	UZ	Z	Z	E	E	TM	TM	E	VC	VC	VC	VC	VIB		
58	UZ	E	E	TM	TM	E	E	E	VC	VC	VC	VC	VIB		
59	LM	LM	LM	VIB											
60	LM	LM	LM	VIB											

Fuente: Elaboración propia

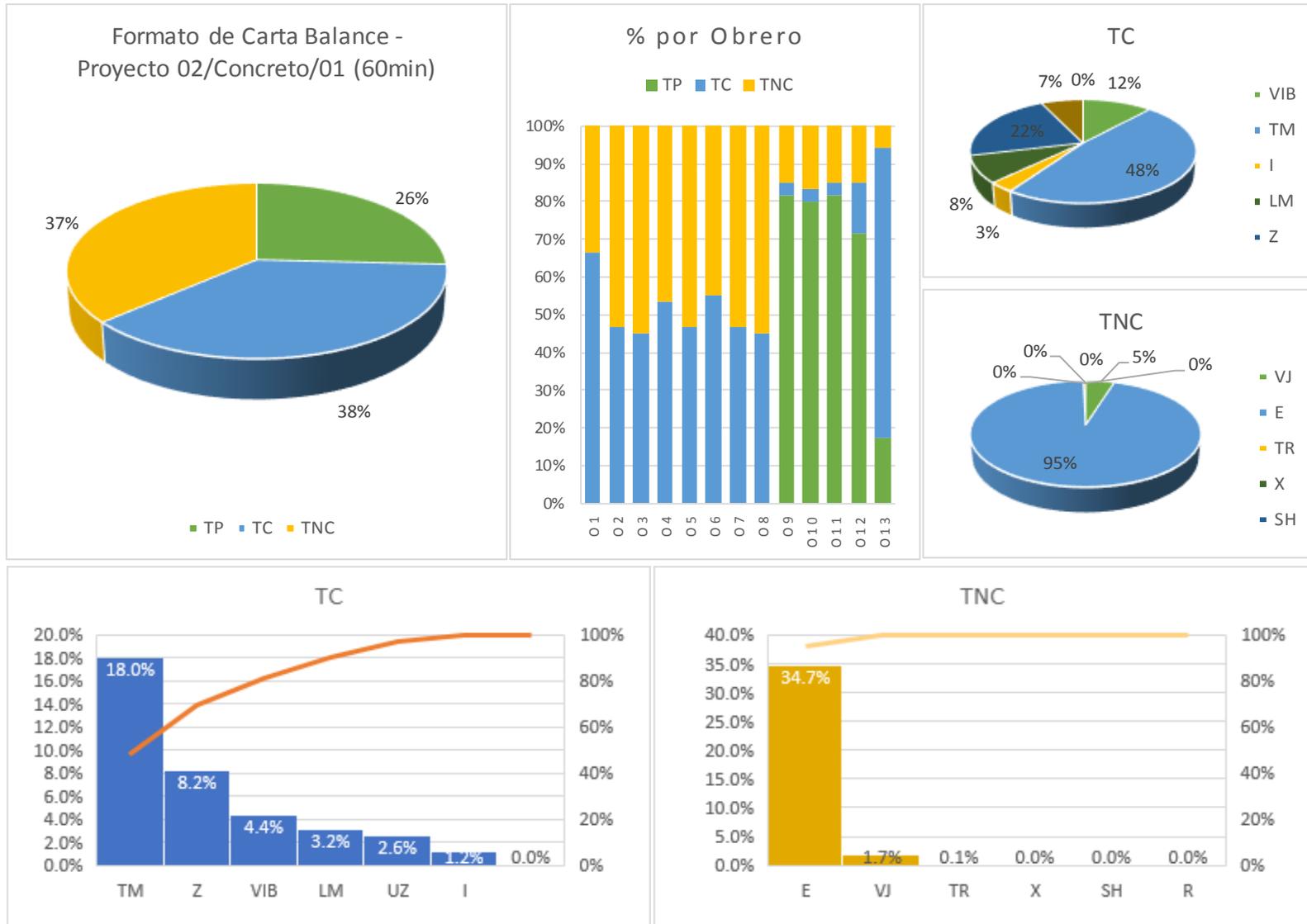


Gráfico 27. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Carta Balance - Proyecto 02/Concreto/02

Formato de Carta Balance - Proyecto 02/Concreto/02 (50min)

#	O1	O2	O3	O4	O5	#	O1	O2	O3	O4	O5	
1	E	E	E	E	E	31	E	E	E	E	E	
2	E	E	E	E	E	32	VIB	VC	VIB	RG	UB	
3	E	E	E	E	E	33	VIB	VC	VIB	RG	UB	
4	E	E	E	E	E	34	VIB	VC	VIB	RG	UB	
5	I	VC	E	VIB	UB	35	VIB	VC	VIB	RG	UB	
6	I	VC	E	VIB	UB	36	VIB	E	VIB	RG	UB	
7	VIB	VC	E	VIB	UB	37	VIB	VC	VIB	RG	UB	
8	VIB	VC	I	VIB	UB	38	VIB	VC	VIB	XC	UB	
9	VIB	VC	I	VIB	UB	39	VIB	VC	VIB	RG	UB	
10	VIB	VC	VIB	XC	UB	40	RG	VC	VIB	RG	UB	
11	VIB	VC	VIB	XC	UB	41	RG	E	VIB	E	UB	
12	I	VC	VIB	XC	UB	42	TR	E	VIB	TR	UB	
13	TM	VC	VIB	XC	UB	43	TR	E	VIB	RG	UB	
14	X	VC	VIB	RG	UB	44	TR	E	VIB	RG	UB	
15	X	VC	VIB	XC	UB	45	TR	VC	VIB	RG	UB	
16	X	VC	VIB	VIB	UB	46	RG	E	VIB	RG	UB	
17	VIB	VC	VIB	RG	UB	47	RG	E	VIB	RG	UB	
18	VIB	VC	VIB	RG	UB	48	VIB	VC	VIB	RG	UB	
19	VIB	XC	VIB	RG	UB	49	VIB	I	RG	RG	UB	
20	E	E	VIB	E	UB	50	VIB	I	RG	RG	UB	
21	VIB	XC	VIB	RG	UB	51						
22	I	XC	VIB	RG	UB	52						
23	I	XC	VIB	RG	UB	53						
24	I	XC	VIB	RG	UB	54						
25	I	E	E	E	E	55						
26	E	E	E	RG	E	56						
27	E	E	E	RG	E	57						
28	E	E	E	RG	UB	58						
29	E	E	E	RG	UB	59						
30	E	E	E	RG	UB	60						

25/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
	EM	Entrega de material
	XC	Expandir concreto
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	UB	Uso de la bomba estacionaria
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

Fuente: Elaboración propia

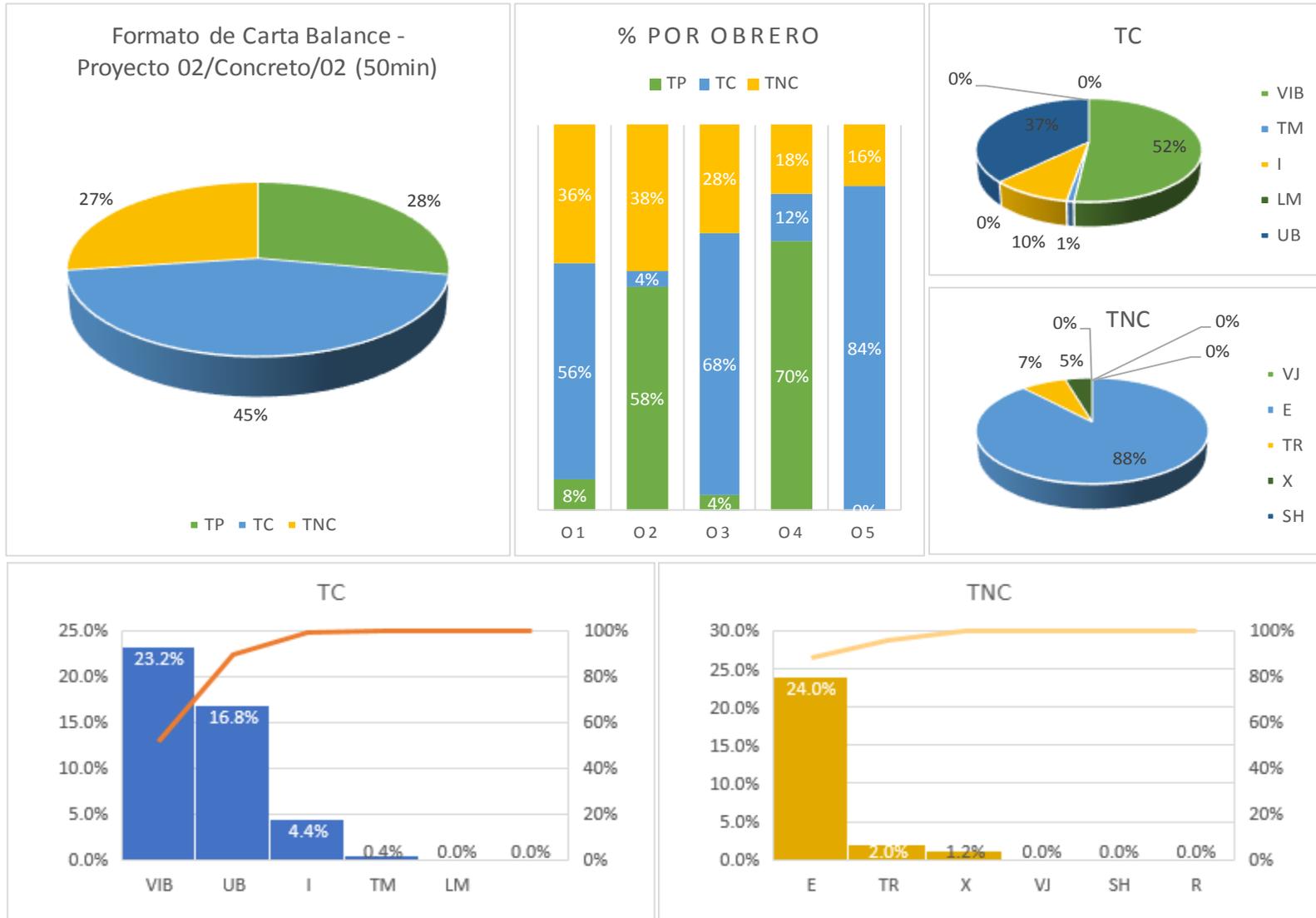


Gráfico 28. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/02
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/03

Formato de Carta Balance - Proyecto 02/Concreto/03 (180min)

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8			
1	VC	VIB	VIB	E	E	VJ	VJ	UB			
2	VC	VIB	VIB	E	E	RG	RG	UB			
3	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
4	VC	E	E	XC	XC	E	E	UB			
5	VC	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
6	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
7	VC	E	E	XC	XC	RG	RG	UB			
8	VC	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
9	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
10	VC	E	E	XC	XC	RG	RG	UB			
11	VC	VIB	VIB	E	E	RG	RG	UB			
12	VC	VIB	VIB	XC	XC	E	E	UB			
13	E	E	E	XC	XC	E	E	UB			
14	E	E	E	E	E	E	E	E			
15	E	E	E	E	E	E	E	E			
16	E	E	E	E	E	E	E	E			
17	E	E	E	E	E	E	E	E			
18	E	E	E	E	E	E	E	E			
19	E	E	E	E	E	E	E	E			
20	E	E	E	E	E	E	E	E			
21	E	E	E	E	E	E	E	E			
22	E	E	E	E	E	E	E	E			
23	E	E	E	E	E	E	E	E			
24	E	E	E	E	E	E	E	E			
25	E	E	E	E	E	E	E	E			
26	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	UB			
27	VC	E	E	E	E	RG	RG	UB			
28	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
29	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
30	VC	E	E	E	E	RG	RG	UB			
#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8			
31	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
32	VC	VIB	VIB	XC	XC	E	E	UB			
33	VC	E	E	E	E	RG	RG	UB			
34	VC	E	E	XC	XC	RG	RG	UB			
35	E	VIB	VIB	XC	XC	E	E	UB			
36	E	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
37	E	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
38	E	E	E	E	E	RG	RG	UB			
39	E	E	E	E	E	E	E	E			
40	E	E	E	E	E	E	E	E			
41	E	E	E	E	E	E	E	E			
42	E	E	E	E	E	E	E	E			
43	VC	VIB	VIB	XC	XC	E	E	UB			
44	VC	VIB	VIB	XC	XC	E	E	UB			
45	VC	E	E	E	E	E	E	UB			
46	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
47	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
48	VC	E	E	E	E	E	E	UB			
49	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
50	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
51	VC	E	E	E	E	E	E	UB			
52	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
53	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
54	E	E	E	E	E	E	E	UB			
55	E	E	E	E	E	RG	RG	UB			
56	E	E	E	E	E	E	E	E			
57	E	E	E	E	E	E	E	E			
58	E	E	E	E	E	E	E	E			
59	E	E	E	E	E	E	E	E			
60	E	E	E	E	E	E	E	E			

06/02/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
	EM	Entrega de material
	XC	Expandir concreto
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	UB	Uso de la bomba
TNC		
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

06/02/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
	EM	Entrega de material
	XC	Expandir concreto
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	UB	Uso de la bomba
TNC		
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8			
61	E	E	E	E	E	E	E	E			
62	E	E	E	E	E	E	E	E			
63	E	E	E	E	E	E	E	E			
64	E	E	E	E	E	E	E	E			
65	VC	VIB	VIB	XC	XC	E	E	UB			
66	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
67	VC	E	E	E	E	RG	RG	UB			
68	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
69	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
70	VC	E	E	E	E	E	E	UB			
71	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
72	VC	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
73	VC	E	E	XC	XC	RG	RG	UB			
74	E	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
75	E	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
76	E	E	E	E	E	E	E	E			
77	E	E	E	E	E	E	E	E			
78	E	E	E	E	E	E	E	E			
79	E	E	E	E	E	E	E	E			
80	E	E	E	E	E	E	E	E			
81	E	E	E	E	E	E	E	E			
82	E	E	E	E	E	E	E	E			
83	E	E	E	E	E	E	E	E			
84	E	E	E	E	E	E	E	E			
85	E	E	E	E	E	E	E	E			
86	E	E	E	E	E	E	E	E			
87	E	E	E	E	E	E	E	E			
88	E	E	E	E	E	E	E	E			
89	E	E	E	E	E	E	E	E			
90	E	E	E	E	E	E	E	E			
#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8			
91	E	E	E	E	E	E	E	E			
92	E	E	E	E	E	E	E	E			
93	E	E	E	E	E	E	E	E			
94	E	E	E	E	E	E	E	E			
95	E	E	E	E	E	E	E	E			
96	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	UB			
97	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	UB			
98	VC	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
99	VC	VIB	VIB	XC	XC	E	E	UB			
100	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
101	VC	E	E	E	E	RG	RG	UB			
102	VC	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
103	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
104	VC	E	E	XC	XC	RG	RG	UB			
105	VC	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
106	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
107	VC	E	E	XC	XC	RG	RG	UB			
108	VC	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
109	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
110	E	E	E	E	E	RG	RG	UB			
111	E	E	E	E	E	E	E	E			
112	E	E	E	E	E	E	E	E			
113	E	E	E	E	E	E	E	E			
114	E	E	E	E	E	E	E	E			
115	E	E	E	E	E	E	E	E			
116	E	E	E	E	E	E	E	E			
117	E	E	E	E	E	E	E	E			
118	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	UB			
119	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
120	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			

06/02/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
	EM	Entrega de material
	XC	Expandir concreto
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	UB	Uso de la bomba
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

06/02/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
	EM	Entrega de material
	XC	Expandir concreto
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	UB	Uso de la bomba
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8			
121	VC	E	E	E	E	RG	RG	UB			
122	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
123	VC	VIB	VIB	XC	XC	E	RG	UB			
124	VC	E	E	TM	E	RG	RG	UB			
125	VC	VIB	VIB	E	E	RG	RG	UB			
126	VC	VIB	VIB	XC	XC	E	RG	UB			
127	VC	E	E	XC	XC	E	RG	UB			
128	VC	VIB	VIB	E	E	RG	RG	UB			
129	VC	VIB	VIB	XC	XC	E	E	UB			
130	VC	E	E	E	E	E	RG	UB			
131	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
132	E	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
133	E	E	E	E	E	E	E	E			
134	E	E	E	E	E	E	E	E			
135	R	R	R	R	R	R	R	E			
136	R	R	R	R	R	R	R	E			
137	R	R	R	R	R	R	R	E			
138	R	R	R	R	R	R	R	E			
139	R	R	R	R	R	R	R	E			
140	R	R	R	R	R	R	R	E			
141	R	R	R	R	R	R	R	E			
142	R	R	R	R	R	R	R	E			
143	R	R	R	R	R	R	R	E			
144	R	R	R	R	R	R	R	E			
145	R	R	R	R	R	R	R	E			
146	R	R	R	R	R	R	R	E			
147	R	R	R	R	R	R	R	E			
148	R	R	R	R	R	R	R	E			
149	R	R	R	R	R	R	R	E			
150	R	R	R	R	R	R	R	E			
#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8			
151	R	R	R	R	R	R	R	E			
152	R	R	R	R	R	R	R	E			
153	R	R	R	R	R	R	R	E			
154	R	R	R	R	R	R	R	E			
155	E	E	E	E	E	E	E	E			
156	E	E	E	E	E	E	E	E			
157	E	E	E	E	E	E	E	E			
158	E	E	E	E	E	E	E	E			
159	E	E	E	E	E	E	E	E			
160	VC	E	E	XC	XC	TM	TM	UB			
161	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
162	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
163	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
164	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
165	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
166	VC	I	I	E	E	E	E	UB			
167	VC	VIB	VIB	E	E	E	E	UB			
168	VC	E	E	E	E	E	E	UB			
169	VC	E	E	XC	XC	RG	RG	UB			
170	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
171	VC	I	I	E	E	E	E	UB			
172	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
173	VC	VIB	VIB	XC	XC	RG	RG	UB			
174	E	E	E	XC	XC	RG	RG	UB			
175	E	E	E	E	E	E	RG	E			
176	E	E	E	E	E	E	RG	E			
177	E	E	E	E	E	E	RG	E			
178	E	E	E	E	E	E	RG	E			
179	E	E	E	E	E	E	RG	E			
180	E	E	E	E	E	E	RG	E			

Fuente: Elaboración propia

06/02/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
	EM	Entrega de material
	XC	Expandir concreto
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	UB	Uso de la bomba
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

06/02/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
	EM	Entrega de material
	XC	Expandir concreto
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	UB	Uso de la bomba
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

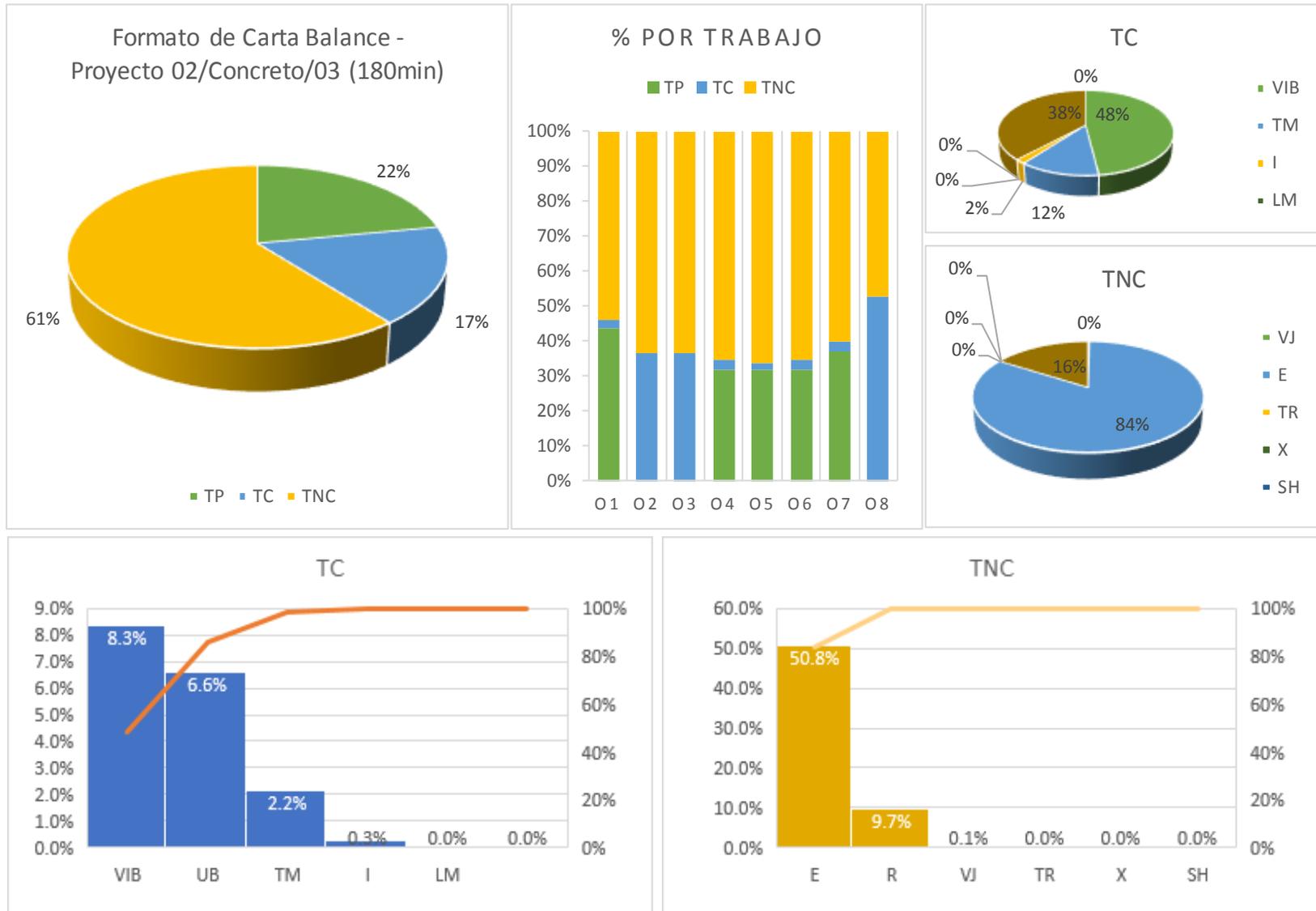


Gráfico 29. Informe Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/03
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Carta Balance – Proyecto 03/Acero/01

Formato de Carta Balance - Proyecto 03/Acero/01 (180min)

#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2
1	TR		31	X		61	CA		91	CA	AV
2	TR		32	AV		62	X		92	AP	AV
3	TR		33	AV		63	E		93	AH	AV
4	TR		34	AV		64	CA		94	CA	AV
5	TR		35	AV		65	CA		95	CA	AV
6	TR		36	AV		66	AP	E	96	AH	AV
7	TR		37	AV		67	CA	E	97	CA	AV
8	I		38	AV		68	CA	AH	98	CA	AV
9	I		39	AV		69	CA	AH	99	AP	AV
10	I		40	AV		70	CA	AH	100	CA	AV
11	I		41	AV		71	CA	AH	101	CA	AV
12	I		42	AV		72	CA	AH	102	AP	AV
13	AH		43	AV		73	CA	AH	103	CA	AV
14	AH		44	AV		74	CA	AH	104	CA	CA
15	AH		45	AV		75	AP	BH	105	CA	CA
16	AH		46	AV		76	CA	BH	106	CA	CA
17	CA		47	MED		77	CA	BH	107	CA	CA
18	CA		48	MED		78	CA	MED	108	CA	CA
19	CA		49	MED		79	I	MED	109	CA	CA
20	CA		50	MED		80	AH	MED	110	CA	AH
21	AP		51	MED		81	CA	MED	111	CA	AH
22	CA		52	MED		82	CA	MED	112	CA	AH
23	X		53	MED		83	CA	MED	113	CA	CA
24	AP		54	TM		84	CA	MED	114	CA	CA
25	CA		55	AH		85	CA	I	115	MOV	CA
26	CA		56	AH		86	CA	AH	116	LM	CA
27	CA		57	AH		87	CA	AH	117	LM	CA
28	CA		58	AH		88	CA	AH	118	BH	CA
29	CA		59	AH		89	CA	AH	119	BH	CA
30	BH		60	MED		90	CA	MED	120	MED	MED
#	O1	O2	#	O1	O2						
121	MED	CA	151	AH	CA						
122	MED	CA	152	MED	CA						
123	I	AP	153	AH	CA						
124	MED	I	154	TM	CA						
125	VJ	CA	155	AH	CA						
126	TM	CA	156	AH	CA						
127	MED	CA	157	I	CA						
128	TM	AH	158	AH	CA						
129	TM	CA	159	TM	CA						
130	TM	CA	160	CA	CA						
131	LM	AH	161	CA	CA						
132	LM	AH	162	AH	CA						
133	E	AH	163	CA	CA						
134	E	CA	164	CA	CA						
135	MED	E	165	CA	CA						
136	MED	CA	166	CA	CA						
137	MED	VJ	167	CA	MED						
138	MED	VJ	168	CA	CA						
139	MED	VJ	169	CA	CA						
140	MED	VJ	170	AP	CA						
141	MED	VJ	171	CA	CA						
142	MED	VJ	172	CA	CA						
143	MED	VJ	173	CA	CA						
144	MED	AP	174	CA	CA						
145	MED	AP	175	TM	CA						
146	MED	CA	176	TM	CA						
147	MED	CA	177	TM	CA						
148	TM	CA	178	TM	CA						
149	AH	CA	179	E	I						
150	AH	CA	180	R	R						

Fuente: Elaboración propia

27/01/2017	Acero	
TP	AH	Colocar acero horizontal
	AV	Colocar acero vertical
	CA	Colocación de alambre
	EPX	Colocación de epóxico
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	BH	Búsqueda de herramientas
	MED	Realizar mediciones y nivelado
	AP	Abrir paquetes
TNC	LM	Limpieza de material
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

27/01/2017	Acero	
TP	AH	Colocar acero horizontal
	AV	Colocar acero vertical
	CA	Colocación de alambre
	EPX	Colocación de epóxico
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	BH	Búsqueda de herramientas
	MED	Realizar mediciones y nivelado
	AP	Abrir paquetes
TNC	LM	Limpieza de material
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

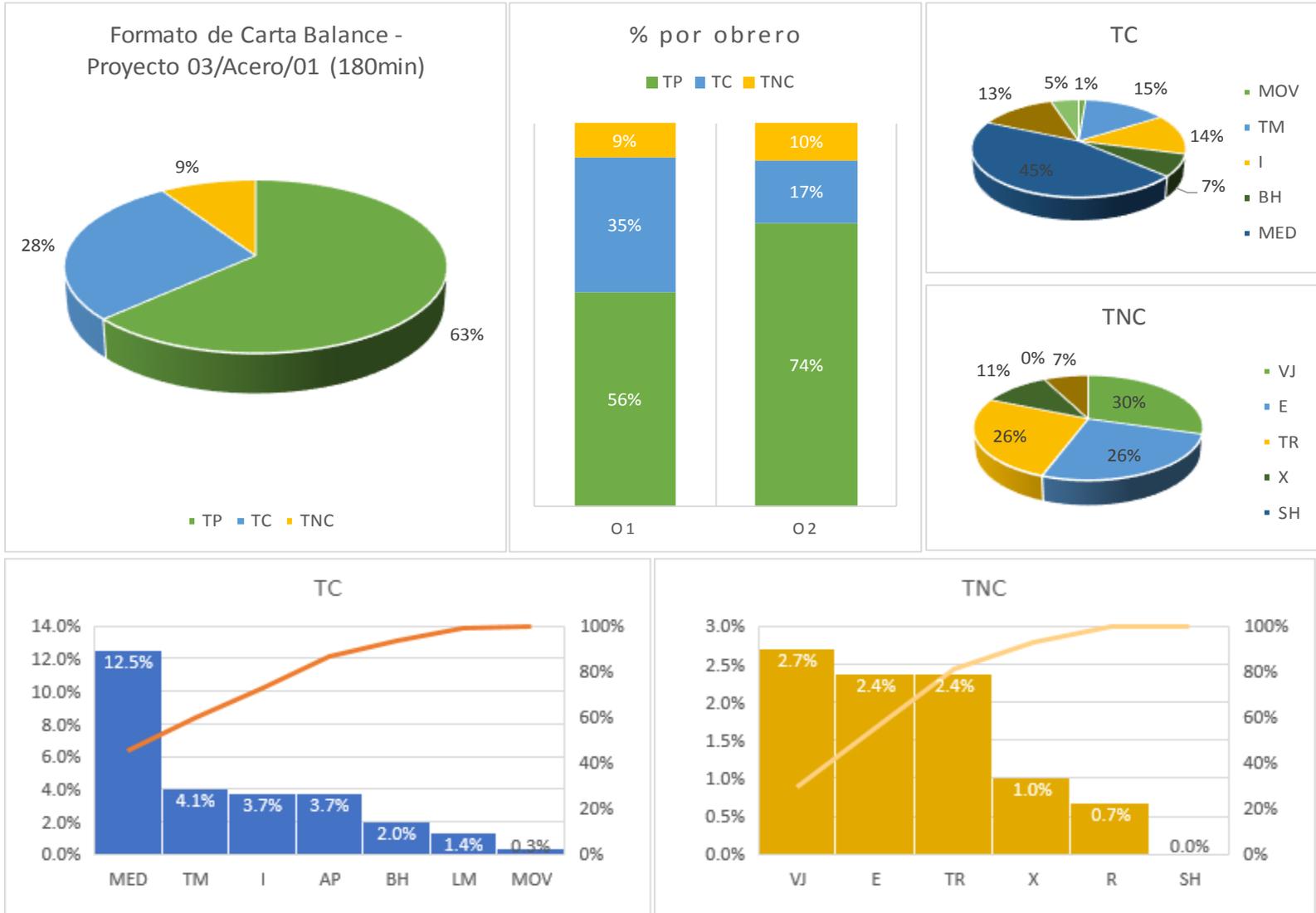


Gráfico 30. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Acero/01
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Carta Balance - Proyecto 03/Acero/02

Formato de Carta Balance - Proyecto 03/Acero/02 (120min)

#	O1		#	O1		#	O1		#	O1	
1	MED		31	I		61	CA		91	CA	
2	LM		32	MED		62	CA		92	CA	
3	LM		33	TM		63	CA		93	CA	
4	MED		34	TM		64	CA		94	CA	
5	MED		35	TM		65	CA		95	AV	
6	MED		36	TM		66	CA		96	CA	
7	MED		37	TM		67	CA		97	AV	
8	AV		38	TM		68	CA		98	CA	
9	CA		39	TM		69	CA		99	CA	
10	CA		40	TM		70	CA		100	AH	
11	AV		41	TM		71	TM		101	CA	
12	CA		42	TM		72	TM		102	MED	
13	CA		43	TR		73	TM		103	MED	
14	I		44	TR		74	TM		104	MED	
15	I		45	TM		75	TM		105	CA	
16	I		46	TM		76	TM		106	CA	
17	MED		47	TM		77	TM		107	AH	
18	MED		48	TM		78	TM		108	AH	
19	I		49	TM		79	TM		109	CA	
20	MED		50	TM		80	TM		110	CA	
21	MED		51	TM		81	TM		111	CA	
22	I		52	TM		82	TM		112	AH	
23	TM		53	TM		83	TM		113	CA	
24	AH		54	TM		84	TM		114	AH	
25	AH		55	TR		85	AH		115	CA	
26	AH		56	TR		86	CA		116	CA	
27	AP		57	TR		87	CA		117	AH	
28	AH		58	TR		88	CA		118	CA	
29	MED		59	TR		89	CA		119	CA	
30	MED		60	TR		90	CA		120	CA	

Fuente: Elaboración propia

08/02/2017	Acero	
TP	AH	Colocar acero horizontal
	AV	Colocar acero vertical
	CA	Colocación de alambre
	EPX	Colocación de epóxico
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	BH	Búsqueda de herramientas
	MED	Realizar mediciones y nivelado
	AP	Abrir paquetes
	LM	Limpieza de material
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

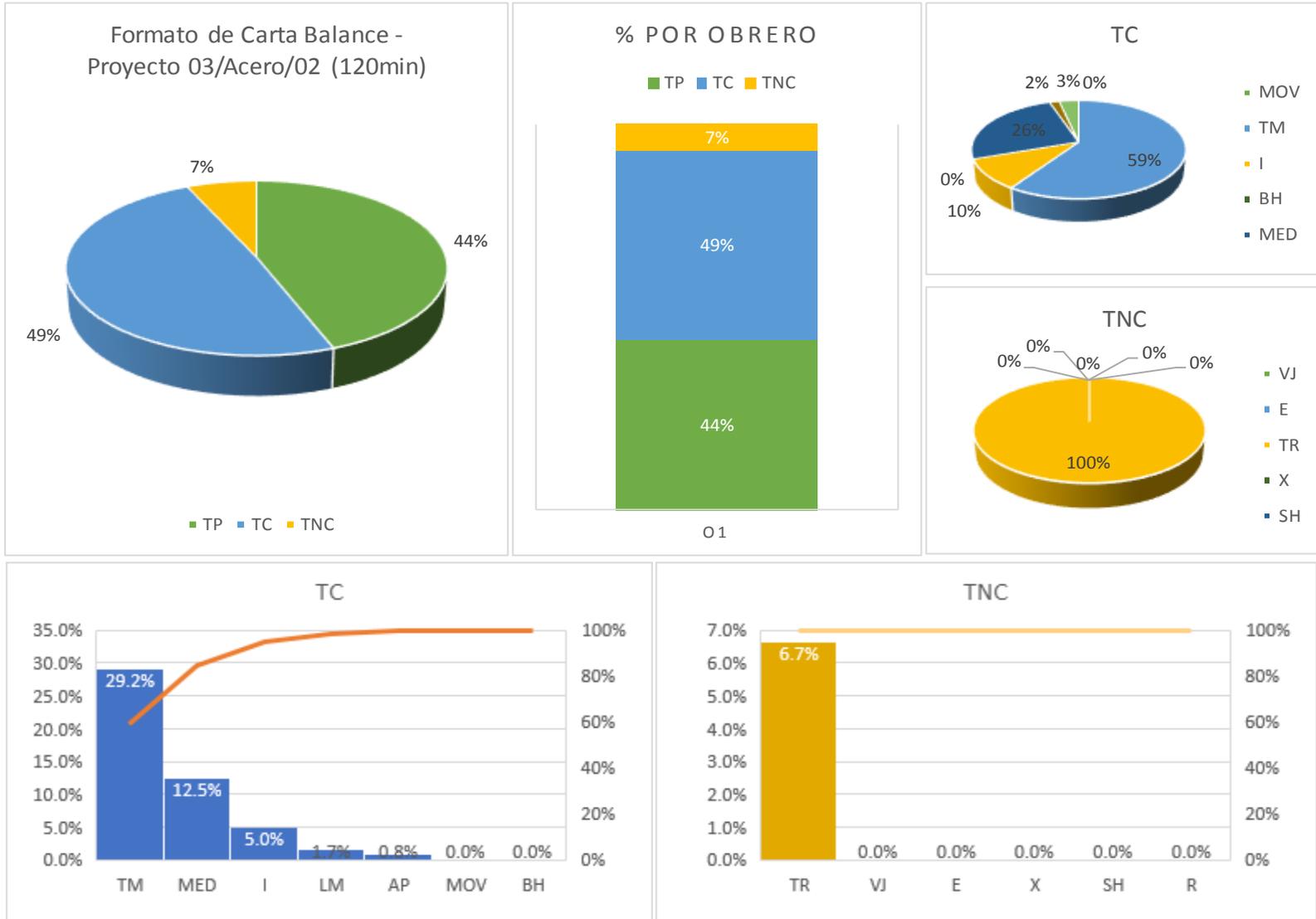


Gráfico 31. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Acero/02
Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Carta Balance – Proyecto 03/Encofrado/01

Formato de Carta Balance - Proyecto 03/Encofrado/01 (175min)

#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2
1	VJ	VJ	31	CAL	CAC	61	CAL	X	91	X	E
2	CO	TM	32	CAL	CAC	62	CAL	X	92	E	E
3	CO	R	33	CAL	CAC	63	X	X	93	E	E
4	TM	X	34	CAL	I	64	CP	MED	94	TR	TR
5	CO	CO	35	I	I	65	CP	CP	95	TR	TR
6	CAC	CO	36	CAL	CAC	66	CP	CP	96	TR	TR
7	CO	CO	37	CAL	TM	67	CP	CP	97	VJ	CAC
8	CAC	CO	38	CAL	TM	68	CAC	CAC	98	VJ	I
9	CO	CO	39	I	CO	69	CAC	CAC	99	I	CAC
10	TM	CAC	40	CAL	CAC	70	CAC	I	100	TR	TR
11	R	CO	41	CAL	CAC	71	I	I	101	TR	TR
12	CO	CO	42	CAL	TM	72	CO	I	102	MED	MED
13	CO	CO	43	I	I	73	I	I	103	MED	MED
14	CAL	MED	44	CAL	CAC	74	I	I	104	I	I
15	CO	BA	45	TM	TM	75	I	I	105	CAL	CAC
16	CO	CO	46	VJ	CAL	76	I	I	106	E	CAC
17	CO	TM	47	CAL	CAL	77	TM	CP	107	CO	CAC
18	CO	CO	48	E	E	78	MED	MED	108	R	CAC
19	CO	CAC	49	E	CAL	79	MED	MED	109	R	CAC
20	I	I	50	I	I	80	E	VJ	110	CAC	TM
21	E	E	51	CAL	BA	81	MED	VJ	111	CAC	TM
22	CAC	CAC	52	CAL	BA	82	E	VJ	112	I	I
23	CAC	BA	53	CAL	TM	83	E	VJ	113	CAC	BA
24	I	TM	54	CAL	CAC	84	CAC	CP	114	CAC	CAC
25	CAC	TM	55	CAC	X	85	I	I	115	CAC	CAC
26	CAC	TM	56	E	TM	86	I	I	116	I	I
27	CAC	TM	57	CP	CP	87	E	E	117	CAC	BA
28	CAC	TM	58	CP	CP	88	TR	TR	118	CAC	CAC
29	CAL	MED	59	CAL	R	89	I	I	119	CAC	CAC
30	R	CO	60	CAL	X	90	X	E	120	I	I
#	O1	O2	#	O1	O2						
121	CAL	CAC	151	CAL	I						
122	CAL	CAC	152	CO	CAC						
123	CO	E	153	CAL	CAC						
124	CAC	BA	154	I	I						
125	CAC	CAC	155	CAL	CAC						
126	CAC	CAC	156	CAL	MED						
127	I	I	157	BA	MED						
128	VJ	X	158	CAC	SH						
129	CAL	CAC	159	CAC	SH						
130	CAL	CAC	160	CAC	TM						
131	E	CAC	161	CAC	BA						
132	BA	TM	162	TM	BA						
133	CAL	TM	163	BA	CAC						
134	CAL	CAC	164	CAL	CO						
135	CAL	CAC	165	CAL	CAC						
136	CAL	CAC	166	CO	CAC						
137	CAL	E	167	CAL	CO						
138	I	I	168	CAL	TM						
139	TM	BA	169	I	I						
140	CAC	CAC	170	TM	E						
141	CAC	CAC	171	CAC	VJ						
142	CO	E	172	CAC	VJ						
143	CO	CAC	173	SH	VJ						
144	I	I	174	SH	VJ						
145	CO	CAC	175	X	VJ						
146	CO	CAC	176								
147	CO	CAC	177								
148	CO	BA	178								
149	CAC	CAC	179								
150	CAC	CAC	180								

27/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones y nivelaciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

27/01/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	CD	Colocación de desmoldante
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
TNC	MED	Mediciones y nivelaciones
	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

Fuente: Elaboración propia

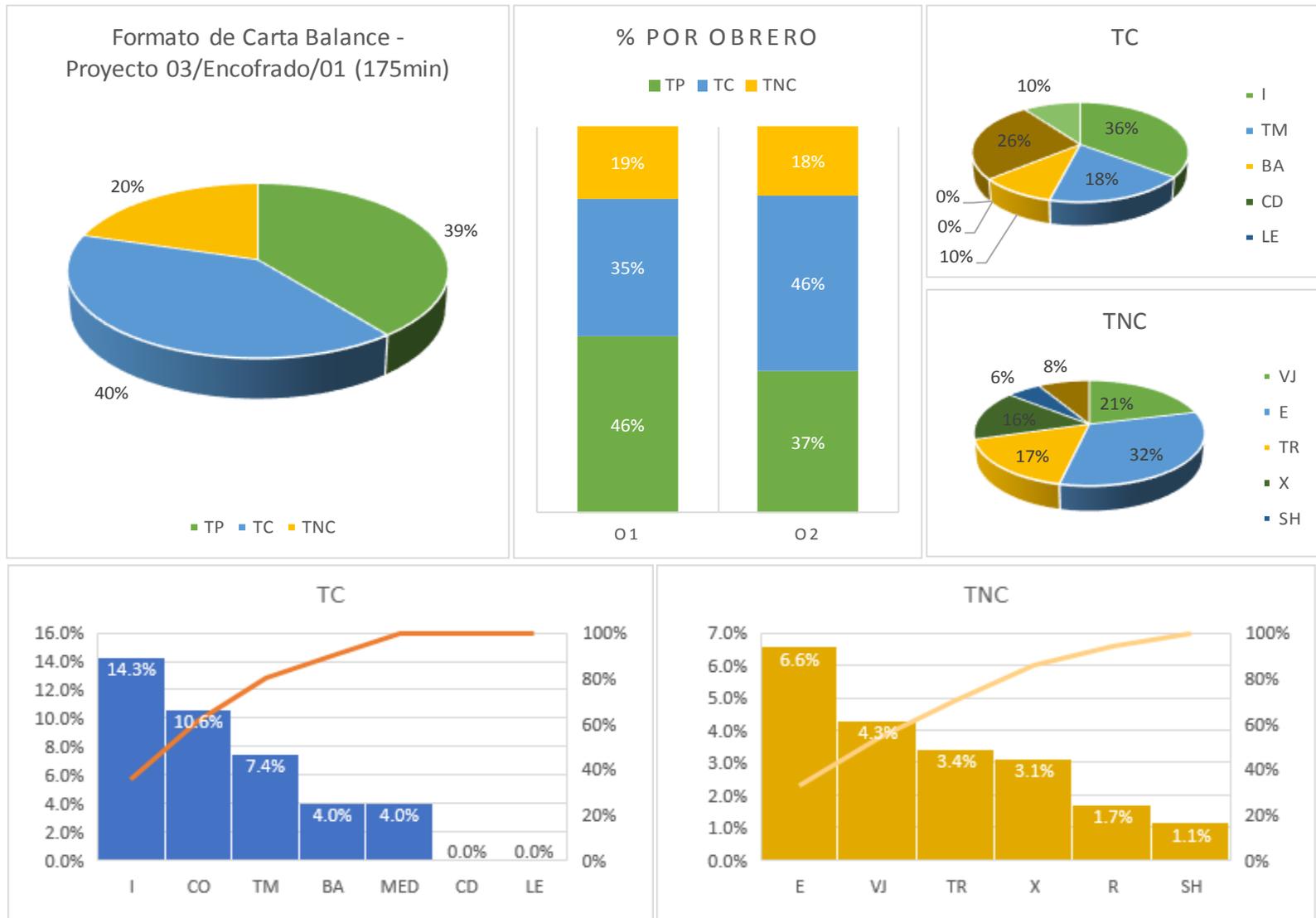


Gráfico 32. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Encofrado/01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Carta Balance - Proyecto 03/Encofrado/02

Formato de Carta Balance - Proyecto 03/Encofrado/02 (120min)

#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2	#	O1	O2
1	VJ	VJ	31	CO	E	61	CO	E	91	I	TM
2	CAC	TM	32	CAL	E	62	CO	E	92	TM	E
3	CAC	TM	33	E	CO	63	CO	E	93	CP	CP
4	I	I	34	CAC	CO	64	CO	E	94	BA	CAC
5	I	I	35	CAC	TM	65	CO	E	95	BA	CAC
6	CAC	E	36	CAC	CO	66	CO	E	96	TM	CAC
7	MED	E	37	CO	CAL	67	CO	E	97	CP	CP
8	CAC	MED	38	CAC	CAL	68	E	TM	98	MED	MED
9	CO	CAL	39	CAC	CAL	69	E	TM	99	CP	CP
10	CAC	CAL	40	E	CO	70	E	CAC	100	I	I
11	CAC	CAL	41	CO	CO	71	E	TM	101	I	I
12	CO	CAL	42	CAL	BA	72	E	MED	102	E	E
13	CAL	I	43	CAL	BA	73	E	CAC	103	X	MED
14	CAL	I	44	I	TM	74	I	CAC	104	X	E
15	CAL	I	45	CAL	TM	75	I	TM	105	TM	TM
16	CAL	I	46	CAL	TM	76	I	CAC	106	TM	TM
17	I	I	47	CAC	CAL	77	I	CAC	107	TM	TM
18	MED	CAC	48	TM	CAL	78	I	CAC	108	TM	TM
19	CAC	CO	49	CO	CAL	79	MED	MED	109	TM	TM
20	CAC	CO	50	CO	CAL	80	TM	TM	110	TM	TM
21	TM	CAL	51	CAC	CO	81	MED	CAC	111	E	E
22	CAL	CAL	52	CAC	CAL	82	CAC	E	112	TM	TM
23	CAL	CAL	53	I	CAL	83	I	CAC	113	TM	TM
24	I	I	54	CAC	CAL	84	TM	CAC	114	LE	LE
25	CAL	CAL	55	CAC	CAL	85	CP	CP	115	LE	LE
26	I	I	56	CAC	CAL	86	CAC	TM	116	X	X
27	CO	CO	57	CO	CAL	87	CAC	E	117	TM	TM
28	CO	CAL	58	CAC	I	88	CAC	TM	118	TM	TM
29	CAL	CAL	59	CAC	I	89	CAC	TM	119	TM	TM
30	CAL	CAL	60	CAC	CO	90	CO	TM	120	TM	TM

08/02/2017	Encofrado	
TP	CP	Colocar plancha de encofrado
	CAC	Colocar accesorios
	CAL	Colocar alineadores
	CPT	Colocar puntales
TC	I	Recibir/dar instrucciones
	TM	Transporte de material
	BA	Búsqueda de accesorios
	LE	Limpieza del encofrado
	CO	Cortar material
	MED	Mediciones y nivelaciones
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

Fuente: Elaboración propia

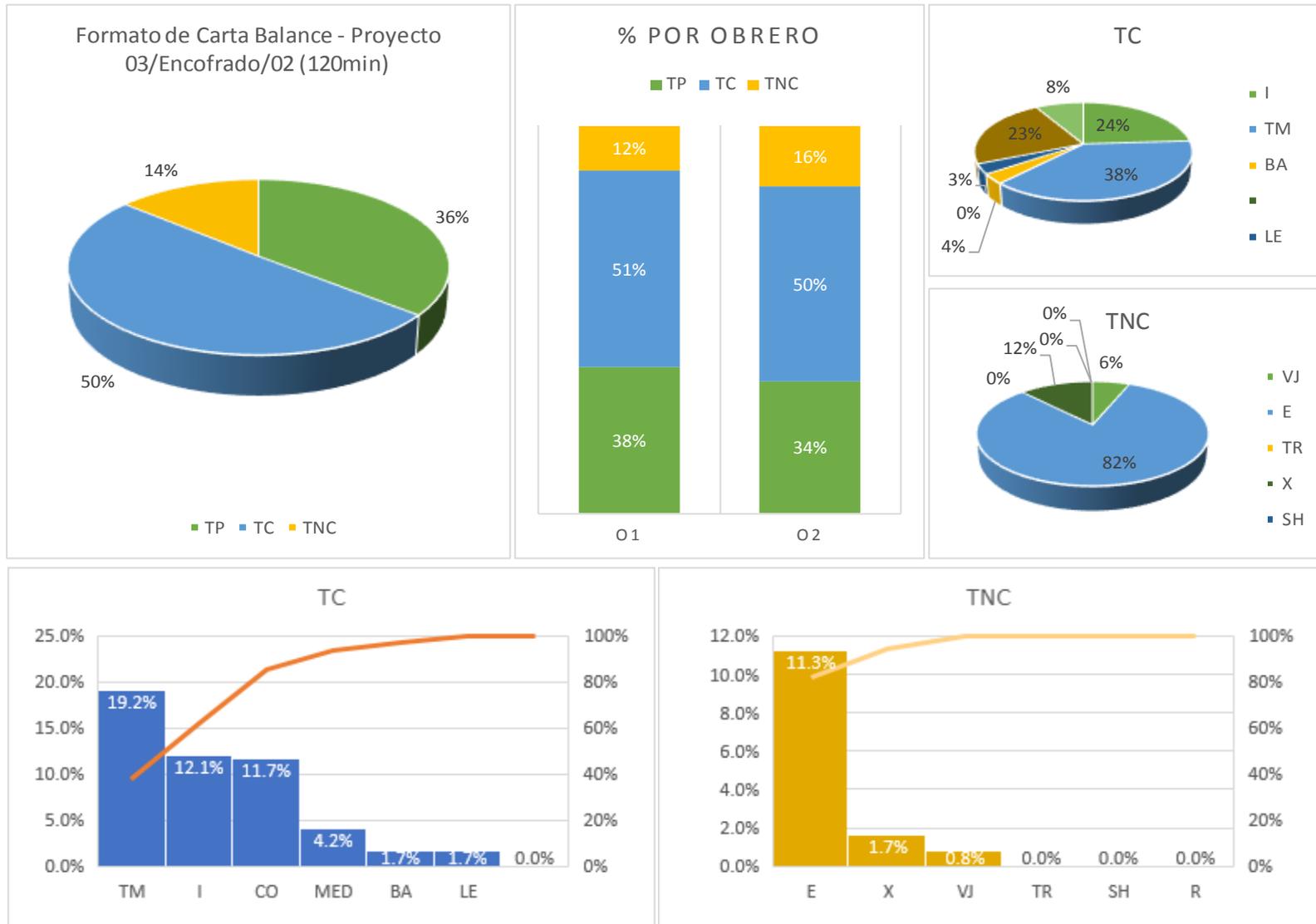


Gráfico 33. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Encofrado/02
Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/01

Formato de Carta Balance - Proyecto 03/Concreto/01 (115min)

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9		
1	E	E	E	E	E	E	Z	E	E		
2	E	E	E	E	E	E	UZ	Z	Z		
3	E	E	E	X	TM	E	UZ	E	E		
4	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E	E		
5	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	E	E		
6	VC	VC	VC	VC	E	E	E	Z	Z		
7	E	E	E	E	E	E	UZ	E	E		
8	VC	VC	VC	VC	TM	TM	E	E	E		
9	VC	VC	VC	VC	E	VJ	Z	E	E		
10	VC	VC	VC	VC	E	VJ	UZ	Z	Z		
11	VC	VC	VC	VC	E	E	UZ	E	E		
12	VC	VC	VC	VC	E	E	UZ	E	E		
13	E	E	E	E	TM	R	Z	E	E		
14	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	Z	Z		
15	VIB	E	E	E	E	E	Z	TR	E		
16	VIB	E	E	E	E	E	LM	E	E		
17	VIB	E	E	E	TM	E	E	E	E		
18	VC	VC	VC	VC	E	TM	UZ	E	E		
19	VC	VC	VC	VC	TM	E	Z	E	E		
20	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	Z	Z		
21	E	E	E	E	E	E	Z	Z	Z		
22	E	E	E	E	TM	E	E	E	E		
23	VC	VC	VC	VC	E	TM	Z	E	E		
24	VC	VC	VC	VC	TM	E	Z	E	E		
25	E	E	E	E	E	TM	Z	Z	Z		
26	E	E	E	E	E	E	Z	E	E		
27	VIB	E	E	E	TM	E	UZ	E	E		
28	VIB	VC	VC	VC	E	E	E	E	E		
29	VC	VC	VC	VC	E	TM	E	Z	Z		
30	VC	VC	VC	VC	E	TM	E	UZ	E	E	
#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9		
31	VC	VC	VC	VC	I	E	I	E	E		
32	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	E	E		
33	VC	VC	VC	VC	E	E	I	Z	Z		
34	VIB	E	E	E	E	TM	UZ	E	E		
35	VIB	E	E	E	TM	E	E	E	E		
36	VC	VC	VC	VC	E	E	I	E	E		
37	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	E	E		
38	VC	VC	VC	VC	E	E	E	Z	Z		
39	VC	E	E	E	E	TM	E	E	E		
40	VC	VC	VC	VC	E	TM	E	Z	E	E	
41	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	E	E		
42	VIB	E	E	E	E	E	I	Z	Z		
43	VIB	E	E	E	E	E	UZ	E	R		
44	E	E	E	E	TM	E	E	E	R		
45	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	E	E		
46	VIB	E	E	E	E	E	E	E	E		
47	VIB	E	E	E	E	E	E	E	E		
48	LM	LM	E	E	E	E	LM	LM	LM		
49	LM	LM	E	E	E	E	LM	LM	LM		
50	I	I	E	E	TM	TM	TM	X	X		
51	I	I	I	E	TM	TM	TM	X	X		
52	X	E	E	E	TM	TM	TM	X	X		
53	I	TM									
54	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM		
55	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM		
56	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM		
57	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM		
58	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM		
59	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM		
60	I	E	E	E	E	E	Z	E	E		

28/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
UZ	Uso de la mezcladora	
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

28/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
UZ	Uso de la mezcladora	
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9			
61	I	E	E	X	E	E	E	Z	Z			
62	E	E	E	E	E	E	UZ	E	E			
63	E	E	E	E	TM	E	Z	E	E			
64	VC	VC	VC	VC	E	E	UZ	Z	Z			
65	VC	VC	VC	VC	E	TM	E	E	E			
66	VC	VC	VC	VC	TM	E	Z	E	E			
67	E	VC	VC	VC	E	E	E	Z	Z			
68	E	VC	VC	VC	E	E	UZ	E	E			
69	TR	VC	VC	VC	X	E	Z	E	E			
70	TR	VC	VC	VC	X	E	E	E	E			
71	TR	VC	VC	VC	E	E	Z	E	E			
72	TR	VC	VC	VC	E	E	E	Z	Z			
73	TR	VC	VC	VC	E	TM	E	E	E			
74	TR	VC	VC	VC	E	E	UZ	E	E			
75	TR	E	E	VIB	TM	E	Z	E	E			
76	TR	E	E	VIB	E	E	E	Z	Z			
77	VC	VC	VC	VC	E	E	I	E	E			
78	VC	VC	VC	VC	E	E	I	E	E			
79	VC	VC	VC	VC	E	E	E	Z	Z			
80	E	E	E	E	TM	TM	UZ	E	E			
81	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E	E			
82	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	E	E			
83	VC	VC	VC	VC	E	E	E	Z	Z			
84	VC	VC	VC	VC	E	E	UZ	LM	LM			
85	E	E	E	E	TM	TM	E	LM	LM			
86	VC	VC	VC	VC	E	E	UZ	E	E			
87	E	E	E	VIB	E	TM	E	LM	LM			
88	E	E	E	VIB	E	E	Z	Z	Z			
89	E	E	E	VIB	TM	E	UZ	E	E			
90	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E	E			
#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9			
91	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	E	E			
92	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	Z	Z			
93	E	E	E	E	TM	E	UZ	Z	Z			
94	VC	VC	VC	VC	E	E	UZ	E	E			
95	VC	VC	VC	VC	E	TM	UZ	E	E			
96	VC	VC	VC	VC	E	E	Z	E	E			
97	E	E	E	VIB	TM	E	E	Z	Z			
98	E	E	E	VIB	E	E	UZ	Z	Z			
99	R	R	R	VIB	R	R	E	E	E			
100	R	R	R	E	R	TM	E	E	E			
101	R	VC	VC	E	R	E	E	E	E			
102	VC	VC	VC	VC	E	E	UZ	Z	Z			
103	VC	VC	VC	VC	TM	E	UZ	Z	Z			
104	VC	VC	VC	VC	E	E	UZ	E	E			
105	VC	VC	VC	VC	E	TM	UZ	Z	Z			
106	VC	VC	VC	VC	TM	E	E	E	E			
107	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E	E			
108	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E	E			
109	E	E	E	VIB	E	TM	E	E	E			
110	I	I	I	VIB	I	I	E	Z	Z			
111	I	I	I	VIB	I	TM	UZ	E	E			
112	VC	VC	VC	VC	LM	E	Z	R	R			
113	VC	VC	VC	VC	LM	E	Z	R	R			
114	E	E	E	VC	LM	X	TR	R	R			
115	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM	TM			
116												
117												
118												
119												
120												

Fuente: Elaboración propia

28/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
	UZ	Uso de la mezcladora
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

28/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
	UZ	Uso de la mezcladora
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

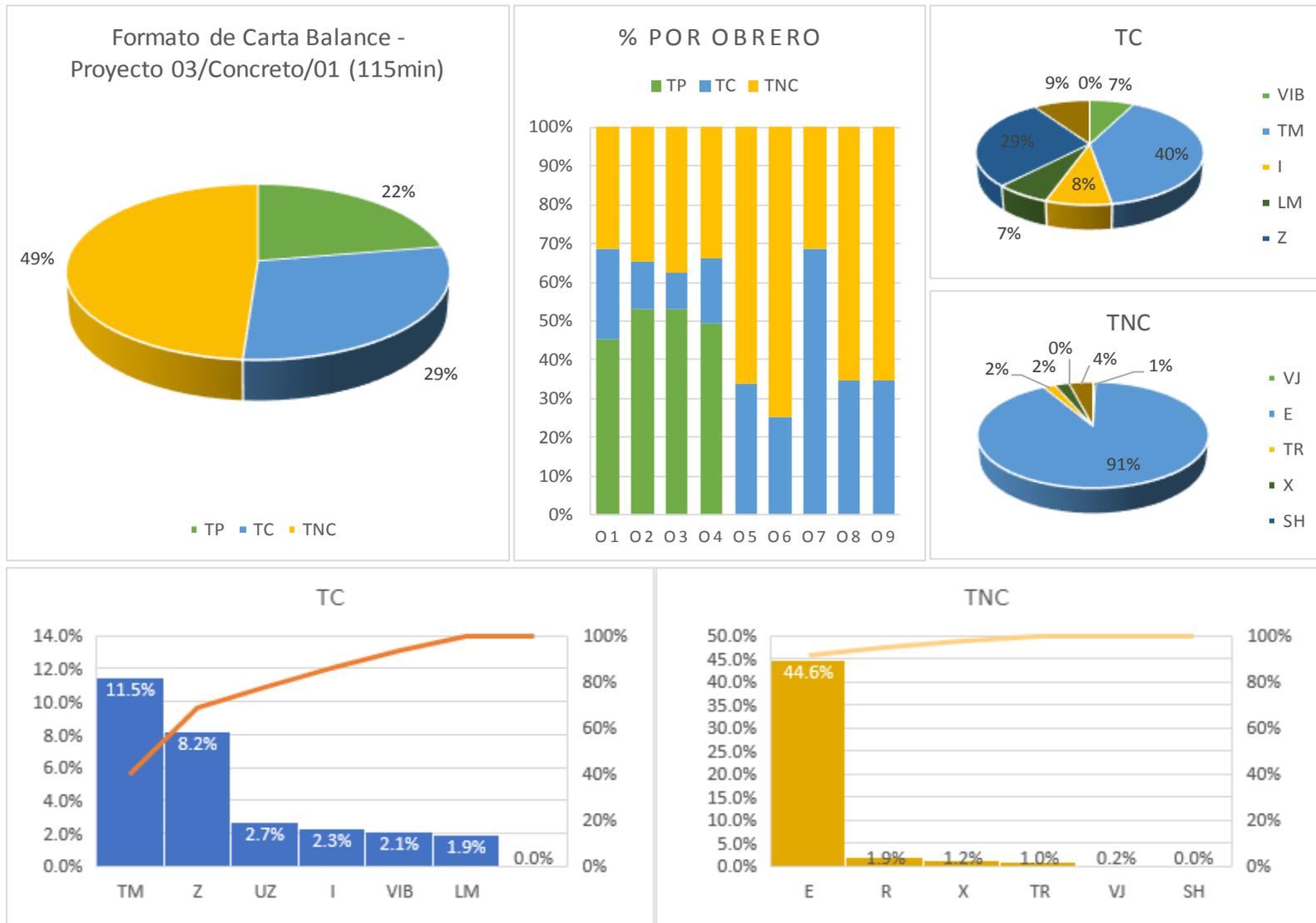


Gráfico 34. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/01
Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/02

Formato de Carta Balance - Proyecto 03/Concreto/02 (70min)

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8			
1	I	I	I	I	E	I	I	VJ			
2	I	I	I	I	TM	I	I	VJ			
3	I	I	I	I	E	Z	Z	Z			
4	I	I	I	I	TM	UZ	E	E			
5	I	I	I	I	E	E	E	E			
6	I	I	I	I	E	Z	E	E			
7	I	I	I	I	TM	UZ	Z	Z			
8	E	E	E	E	TM	E	E	E			
9	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
10	VC	VC	VC	VC	TM	Z	Z	Z			
11	VC	VC	VC	VC	E	Z	E	E			
12	VC	VC	VC	VC	TM	Z	Z	Z			
13	E	E	E	E	E	E	E	E			
14	VC	VC	VC	VC	TM	UZ	E	E			
15	VC	VC	VC	VC	E	Z	Z	Z			
16	VC	VC	VC	VC	TM	UZ	E	E			
17	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
18	VC	VC	VC	VC	TM	E	E	E			
19	VC	VC	VC	VC	E	Z	Z	Z			
20	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
21	VIB	E	E	E	TM	E	E	E			
22	VIB	E	E	E	E	E	E	E			
23	VIB	E	E	E	E	E	E	E			
24	X	TM	TM	TM	E	E	E	E			
25	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
26	VC	VC	VC	VC	TM	Z	Z	Z			
27	VC	VC	VC	VC	E	UZ	E	E			
28	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
29	E	E	E	E	TM	E	E	E			
30	VC	VC	VC	VC	E	UZ	E	E			
#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8			
31	VC	VC	VC	VC	TM	UZ	E	E			
32	VC	VC	VC	VC	E	Z	Z	Z			
33	VC	VC	VC	VC	TM	UZ	E	E			
34	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
35	VC	VC	VC	VC	TM	UZ	E	E			
36	VC	VC	VC	VC	E	Z	Z	Z			
37	VC	VC	VC	VC	TM	UZ	E	E			
38	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
39	VC	VC	VC	VC	TM	UZ	E	E			
40	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
41	VC	VC	VC	VC	TM	E	E	E			
42	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
43	VIB	E	E	E	TM	E	E	E			
44	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E			
45	VC	VC	VC	VC	TM	Z	E	E			
46	VC	VC	VC	VC	E	UZ	Z	Z			
47	VC	VC	VC	VC	TM	E	E	E			
48	VC	E	E	E	E	E	E	E			
49	R	R	R	R	R	UZ	E	E			
50	E	E	E	E	TM	E	E	E			
51	E	E	E	E	E	Z	E	E			
52	E	E	E	E	TM	UZ	Z	Z			
53	E	E	E	E	E	UZ	E	E			
54	E	E	E	E	TM	UZ	E	E			
55	E	E	E	E	E	E	E	E			
56	E	E	E	E	TM	Z	E	E			
57	E	E	E	E	E	UZ	Z	Z			
58	E	E	E	E	TM	E	E	E			
59	E	E	VJ	E	VJ	UZ	E	E			
60	E	E	VJ	E	VJ	E	E	E			

28/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
	UZ	Uso de la mezcladora
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

28/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
	UZ	Uso de la mezcladora
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
	R	Refrigerio

#	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8				
61	VC	VC	VC	VC	TM	E	E	E				
62	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E				
63	VC	VC	VC	VC	TM	Z	Z	Z				
64	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E				
65	VC	VC	VC	VC	TM	UZ	E	E				
66	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E				
67	VC	VC	VC	VC	TM	E	E	E				
68	VC	VC	VC	VC	E	E	E	E				
69	VC	VC	VC	VC	TM	Z	Z	Z				
70	VC	VC	VC	VC	E	UZ	E	E				
71												
72												
73												
74												
75												
76												
77												
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												
88												
89												
90												

Fuente: Elaboración propia

28/01/2017	Concreto	
TP	VC	Vacear concreto
	RG	Reglear
TC	VIB	Vibrado del concreto
	TM	Transporte de material
	I	Recibir/dar instrucciones
	LM	Limpieza de materiales/herramientas
	Z	Colocar materiales en la mezcladora
UZ	Uso de la mezcladora	
TNC	VJ	Viaje improductivo
	E	Esperas
	TR	Trabajo rehecho
	X	Tiempo ocioso
	SH	Ir a servicios higiénico
R	Refrigerio	

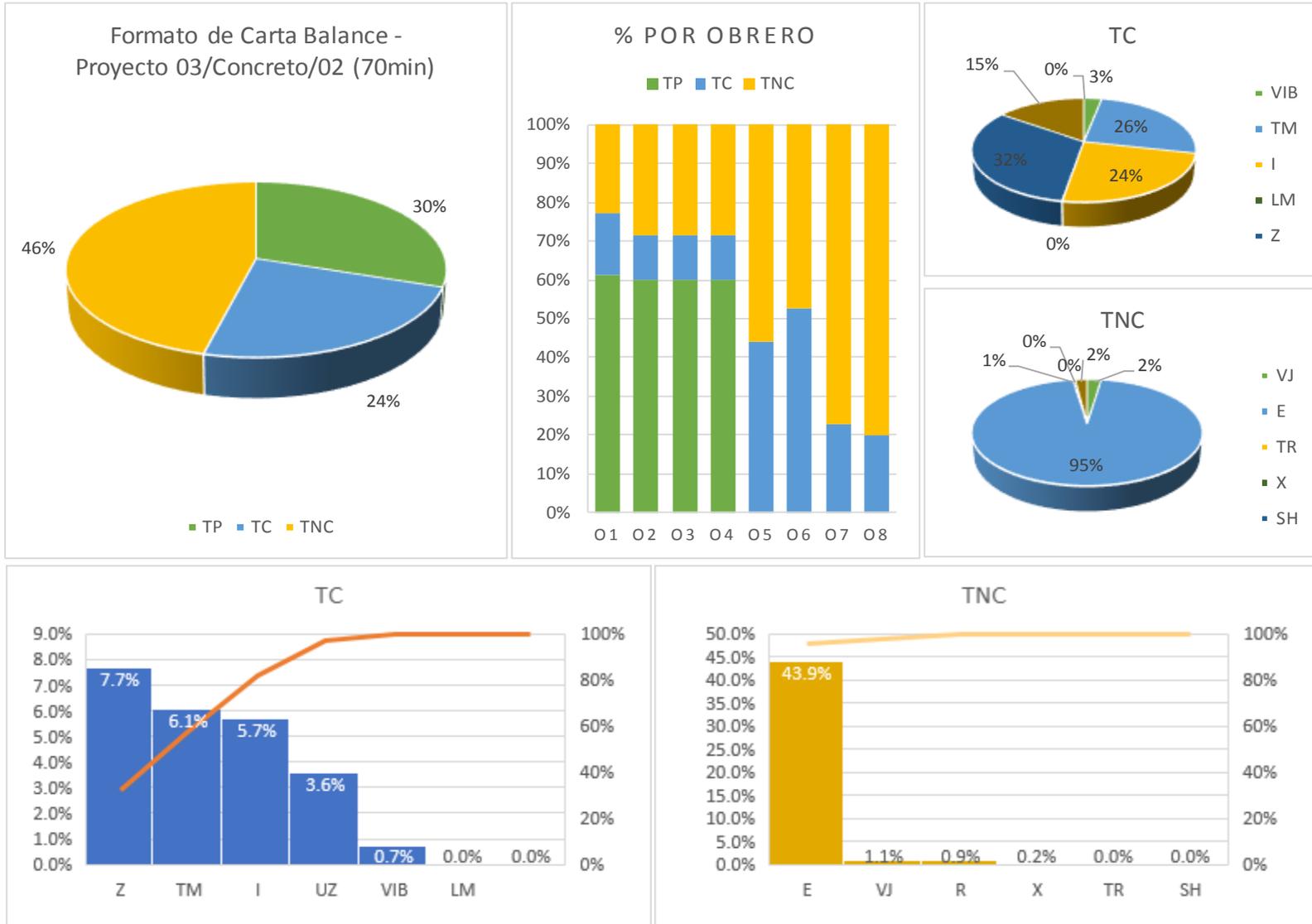
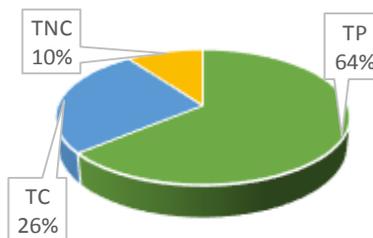


Gráfico 35. Informe Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/02
Fuente: Elaboración propia

Resumen de Cartas Balances: ACERO

TP = 64%
TC = 26%
TNC = 10%



			P01	P02	P03	TOTAL
TP	AH	Colocar acero horizontal	14%	11%	11%	12%
	AV	Colocar acero vertical	7%	8%	6%	7%
	CA	Colocación de alambre	33%	52%	36%	40%
	EPX	Colocación de epóxico	12%	0%	0%	4%
TC	MOV	Movimiento a otro punto de colocación	0%	1%	0%	0%
	TM	Transporte de material	9%	8%	17%	11%
	I	Recibir/dar instrucciones	3%	2%	4%	3%
	BH	Búsqueda de herramientas	2%	1%	1%	1%
	MED	Realizar mediciones y nivelado	6%	6%	13%	8%
	AP	Abrir paquetes	0%	2%	2%	2%
	LM	Limpieza de material	0%	0%	2%	1%
TNC	VJ	Viaje improductivo	3%	0%	1%	1%
	E	Esperas	5%	6%	1%	4%
	TR	Trabajo rehecho	0%	1%	5%	2%
	X	Tiempo ocioso	2%	2%	1%	2%
	SH	Ir a servicios higiénico	0%	0%	0%	0%
	R	Refrigerio	2%	0%	0%	1%

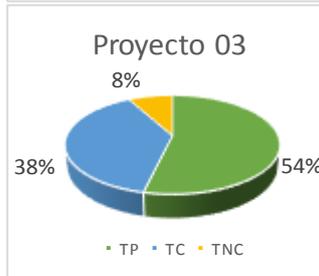
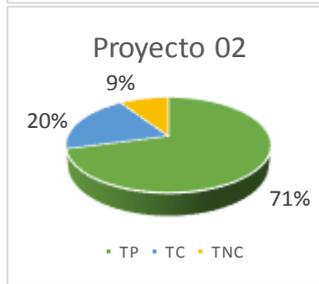
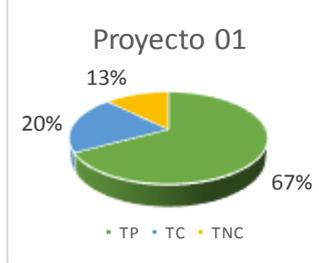
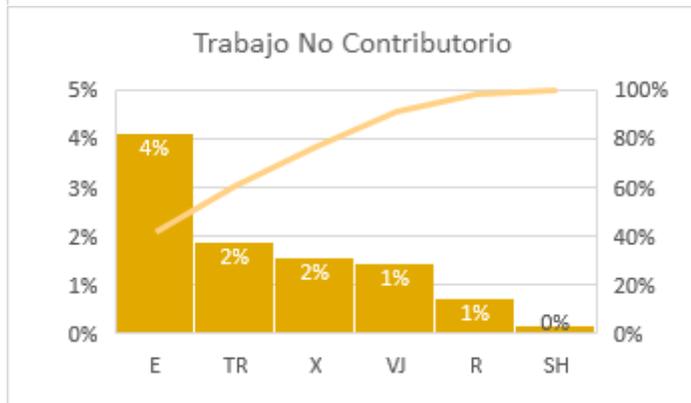
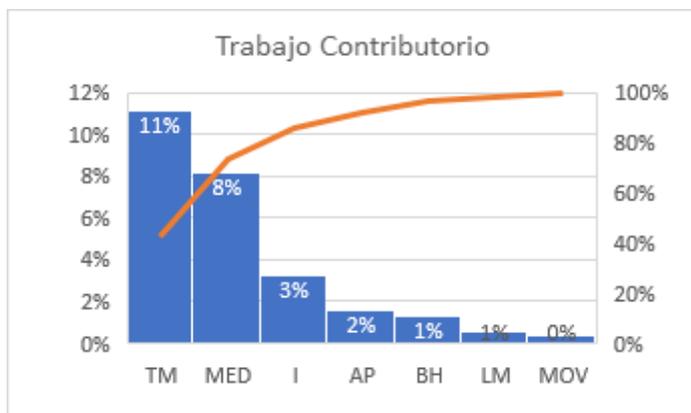
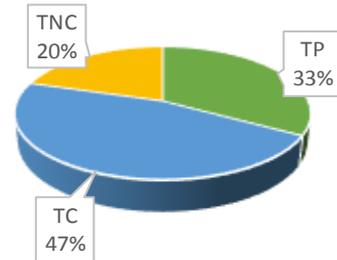


Gráfico 36. Resumen Carta Balance Acero
 Fuente: Elaboración propia

Resumen de Cartas Balances: ENCOFRADO

TP = 33%
TC = 47%
TNC = 20%



			P01	P02	P03	TOTAL
TP	CP	Colocar plancha de encofrado	4%	3%	4%	4%
	CAC	Colocar accesorios	17%	21%	20%	19%
	CAL	Colocar alineadores	13%	2%	14%	10%
	CPT	Colocar puntales	1%	0%	0%	0%
TC	I	Recibir/dar instrucciones	11%	10%	13%	11%
	TM	Transporte de material	12%	18%	13%	15%
	BA	Búsqueda de accesorios	2%	8%	3%	4%
	CD	Colocación de desmoldante	1%	0%	0%	0%
	LE	Limpieza del encofrado	3%	0%	1%	1%
	CO	Cortar material	7%	2%	11%	7%
	MED	Mediciones	12%	8%	4%	8%
TNC	VJ	Viaje improductivo	5%	2%	3%	3%
	E	Esperas	11%	13%	9%	11%
	TR	Trabajo rehecho	0%	1%	2%	1%
	X	Tiempo ocioso	1%	3%	2%	2%
	SH	Ir a servicios higiénico	0%	1%	1%	1%
	R	Refrigerio	0%	7%	1%	3%

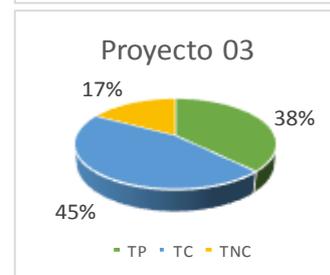
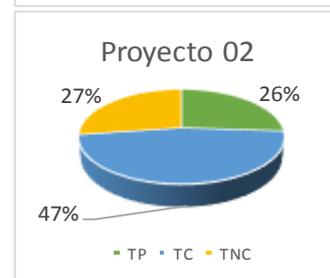
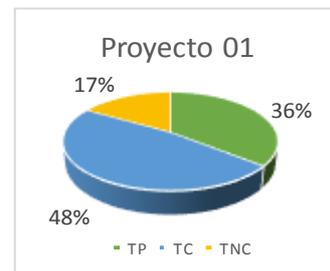
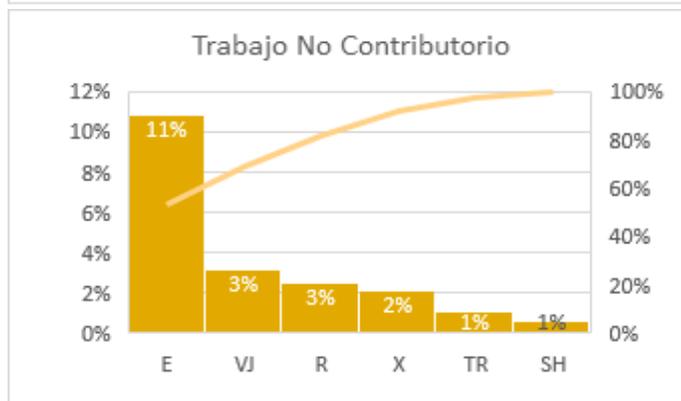
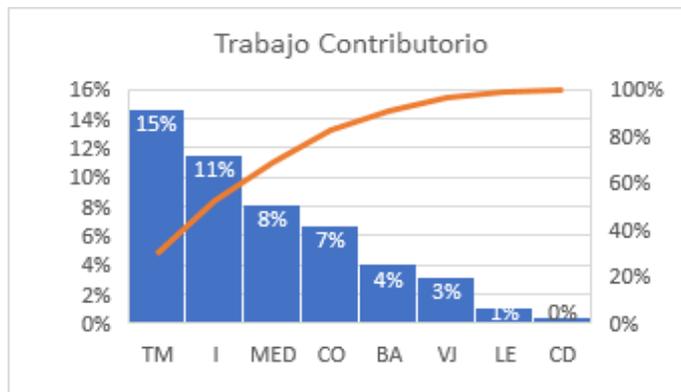
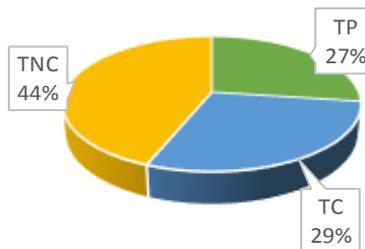


Gráfico 37. Resumen Carta Balance Encofrado
 Fuente: Elaboración propia

Resumen de Cartas Balances: CONCRETO

TP = 27%
TC = 29%
TNC = 44%



			P01	P02	P03	TOTAL
TP	VC	Vacear concreto	30%	14%	26%	23%
	RG	Reglear	0%	8%	0%	3%
	XC	Expandir concreto	0%	4%	0%	1%
TC	VIB	Vibrado del concreto	2%	12%	1%	5%
	TM	Transporte de material	11%	7%	9%	9%
	I	Recibir/dar instrucciones	0%	2%	4%	2%
	LM	Limpieza de materiales/herramientas	1%	1%	1%	1%
	Z	Colocar materiales en la mezcladora	8%	8%	8%	8%
	UZ	Uso de la mezcladora	5%	1%	3%	3%
	UB	Uso de la bomba estacionaria	0%	2%	0%	1%
TNC	VJ	Viaje improductivo	0%	1%	1%	0%
	E	Esperas	42%	36%	44%	41%
	TR	Trabajo rehecho	0%	1%	0%	1%
	X	Tiempo ocioso	0%	0%	1%	0%
	SH	Ir a servicios higiénico	0%	0%	0%	0%
	R	Refrigerio	0%	3%	1%	2%

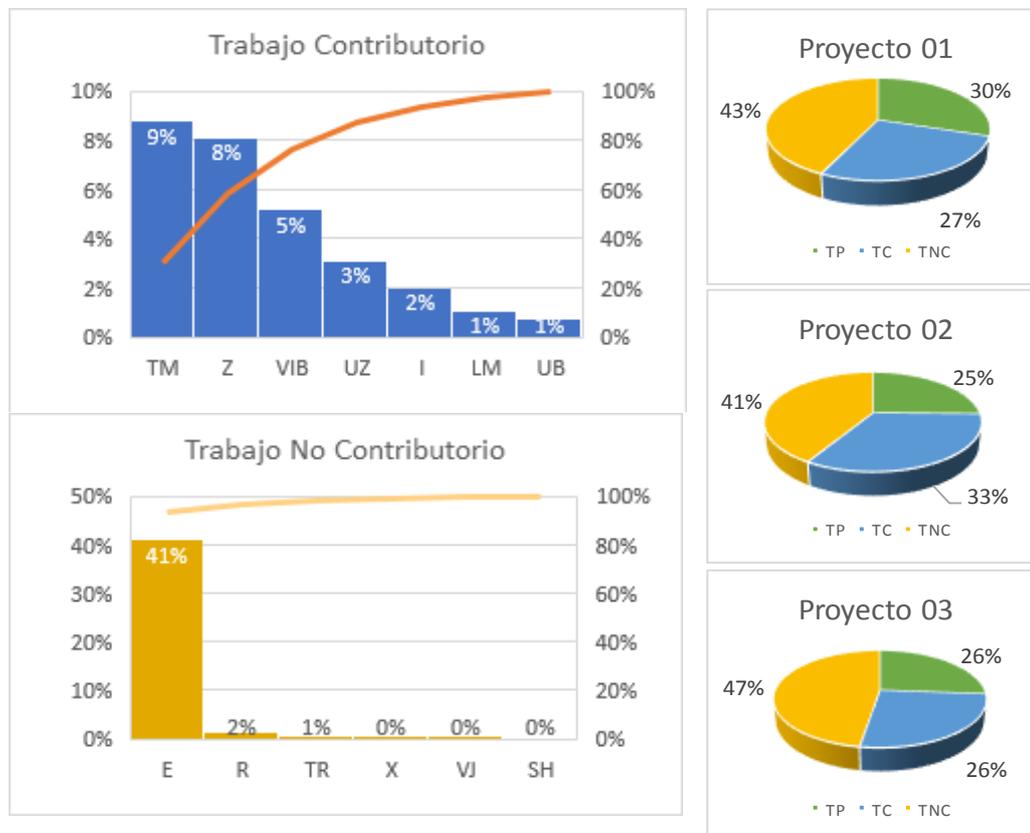


Gráfico 38. Resumen Carta Balance Concreto
 Fuente: Elaboración propia

Resumen General de Cartas Balances

TIPOS DE TRABAJO	P.01		P.02		P.03		PROMEDIO	
	PARCIAL	TOTAL	PARCIAL	TOTAL	PARCIAL	TOTAL	PARCIAL	TOTAL
Trabajo Productivo - TP								
Acero	67%		71%		54%		64%	
Encofrado	36%	44%	26%	41%	38%	39%	33%	41%
Concreto	30%		25%		26%		27%	
Trabajo Contributorio - TC								
Acero	20%		20%		38%		26%	
Encofrado	48%	32%	47%	33%	45%	37%	47%	34%
Concreto	27%		33%		26%		29%	
Trabajo No Contributorio - TNC								
Acero	13%		9%		8%		10%	
Encofrado	17%	24%	27%	26%	17%	24%	20%	25%
Concreto	43%		41%		47%		44%	

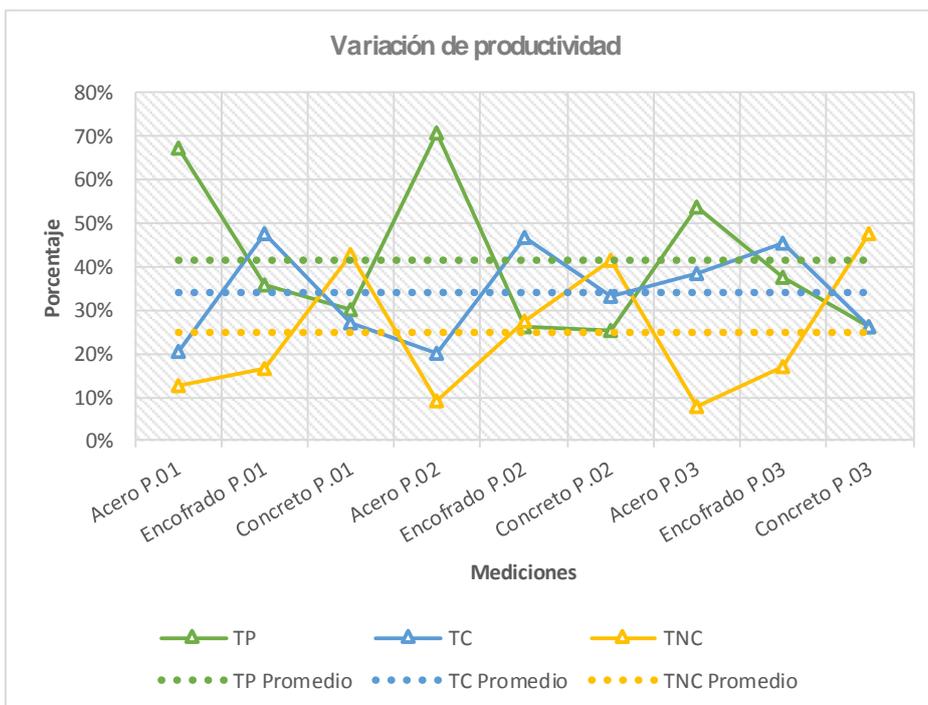
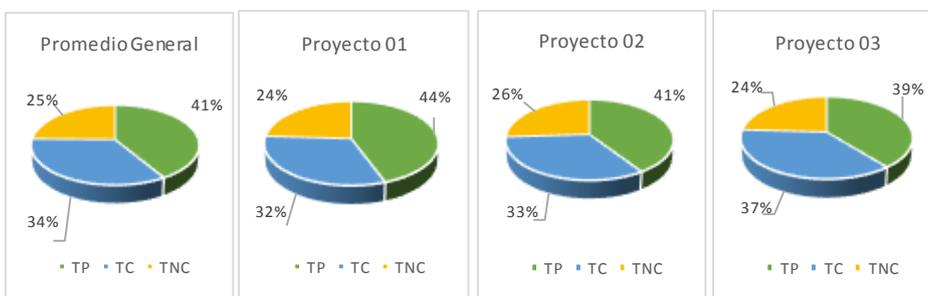


Gráfico 39. Resumen General de Carta Balance
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los resultados finales obtenidos de aplicar las cartas balance, encuestas y entrevistas en los proyectos donde se tomaron las muestras son de:

- 41% para trabajo productivo
- 34% para trabajo contributorio
- 25% para trabajo no contributorio

Estos resultados son un ponderado de todo lo analizado. En las gráficas se puede ver la información desagregada para cada uno de ellos y a su vez como fluctúan los porcentajes entre las diferentes partidas para cada tipo de proyecto teniendo con línea discontinua el promedio general obtenido para cada tipo de trabajo con el fin de observar donde se tienen los puntos más altos (como en el caso de las partidas de acero para trabajo productivo en los dos primeros proyectos) y los puntos más bajos (como en el trabajo no contributorio de las partidas en los dos últimos proyectos). El gráfico a continuación es una adaptación del último gráfico del resumen general, viendo en este caso los porcentajes como acumulados (dando 100% en todos los casos) para observar también las fluctuaciones contra el promedio general (relleno en trama diagonal descendente), teniendo en la parte inferior al trabajo productivo, en la parte del medio al trabajo contributorio y en la parte superior al trabajo no contributorio.

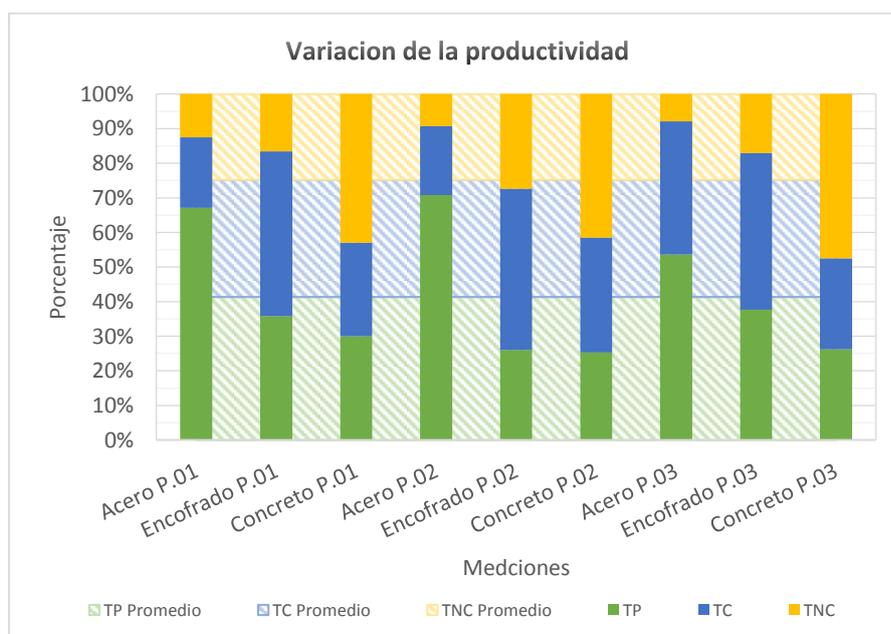


Gráfico 40. Variación de la productividad
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1 Diagnóstico del nivel de productividad

Como se aprecia en la hoja anterior, bajo el supuesto que toda la construcción sea sólo el casco estructural (casco gris) se puede promediar los porcentajes obtenidos para que esta investigación se acerque a un porcentaje a nivel de obra que permite hacer benchmarking con las investigaciones previas que han sido comentadas en uno de los primeros capítulos. En el 2012, Buleje Revilla trabaja su investigación en base a lo siguiente (entiéndase el término grasa como equivalente a desperdicio o pérdida):

Tabla 33. Clasificación en base al TP

Clasificación	Descripción	Porcentaje de TP
Nivel A	Cero grasa. Grasa interna y superficial eliminadas.	TP > 50%
Nivel B	Sólo grasa interna, grasa superficial eliminada.	40% < TP < 50%
Nivel C	Grasa superficial alta. Grasa interna dentro del proceso evaluado.	TP < 40%

Fuente: Buleje, K. (2012) Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction.

El promedio sobrepasa el 40% de trabajo productivo, por lo cual la productividad estaría en el Nivel B, teniendo un escenario de construcciones con pérdidas superficiales eliminadas (aisladamente en cada proceso de construcción) y aún con otros tipos de altas pérdidas internas (que pueden estar en las interrelaciones de los procesos de construcción) que no permiten llegar a promedios como del 50 o 60% (los cuáles indican que las construcciones son gestionadas de una manera eficaz y eficiente mediante el uso de nuevas técnicas y herramientas que permitan la mejora continua); sin embargo, es necesario hacer una observación sobre la cercanía del porcentaje al límite del rango establecido por Buleje para el Nivel C (el 41% es obtenido por la partida de acero, la cual eleva el porcentaje aunque este puede ser engañoso), de acuerdo a los porcentajes de las partidas de encofrado y vaciado y haciendo énfasis en la utilidad de los diagramas de Pareto donde se muestra cómo las esperas son predominantes en el trabajo no

contributorio y el transporte de material en el trabajo contributorio, se aprecia una significativa cantidad de pérdida superficial que puede ser eliminada con mejoras aplicables en el corto plazo con un gran impacto en la productividad, pero las labores de los profesionales de la construcción se centran en cumplimiento de contratos y fiscalizaciones externas que hacen a un ingeniero civil un profesional que dedica más su tiempo laboral a aplicaciones del derecho pasando a ser un abogado en vez de implementar las mejoras que deberían de hacerse. (Ghio, 2001). Considerando lo expuesto, analizando las causas del trabajo contributorio y no contributorio en la ciudad de Tacna para este tipo de infraestructura educativa y el margen de error, todavía por estar cercano al nivel A se tiene pérdida superficial que es fácil de erradicar según la teoría sobre la filosofía Lean Construction (pero de baja implementación y difusión en la localidad). Se ha mencionado en esta investigación que se tiene resistencia al cambio, por lo cual este indicador de productividad no va a aumentar sin que se implemente cualquier mecanismo de gestión de proyectos viendo en esta investigación como la filosofía Lean Construction tiene las herramientas necesarias para llevar el sector a un nivel de estándar mínimo de productividad.

La evaluación por encuestas a los ingenieros residentes evidenció que con respecto al personal subcontratado su ausencia en la planificación, y reclamo de un bajo pago para ellos son considerados como graves mientras que errores en su trabajo y desperdicio de material si no es comprado por ellos son considerados como leves; el personal involucrado en la planificación son el ingeniero residente y el ingeniero asistente con presencia frecuente del maestro de obra y en el caso de uso de tecnologías, en comunicaciones predomina la vía telefónica con uso de correo electrónico frecuente, en uso de software el control de obra es en lo que principalmente se aplica y con menos frecuencia la programación de obras, para preparar el concreto se trabaja entre uso de mezcladora o concreto premezclado con uso de aditivos dependiendo del caso, evidenciando que aún no se diseña ni se propone usar concreto pretensado o postensado y en tecnología con respecto a otros aspectos se tiene cuidado en los posibles riesgos que pueden ocurrir en el trabajo y con menos frecuencia cuidados ambientales y aún menor con el cuidado en el trato y comunicación con la población de terrenos colindantes que se ven afectadas por las labores de construcción.

Trabajar con personal subcontratado tiene sus ventajas y sus desventajas, el éxito del trabajo depende de la manera en que se gestione a esta subcontrata, los

tratos verbales deben de ser muy específicos como si se trataran de acuerdos escritos para armonizar el flujo de trabajo, si se les exonera de reuniones de planificación el punto anterior debe de ser atacado con mucha fuerza y si ellos mismos se apartan de la planificación haciendo caso omiso a las citaciones el saber gestionar a los proveedores manejando adecuadamente los contratos aporta a la solución de este hecho calificado como de gravedad, lo mismo con respecto a la forma en ser vistos por los obreros bajo contrato por la misma entidad contratista donde las habilidades blandas y conocimientos en resolución de conflictos y correcto trato a los recursos humanos puede llevar al éxito o al fracaso mermando altamente la productividad, estos mismos criterios aplican para los hechos calificados como leves enfocándose en la reducción por pérdidas provocadas por el personal. La falta de uso masivo de correo electrónico como de software para procesar mejor los datos que se tienen producto de un expediente técnico producen pérdidas no por hacer erróneamente una actividad sino por no atreverse a darle un agregado a las actividades de gestión como a las actividades constructivas; la decisión de optar por concreto premezclado para elementos estructurales es ya algo que se da por sentado (aspecto que en años anteriores no se habría pensado) por lo que en esa misma línea de pensamiento se debe de profundizar el uso de soluciones técnicas para agilizar los procesos constructivos como por ejemplo el uso de prefabricados; buscar soluciones innovadoras apoyando la investigación en las universidades puede verse como un gran gasto de responsabilidad social para una empresa, sin embargo lo que puede aportar a la mejora de la industria es algo en lo que uno tiene y debe de pensar dos veces si aún no está convencido de todo lo bueno que se genera de este tipo de acciones donde lo que se quiere es terminar en una situación ganar-ganar.

En cuanto a la encuesta hecha al personal profesional se obtiene que, en la planificación de la utilización de los recursos, para los equipos coordina el ingeniero asistente, para los materiales el ingeniero asistente con el ingeniero residente y para la mano de obra el ingeniero residente, ingeniero asistente y maestro de obra. En caso de cómo se controla la obra, de manera semanal se tienen reuniones y recorridos por la obra, además de informes de avance y con menos frecuencia informes de costos; el control quincenal es poco frecuente teniendo a informes de calidad e informes de productividad como apoyo de documentación a los controles semanales y un control mensual es usado, pero como resumen de los cuatro controles semanales, evidenciado en los informes de avance (avance mensual programado y ejecutado para realizar las valorizaciones). Además, en relación al

control de obra, la planificación es actualizada con una frecuencia semanal mas no diaria en todos los casos teniendo como datos base para esta actualización al avance prescindiendo del rendimiento y que las horas extra se consume en la mayoría de los casos en vaciado de concreto y en menor frecuencia al encofrado y habilitación de material, a su vez que el problema más común que provoca atrasos que se desencadena en las horas extras es el abastecimiento y con poca frecuencia al sindicato de trabajadores de construcción civil.

Según el sistema del último planificador y las reuniones de ingeniería concurrente, en las coordinaciones del trabajo que se puedan realizar deben de participar todas las personas que influyen en el proceso constructivo, como se ha visto que el ingeniero asistente coordina equipo, materiales y mano de obra y que el maestro de obra entra en la coordinación de mano de obra pero con poca frecuencia, si el ingeniero asistente tiene poca experiencia en campo y no consulta cada aspecto con el ingeniero residente puede caer en la toma de decisiones erróneas que resulten en más retrasos y retrabajo por falta de calidad en los entregables y a su vez resulten en el aumento de trabajo no contributivo. El documento al que se le toma mayor importancia es informe de avance semanal porque en ello se basan sus valorizaciones y cualquier acto de supervisión es más probable que se enfoque sobre ese informe y al que se le toma menor importancia son al informe de calidad y de productividad (con un indicador que sea diferente al avance del trabajo programado y ejecutado) demostrando la falta de enfoque de productividad que tienen los contratistas sobre sus mismas construcciones y dejando un factor clave como la calidad un poco de lado sin darse cuenta como este factor ayuda a incrementar la productividad al reducir el trabajo rehecho y las esperas; esto no quiero decir las construcciones realizadas por ellos sean deficientes en temas de calidad, pero no se usa como herramienta de gestión para obtener una mejor productividad que se refleje en menores costos o tiempos de ejecución posiblemente porque se piense lo contrario, aumento de costos por asegurar la calidad. En este entorno donde hay una relación muy fuerte de atrasos por falta de logística plasmado en más horas extras de trabajo, la falta de planificación diaria y su actualización en base al rendimiento tiene una implicancia muy fuerte porque la planificación diaria y semanal salen en base al lookahead en un contexto de aplicación del sistema del ultimo planificador, teniendo esto se verifica que para considerar una actividad como realizable se deben de levantar criterios previos como la logística o la calidad para que se garantice su correcta ejecución lo cual reduciría los atrasos, generando un ahorro con solo poner más

énfasis en la gestión del proyecto con una herramienta tan básica como una lista de cotejos antes de realizar una actividad como se ha expresado.

La entrevista al personal obrero revela que en la mayoría de los casos se tiene problema con los materiales debido a que el material no llega a obra a tiempo, el personal tiene mayor comunicación con su jefe de cuadrilla y casi nula comunicación con los ingenieros residentes y asistentes porque ellos coordinan exclusivamente con el maestro de obra y él se encarga de transmitir las decisiones tomadas por los superiores hacia los jefes de cuadrilla, llegan a conocer lo que van a realizar durante el día ni bien se presentan en obra (tiempo menor a media hora de llegar a obra). Preguntando por si tienen un programa de incentivos, en su mayoría responden de manera afirmativa al ser personal subcontratado (aunque trabajando horas extras) y negativa para el personal directo del contratista.

Cuando se les pregunta por las razones de no tener el material listo en obra, se niegan los criterios de no tener el material en almacén y el de espera por transporte hacia su punto de trabajo mediante winche (transporte por grúa torre no se consideró como criterio de evaluación) lo que reflejaría un problema serio de logística, en el primer caso por no prever la falta de material por ejemplo al tener un error de cálculo de los materiales necesarios y en el segundo caso por una muy probable falta del proveedor y debería ser anotado por el contratista como una observación al proveedor y guardado en su base de datos para futuras compras; bajo la perspectiva de la filosofía Lean Construction, profundizar en los conceptos de mapeo de la cadena de valor apoyaría a mitigar los problemas antes mencionados. A su vez se evidencia la forma de trabajo del personal subcontratado a trabajar "por meta" donde se pueden quedar trabajando horas extra para poder cumplir con los plazos por un monto extra a modo de recompensa, lo que puede generar ciertos problemas de clima laboral con los trabajadores contratados de forma directa por la empresa constructora por una generación leve de desigualdad salarial llevando a malentendidos que no favorecen a ninguna de las partes afectando la productividad como demora en coordinaciones o negatividad a cumplir ciertas órdenes que aumenta la incertidumbre debido a que se comunica sus labores el mismo día a la entrada y no con la anticipación debida mínimamente del día anterior al finalizar sus actividades y ver que puede retrasar el curso normal de cumplimiento (en este tipo de casos y escenarios, el sistema del ultimo planificador tiene una gran oportunidad de ser aplicado, en especial la parte de lookahead y planificación diaria).

Realizando un cruce de información de estos resultados de la aplicación de las encuestas y entrevistas de apoyo con el diagnóstico de trabajo contributivo y no contributivo, se tienen los siguientes problemas identificados:

- El maestro de obra, ni otro personal obrero participa de la programación de las partidas y su posterior actualización a lo largo de la ejecución.
- El personal obrero subcontratado desde la vista de los otros obreros genera un mal ambiente de trabajo por condiciones especiales en su contrato como pueden ser los incentivos debido a ciertas características.
- Generación de horas extras por el tiempo perdido debido al atraso de compra de materiales y su disponibilidad en obra.
- Uso convencional en la tecnología de los materiales usados y falta de herramientas de gestión con el apoyo de software de vanguardia.
- Escasez de enfoque hacia la mejora de la productividad y sus informes respectivos, impidiendo la previsión de ciertos inconvenientes durante la ejecución.

Estos problemas refuerzan la presunción de tener un alto grado de pérdida superficial incluso con un nivel de trabajo productivo un poco elevado para ciertas partidas, pero como se pudo apreciar en otro tipo de partidas las diferencias se van marcando más fuertemente; por lo menos tres de estos problemas son de una fácil y relativa rápida solución si la filosofía Lean Construction es aplicada no sólo como herramienta de gestión sino como cultura organizacional, para poder eliminar las pérdidas superficiales antes mencionadas y las pérdidas internas respectivamente. En consecuencia, al haberse extraído estas cinco premisas como resultado de la aplicación de las entrevistas y las encuestas, es necesario seguir una implementación de ciertas acciones que generen un cambio en la manera de cómo se realizan las cosas dentro de una construcción y así poder colocarnos a niveles de estándar internacional.

Una vez obtenido el resultado de productividad para los proyectos donde se tomaron las mediciones, se procede a realizar una comparación con la data histórica que se tiene para este tipo de mediciones con las cuales se puede observar si se tiene un crecimiento en la productividad de la construcción producto de nuevos enfoques de gestión en logística, riesgos, cambio; uso correcto de técnicas para la reducción de incertidumbre o de la aplicación de software que

facilite un mejor flujo de los procesos y la automatización de reportes de indicadores que permita realizar benchmarking. La data histórica recogida para poder hacer la comparación en este caso fue realizada en Lima sobre las mismas partidas que fueron medidas para el caso actual de Tacna.

Tabla 34. Comparación histórica del nivel de productividad

Tipo de trabajo	Lima, 2000	Lima, 2005	Tacna, 2017
TP	28%	30%	41%
TC	36%	44%	34%
TNC	36%	25%	25%

Fuente: Adaptación de Morales, N. y Galeas, J. (2006) *Diagnóstico y Evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción (Tesis de pregrado)* Pontificia Universidad Católica del Perú.

Es notoria la relación del aumento del trabajo productivo con la reducción del trabajo contributorio con un intercambio del 10% y la estabilidad del trabajo no contributorio. Incluso con lo mencionado sobre el margen de error se tendría un porcentaje de trabajo productivo mayor, entonces ¿se tiene un sector más productivo? Si, al comienzo se intercambiaba un 10% entre contributorio y no contributorio (que es lo predecible con el paso de los años) y ahora ese 10% ha pasado a ser productivo, pero no se ha reducido el trabajo no contributorio (siendo esto algo que se debe de solucionar con otros modelos de gestión integrando nuevas perspectivas de reducción de esperas y viajes improductivos).

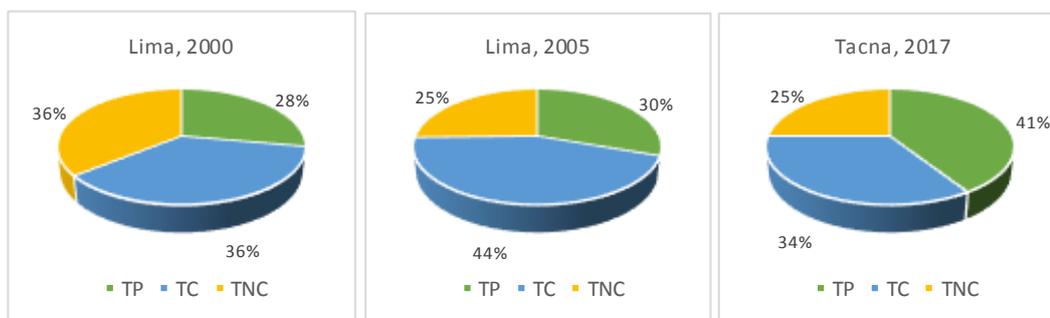


Gráfico 41. Comparación histórica del nivel de productividad

Fuente: Adaptación de Morales, N. y Galeas, J. (2006) *Diagnóstico y Evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción (Tesis de pregrado)* Pontificia Universidad Católica del Perú.

También se realiza la comparación por cada actividad medida en base a la data histórica que tiene las siguientes consideraciones: trabajo productivo (P), transporte (TM), limpieza (LM), dar y recibir instrucciones (I), mediciones (MED), otros (OT), viajes improductivos (VJ), esperas (E), tiempo ocioso (X), trabajo rehecho (TR) y otros (OT); dentro de otros se ha agrupado a otras actividades como vibrado del concreto, colocado de desmoldante o abrir paquete de alambre. Es

notoria la diferencia con el trabajo productivo, el descenso de viajes improductivos y el aumento de esperas; en las demás actividades las curvas se superponen evidenciando como a pesar del paso de los años y todos los avances en ingeniería algunas cosas no cambian y se mantienen de acuerdo a una tendencia de construcción tradicional.

Tabla 35. Variación histórica del nivel de productividad

Actividad		Lima, 2000	Lima, 2005	Tacna, 2017
P	Trabajo Productivo	28%	30%	41%
TM	Transporte	14%	19%	12%
LM	Limpieza	4%	4%	1%
I	Instrucciones	3%	6%	6%
MED	Mediciones	5%	6%	8%
OT	Otros	11%	9%	8%
VJ	Viajes	13%	13%	2%
E	Esperas	6%	8%	19%
X	Tiempo ocioso	10%	3%	1%
TR	Trabajo rehecho	3%	1%	1%
OT	Otros	3%	2%	2%

Fuente: Adaptación de Morales, N. y Galeas, J. (2006) Diagnóstico y Evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú.

Este aumento en el porcentaje de las esperas principalmente es debido a un mal control con el proveedor del concreto premezclado debido a retrasos de salida de planta de los camiones concreteros (mixer) y falta de comunicación entre el encargado de planta y el encargado de la actividad en obra; también incide el hecho de no tener el material habilitado, por lo que la pausa en el trabajo es por no tener material con el cual el trabajador pueda laborar evidenciando problemas logísticos.

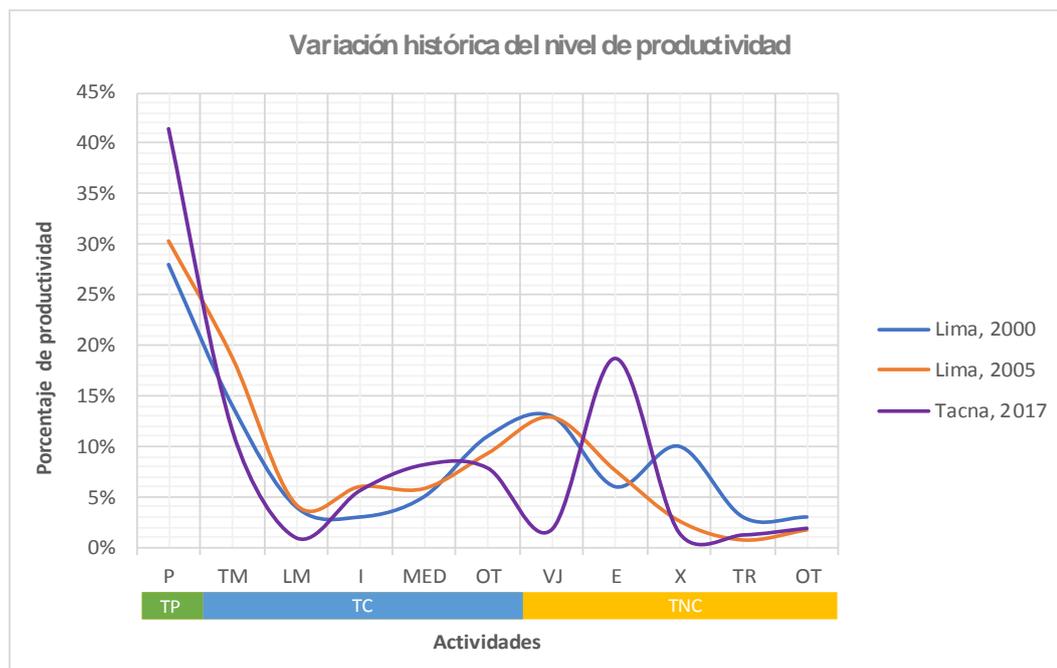


Gráfico 42. Variación histórica del nivel de productividad

Fuente: Adaptación de Morales, N. y Galeas, J. (2006) *Diagnóstico y Evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción* (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú.

Adicionalmente, como la ciudad de Tacna se encuentra fronteriza con un país referente en adopción de sistemas de gestión como la filosofía Lean Construction, se tiene data reciente de carta balance de esa zona con el fin de observar el contraste de realidades en ambos países del sector construcción.

Tabla 36. Comparación de la productividad entre Tacna y Chile

Tipo de trabajo	Chile, 2015	Tacna, 2017
Trabajo Productivo – TP	59%	41%
Trabajo Contributorio – TC	11%	34%
Trabajo No Contributorio - TNC	30%	25%

Fuente: Adaptación de Coyopai, D. (2015) *Identificación de pérdidas de producción en un proyecto de construcción en Valdivia y manual de prácticas Lean* (Tesis de pregrado) Universidad Austral de Chile.

Como se puede apreciar, la diferente entre los trabajos productivos y los trabajos contributorios es notoria por la existencia de un 20% que se intercambia entre estos tipos de trabajo. Estas diferencias pueden ser debidas a que se tienen protocolos establecidos y los mismos son cumplidos a rigurosidad sobre cómo deben de ejecutarse los procesos de construcción de forma tal que se agregue el valor que se busca bajo el enfoque Lean reduciendo por ejemplo el transporte de material y el tiempo usado para dar y recibir órdenes o información. El trabajo no

contributorio se mantiene relativamente igual con un menor porcentaje para nuestro sector lo cual es favorable para la búsqueda de productividad, la gestión en campo de las esperas y los trabajos rehechos juegan un papel vital en esta parte, con lo cual uno puede entender la importancia de tener un ingeniero de campo que este permanentemente vigilando los procesos constructivos.

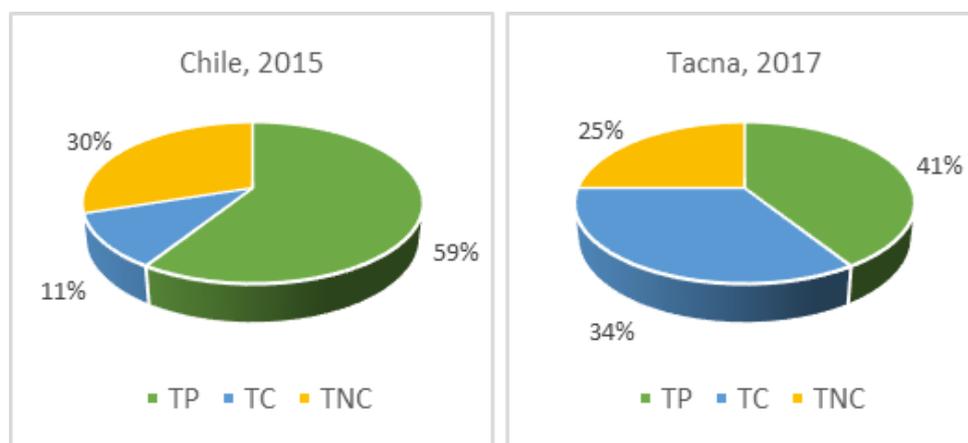


Gráfico 43. Comparación de la productividad entre Tacna y Chile

Fuente: Adaptación de Coyopai, D. (2015) Identificación de pérdidas de producción en un proyecto de construcción en Valdivia y manual de prácticas Lean (Tesis de pregrado) Universidad Austral de Chile.

A continuación, se muestran los porcentajes de la muestra chilena del año 2015 para cada actividad con el objetivo de observar la variación de forma independiente.

Tabla 37. Variación de la productividad entre Tacna y Chile

	Actividad	Chile, 2015	Tacna, 2017
TP	Acero	71%	64%
	Encofrado	52%	33%
	Concreto	55%	27%
TC	Acero	8%	26%
	Encofrado	20%	47%
	Concreto	3%	29%
TNC	Acero	21%	10%
	Encofrado	28%	20%
	Concreto	42%	44%

Fuente: Adaptación de Coyopai, D. (2015) Identificación de pérdidas de producción en un proyecto de construcción en Valdivia y manual de prácticas Lean (Tesis de pregrado) Universidad Austral de Chile.

Las actividades relacionadas con el uso de acero reflejan una tendencia a tener mayor nivel de trabajo productivo como se apreció en el caso de Tacna, en el caso del concreto se tiene la casi el mismo nivel de trabajo no contributorio

producto por esperas y la drástica reducción en Chile en el trabajo contributorio para los procesos constructivos de acero de refuerzo y concreto estructural (apreciable en las curvas).

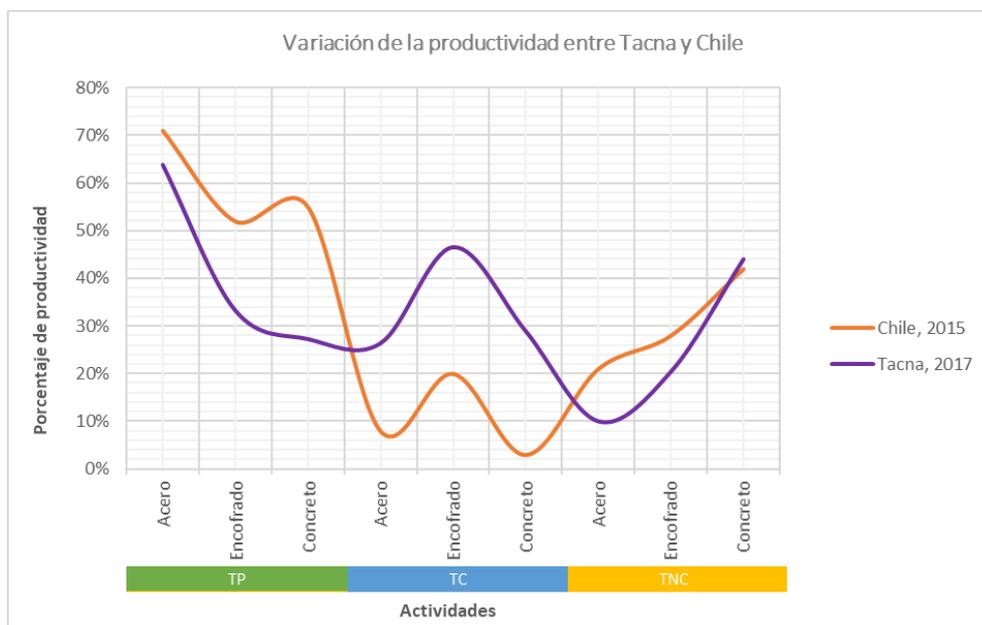


Gráfico 44. Variación de la productividad entre Tacna y Chile
Fuente: Adaptación de Coyopai, D. (2015) Identificación de pérdidas de producción en un proyecto de construcción en Valdivia y manual de prácticas Lean (Tesis de pregrado) Universidad Austral de Chile.

5.2 Modelo propuesto de mejora de la productividad

Una de las características que hace al Lean Construction una filosofía más que una herramienta es el hecho de haber adoptado dentro de sus conceptos el Kaizen, término japonés que significa mejora continua, donde Imai (1986) nos indica que “los grandes resultados provienen de muchos pequeños cambios acumulados en el tiempo”. Teniendo como base este enunciado y como se ha mencionado previamente, existen cambios que pueden ser realizados sin generar toda una revolución en la forma de trabajo tradicional justamente por ser herramientas pequeñas de corto plazo y gran impacto (algunas más que otras) que se ve reflejado cuando son ejecutados cuidadosamente y con el criterio adecuado en busca del aumento de la productividad.

Una forma de articular las herramientas para conseguir ese cambio y poder definir cuándo pueden ser aplicadas independientemente de la situación es fijar algunas variables dentro del proceso de ejecución, en específico tres variables que indica Guzmán (2016): “para tener un sistema de producción efectivo se tiene que

asegurar que los flujos no paren, lograr flujos eficientes y lograr procesos eficientes”. Accediendo a la página web del Lean Construction Institute uno puede leer el glosario de términos que manejan en su sección learning, donde se mencionan una cantidad de herramientas basadas en los conceptos Lean, en consecuencia, a criterio del autor de esta investigación un modelo aproximado de mejora continua a la realidad local y a realidades similares donde se tenga la gran oportunidad de eliminar esa grasa superficial y parte de la grasa interna es el que se propone a continuación:

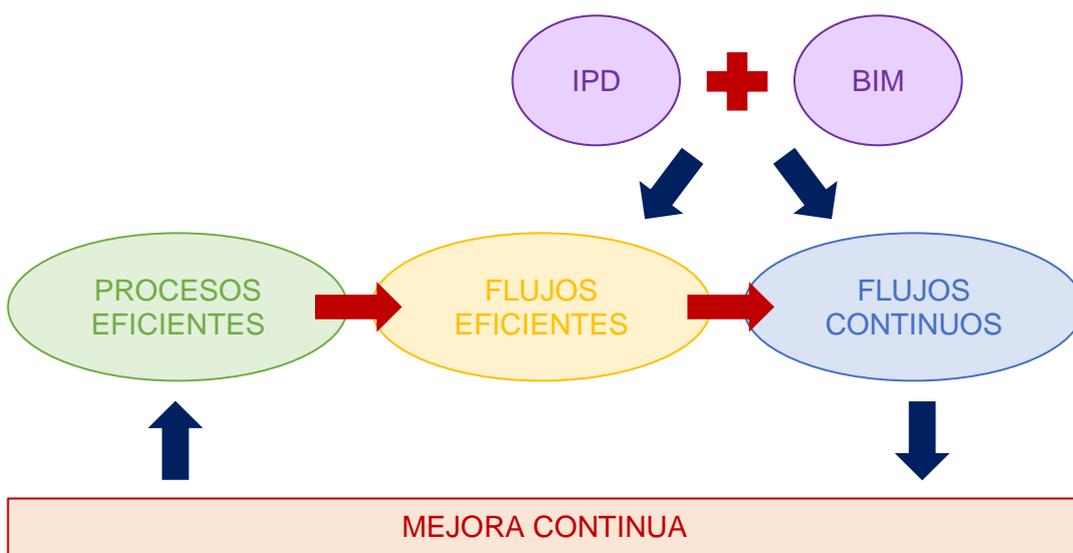


Gráfico 45. Modelo propuesto compacto de mejora de la productividad.
Fuente: Elaboración propia

Este modelo propuesto se basa en lo expuesto por el presidente del Capítulo Peruano del Lean Construction Institute (CPLCI), Ing. Cesar Guzmán Marquina, con la interacción de las diferentes herramientas que conforman el Lean Construction y algunas que no, pero mantiene un vínculo fuerte con la mejora de la productividad y la industrialización de la construcción. Todas las variables están enmarcadas por la mejora continua, acción que mediante el ciclo de Deming o también llamado círculo PDCA (por sus siglas en inglés: Plan, Do, Check, Act) pretende ser el proceso que integre todas las herramientas usadas mediante iteraciones que permita aprender del error previo y prevenir el mismo en adelante.

El modelo comienza por la variable de procesos eficientes (en la cual es donde se pueden eliminar la mayor cantidad de pérdidas superficiales) haciendo énfasis en la búsqueda de la mejora de la productividad con la herramienta base de este trabajo, la carta balance y sumándose a esta el diagrama de spaghetti y los ratios unitarios de productividad que complementan los resultados arrojados por la

carta balance, donde el diagrama de spaghetti ayuda a la reducción del desperdicio de movimiento de personal y los ratios unitarios con el fin de tener un mejor control ya no solo de cómo se usa el tiempo para una partida, sino de mezclar los resultados con el ritmo de trabajo y poder tener un análisis no sólo de por ejemplo m³/día sino de hh/día.

En el caso de los flujos eficientes, esta etapa está definida por la transformación de los conceptos clásicos de construcción en modelo de procesos que permite la industrialización, donde podemos utilizar prefabricados para ahorrar tiempo y costo sobre todo en elementos iguales o similares de gran cantidad, a su vez poder sectorizar el trabajo haciendo que el personal obrero pueda mejorar su curva de aprendizaje y este familiarizado con sus actividades diarias, mediante esta aplicación se puede hacer una programación por tren de actividades, donde las cuadrillas realizan la misma actividad durante toda el tiempo de ejecución rotando por sectores y por niveles hasta llegar a completar el trabajo total o en su defecto, usar líneas de balance que tiene los mismos fines prácticos y el uso de lotes de producción y lotes de transferencia, donde el primero tiene que ser siempre mayor que el segundo, como concepto básico para la industrialización deseada y reforzar el enfoque por procesos con el uso de técnicas como los diagramas de flujo.

Como tercera variable, se hace referencia a flujos continuos con el manejo de nuevas técnicas de programación y es aquí donde quizá uno haya tenido el mayor acercamiento con el Lean Construction por su amplia difusión a nivel mundial siendo esta el Last Planner System (LPS) junto a una herramienta menos conocida, pero de gran importancia como lo es el Value Stream Mapping; el LPS de por sí es un conjunto de técnicas que asocia términos como planificación maestra, planificación semanal, planificación diaria y lo más fundamental para el autor que es el Lookahead, debido a que se basa en liberar las restricciones a futuro lo que ayuda a una mayor eliminación de pérdidas.

Producto de este sistema, la otra herramienta importante que puede ser la introductoria a la filosofía Lean Construction para muchos ingenieros civiles y profesionales de carreras afines es el Porcentaje del Programa Completado (PPC), medida que genera un benchmarking interno y hace posible que todo el personal se dé cuenta de las mejoras que se generan al aplicar todos estos conocimientos, permitiendo analizar las causas que provocaron que no se llegara al 100% de PPC

y establecer lecciones aprendidas para futuras actividades similares. Como complemento de este análisis de liberación de restricciones, el mapeo de la cadena de valor aplicado de manera holística estimula la identificación de problemas de abastecimiento, control de pedidos, acciones que dependen netamente de terceros, etc., donde los proveedores que ya han trabajado tiempo atrás con los encargados de ejecutar la construcción causan cadenas de valor más confiables, eliminando la variabilidad en la construcción y elevando la confiabilidad de todo el sistema programado.

En el modelo propuesto se ve como la suma del Integrated Project Delivery (IPD) y del Building Information Modeling (BIM) apoyan a las últimas dos variables, donde de acuerdo a la situación local se hace hincapié en el uso de contratos relacionales por parte del IPD y de la detección de interferencias mediante el uso del BIM. Dentro de esta nueva tecnología, se puede elevar su potencial al poder implementar Virtual Design and Construction (VDC) con el modelo BIM creado para mejorar la gestión del proyecto.

Nótese como todo el modelo comienza y termina con la aplicación de la mejora continua y dentro de esta se tiene la utilización del control visual mediante Kanban para evitar cuellos de botella en los flujos, Andon para atender los problemas mediante un código de colores, 5 S's para evitar las pérdidas sobre todo en las oficinas y en el almacén y los informes A3 para agilizar la toma de decisiones en las reuniones y obtener el mayor provecho de estas; todo esto para las últimas dos variables y para la primera el uso especialmente de las caminatas Gemba y su base en el principio del 5 Why's. El siguiente gráfico agrupa lo anteriormente expuesto:

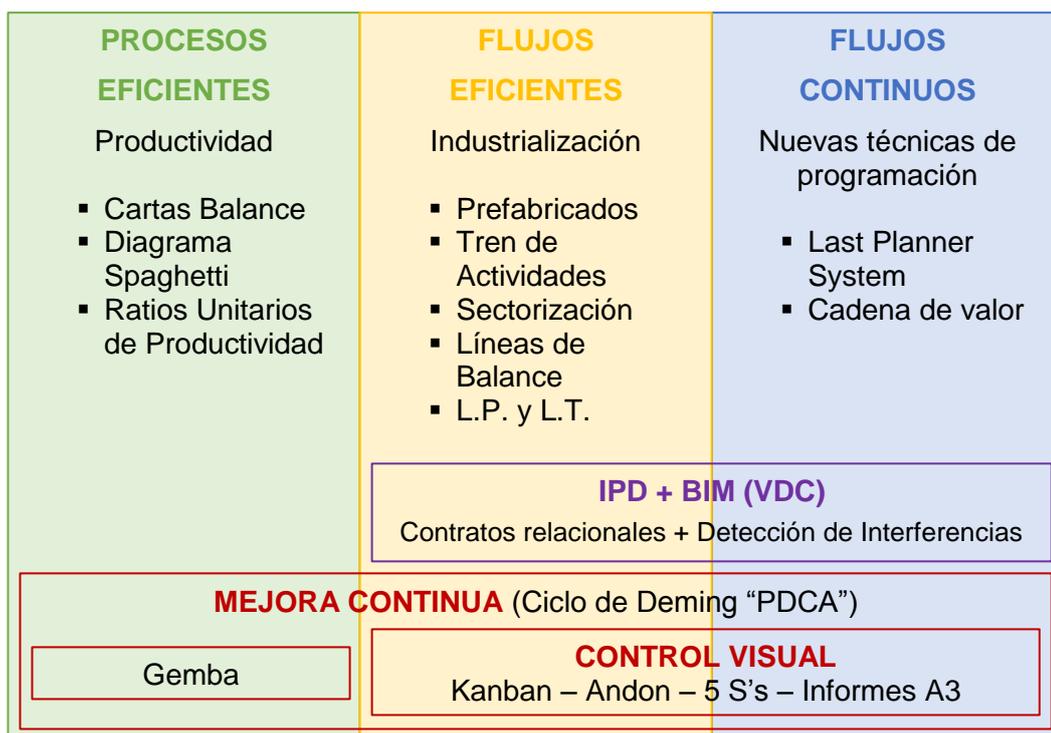


Gráfico 46. Modelo propuesto completo de mejora de la productividad
Fuente: Elaboración propia

Por último, así como la definición de valor es definida por el cliente, uno para asegurar conseguir ese valor no debe de dejar de lado los sistemas de control de calidad; al margen del cumplimiento de las especificaciones técnicas y valores mínimos para ciertos ensayos en campo y en laboratorio, se puede adoptar sistemas de calidad que se usan en otros sectores productivos como establecer puertas de control que no permitan el avance hacia el siguiente proceso sino se ha completado satisfactoriamente el anterior.

CONCLUSIONES

A continuación, se procederá a dar los alcances logrados mediante esta investigación, donde el nivel de productividad ha sido el eje central apoyándose en la filosofía Lean Construction para su evaluación y diagnóstico, logrando elaborar un modelo de mejora continua en base a todo el abanico de herramientas que van apareciendo para una mejor gestión de los proyectos de construcción.

1. La ciudad de Tacna cuenta con un nivel de 41% de trabajo productivo, 34% de trabajo contributivo y 25% de trabajo no contributivo como resultado de la aplicación de la herramienta Carta Balance, encuestas y entrevistas de apoyo con un margen de error menor al 5% resultando en el rango de 36% hasta 46% para trabajo productivo; en base a esto, se afirma que se tiene un sector construcción de infraestructura educativa con pérdida superficial y alta presencia de pérdida interna. Por lo tanto, a pesar de superar los porcentajes dados por otros autores para la situación de la capital de nuestro país, los niveles de productividad a los cuales apunta la filosofía Lean Construction todavía no son alcanzables debido a las particularidades de la actualidad del sector en la ciudad de Tacna, una de ellas es estar ubicada geográficamente en zona de frontera con Chile, país donde la filosofía Lean Construction lleva muchos años de uso desde su implementación y trabajando a niveles de producción donde es muy difícil encontrar las pérdidas internas y donde las pérdidas superficiales son rápidamente identificadas para luego ser eliminadas manteniendo una performance adecuada y sin embargo, no se tiene la misma realidad a modo de comparación.
2. El trabajo contributivo y no contributivo suma en total 59% dentro del rango de 54% y 64% además con la ayuda de las encuestas y entrevistas de apoyo el rango se ajusta entre 59% y 64%, siendo mayor que el trabajo productivo y por lo tanto pérdida superficial e interna en la mayoría de los procesos de construcción. Con la ayuda de los diagramas de Pareto visualizados en los informes de las cartas balance se ha podido apreciar cuáles actividades son parte de ese 20% de las causas que generan el 80% de los efectos; entre ellos tenemos para el trabajo contributivo de la partida de acero al transporte de material, mediciones y nivelaciones, para la partida de encofrado similar con la adición de comunicación e inspección de sus actividades y para la

partida de concreto al transporte de material más el uso de la maquinaria de mezclado y vibrado, por lo tanto el transporte de material es predominante en todas las partidas con la suma de particularidades como las mediciones de la separación de los estribos, coordinaciones para colocar los paneles y los accesorios del encofrado y el uso de las máquinas para vaciar el concreto. En el caso del trabajo no contributivo, para la partida de acero se tiene esperas, trabajo rehecho y tiempo ocioso, para la partida de encofrado proliferan las esperas más viajes improductivos y para la partida de concreto se encuentran esencialmente esperas, en consecuencia lo más significativo dentro de este tipo de trabajo son las esperas, el trabajo rehecho y los viajes improductivos; como lo es volver a colocar el estribo por tener una separación incorrecta, esperar a que los puntales lleguen al lugar donde se está encofrando y que los obreros que operan las carretillas no puedan seguir su circuito de manera constante por esperar el tiempo de mezclado, por lo que finalmente todas estas actividades son las que lleven a un bajo porcentaje de trabajo productivo.

3. En el marco de un sector construcción de infraestructura educativa con una cantidad importante de pérdidas se ha propuesto un modelo de mejora de la productividad con el propósito de tener mejora continua, el cual está basado en la filosofía Lean Construction tomando las variables asignadas como etapas de implementación para aumentar el nivel de productividad obtenido. Estas tres etapas están enmarcadas dentro del círculo de Deming; la primera que busca producir procesos eficientes está definida por la aplicación de herramientas que permitan un mejor análisis de la productividad como la masificación de la aplicación de la Carta Balance; la segunda etapa que tiene como fin conseguir flujos eficientes mediante la industrialización del sector con la dotación a profundidad de lotes de producción y lotes de transferencia con la ayuda de la sectorización y tren de actividades y por último la tercera etapa donde se menciona al buque insignia de la filosofía Lean Construction, el Last Planner System, para reducir la variabilidad mediante el análisis de las restricciones adicionando la ayuda del mapeo de la cadena de valor; en las últimas dos etapas la colaboración de los modelos BIM con su detección de interferencias y otras consideraciones del IPD como lo son los contratos relacionales, mejora los flujos haciéndolos eficientes y que no paren. Como la mejora continua es iterativa todo lo antes mencionado debe de pasar por

controles visuales para realizar el “hacer” dentro del PDCA, revisando y actuando todas las veces que sea necesario.

RECOMENDACIONES

La presente investigación ha sido desarrollada con la intención de seguir con las iniciativas hacia un cambio en la gestión tradicional de las construcciones de la localidad, en este caso con un especial enfoque en la productividad. A partir de esto se espera que se generen otro tipo de investigaciones sobre productividad, sobre la implementación del IPD y se siga la búsqueda de un mejor sistema de gestión para los diferentes tipos de proyectos existentes.

1. Promover el benchmarking, que es una práctica que dentro de empresas que realizan las mismas actividades es usado dentro de varias cosas para ver si se encuentran dentro de niveles de productividad estándar, pero estos estándares son medidas con muchos años de antigüedad debido al ausentismo de una organización o entidad que se encargue de analizar estos aspectos haciendo que las únicas métricas que se tengan dentro de una construcción sigan siendo los porcentajes de avance físico programados y reales para dar tranquilidad a cualquier interesado que necesite esa información y poder decir que la construcción “va bien”. Ese ausentismo antes mencionado, debería ser llenado por un conjunto de actores entre los cuales se puede mencionar al Capítulo de Ingeniería Civil del Colegio de Ingenieros del Perú de la localidad, a las universidades que enseñan ingeniería civil, incluso de secciones estudiantiles que puedan aportar a este tipo de análisis desde que están en su etapa de pregrado y las mismas empresas que ejercen sus actividades en Tacna. El CPLCI tiene empresas asociadas las cuáles fomentan la filosofía Lean Construction y entre ellos comparten el know-how de sus diferentes proyectos, tratando en conjunto que la industria se renueve, por ello, mediante la suma de todas estas partes el investigador evoca a sacar adelante la iniciativa de la creación de informes anuales de productividad en base a la realidad local.
2. Utilizar la herramienta de Carta Balance es el primer paso para detectar las pérdidas superficiales que puedan existir y dar algunos indicios de pérdidas internas, por lo tanto es una pieza fundamental de aplicación obligatoria para una mejora en general, pero que puede ser vista por los obreros como una sobre supervisión de sus labores llevando a tener problemas recurrentes con el sindicato como generalmente sucede en la actualidad por diferentes

razones ajenas exclusivamente a la productividad. Es por ello que es responsabilidad de los aplicadores de las diferentes herramientas enfatizar el porqué de esto, sobre todo la primera vez que son sometidos a este tipo de prácticas, indicando que no se trata de que eliminando ciertos tiempos muertos se va a incrementar su trabajo a realizar, sino que, muy por el contrario, solo se trata de que haga su labor de la manera más eficaz y eficientemente posible. El respeto por los obreros hacia su labor y la manera en que la realizan debe de mantenerse siempre, sin embargo, se debe de buscar la comprensión de ellos hacia la herramienta aplicada y cómo trabajando de la mano se produce una mejora a nivel general.

3. Enriquecer el modelo propuesto de mejora continua en cada etapa de implementación mostrada, los cuales tienen oportunidades claras de mejora jalando lo mejor de otro tipo de metodologías para unificar todo lo que puede ayudar a la mejora de la productividad; dentro de los modelos BIM se puede dar el salto a la aplicación del VDC, que por supuesto ayuda a los controles visuales expuestos en el modelo y se puede aplicar las sesiones ICE para mejorar las detecciones de interferencias. Explorar más las virtudes de poder trabajar en base al PPC que al igual que cuando se generan reportes de tipo Curva S, el primero no es solo un porcentaje, así como el segundo no sólo es el bosquejo de una curva de progreso; los resultados generados en base a los resultados básicos que estas herramientas producen deberían ser estudiados de una mejor manera. Por último, no perder la visión holística de toda la administración de los proyectos, donde ha criterio personal herramientas como el BIM van dentro de la filosofía Lean Construction y está va dentro de un sistema de gestión aun mayor como pueden ser los sistemas tradicionales promovidos mundialmente por el PMI y por el PRINCE2, donde la filosofía Lean Construction enriquece a estos sistemas mediante sus diversas herramientas y la forma como enfocan la cultura organizacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allmon, E., Haas, C., Borcharding, J. y Goodrum, P. (2000) *U.S. Construction Labor Productivity Trends, 1970–1998*. Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 126.

Ballard, G. (2000) *Lean Project Delivery System*. White Paper #8, Lean Construction Institute, 6 pp.

Ballard, G. (2008) *The Lean Project Delivery System An Update*. Lean Construction Journal, pp. 1-19.

Botero, L. (2002). *Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda, a través de la filosofía Lean Construction (construcción sin pérdidas)*. (Proyecto de investigación). Departamento de Ingeniería Civil, Universidad EAFIT. 164 pp.

Buleje, K. (2012) *Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction* (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima

Cabrera, J. (2001) *La industrialización de la construcción*. Recuperado de <http://civilgeeks.com/2011/08/06/la-industrializacion-de-la-construccion/>

Castro, J. y Pajares, J. (2014) *Propuesta e implementación de sectorización y trenes de trabajo para acabados interiores bajo la filosofía Lean Construction, en obras de construcción de viviendas masivas*. (Tesis de pregrado) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima.

Constructing Excellence (2004) *Lean Construction*. Recuperado de <http://constructingexcellence.org.uk/wp-content/uploads/2015/03/lean.pdf>

Costa, D., Formoso, C., Kagioglou, M., Alarcon, L. y Caldas, C. (2006) *Benchmarking Initiatives in the Construction Industry*. Journal in Management Engineering.

Coyopai, D. (2015). *Identificación de pérdidas de producción en un proyecto de construcción en Valdivia y manual de prácticas Lean* (Tesis de Pregrado), Universidad Austral de Chile. Valdivia.

Forbes, L. y Ahmed, S. (2011). *Modern construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*. Boca Raton: CRC Press.

Fundación EOI (2013) *Lean Manufacturing*. Madrid. Recuperado de <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>.

Ghio, V. (2001) *Productividad en obras de construcción*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Gili, S. (2008) *Industrializar la construcción*. SGM-GIC. Recuperado de http://www.sgm-gic.com/Mi_pagina/Pagina_3_cast/Articles_innovacio/7_cast.pdf

Gundechea, M. (2012) *Study of factors affecting labor productivity at a building construction project in the USA: web survey* (Tesis de maestría) North Dakota State University of Agriculture and Applied Science. North Dakota.

Guzmán, C. (2016) *Lean Construction: una filosofía de cambio*. Portal de Ingeniería. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=jyipBQnmlUc&t=3628s>

Guzmán, C. y Obando, J. (2013) *Filosofía Lean Construction*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/alexhernandeztejada1/01-presentacion-fobus-dia-1-rev-01-diciembre>

Holweg, M. (2007) *The genealogy of Lean Production*. Journal of Operations Management 25 (2007) 420-437 ELSEVIER

Howell, G. (1999) *What is Lean Construction*. Proceedings Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-7, Berkeley, CA, July 26-28, pp. 1-10.

Imai, M. (1986) *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*. Estados Unidos: McGraw Hill Education. 260 pp.

Koskela, L. (1992) *Application of the new production philosophy to construction*. Technical report #72. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE). Stanford University.

Kuprenas, J. y Fokhouri, A. (2001) *A Crew Balance Case Study Improving Construction Productivity*. Construction Management eJournal

Lean Construction Institute (2016) *LCI Lean Project Delivery Glossary*. Recuperado de https://www.leanconstruction.org/wp-content/uploads/2016/04/LCI_Glossary09192016.pdf

McGraw Hill Construction (2013) *Lean Construction, leveraging collaboration and advances practices to increase project efficiency SmartMarket Report*.

Mehany, M. (2015) *Lean Construction Principles Past and Present - A Business Model Consistency*. 51st ASC Annual International Conference Proceedings

Morales, N. y Galeas, J. (2006) *Diagnóstico y Evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción* (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ohno, T. (1988) *The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Productivity Press, Portland, OR.

Orihuela, P. (2011) *Sistema integrado para la gestión Lean de proyectos de construcción*. IV Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción (ELAGEC) Santiago.

Picard, H. (2013) *Labor Productivity Measurement and Analysis on Heavy Construction Projects*.

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

Sarhan, S. (2015) *The Concept of Waste as Understood in Lean Construction*. Recuperado de <http://leanconstructionblog.com/The-Concept-of-Waste-as-Understood-in-Lean-Construction.html>

Seed, W. (2016) *Transforming Design and Construction: A framework for change*. Lean Construction Institute.

Serpell, A. (2002) *Administración de operaciones en construcción*. México: Alfaomega.

Serpell, A. y Verbal, R. (1990) *Análisis de operaciones mediante cartas de balance*. Revista Ingeniería de Construcción, N°9, Julio-diciembre, 1990.

Serpell, A., Venturi, A. y Contreras, J. (1995) *Characterization of waste in building construction projects*. 3rd. Annual Conference International Group for Lean Construction, University of New Mexico, Albuquerque, USA, 16-19 October.

Shingo (1989) *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering viewpoint*. Cambridge: Productivity Press

Spata, S. (2017) *Lean Project Delivery*. Construction Management, Columbia University.

Vergara, G. (2009) *¿Qué es un sistema de gestión?* Recuperado de <http://mejoratugestion.com/mejora-tu-gestion/que-es-un-sistema-de-gestion/>

Viterri, J. (2016) *La productividad en proyectos de construcción*. Costosperú. Recuperado de <http://www.costosperu.com/articulos/gestion-y-calidad/la-productividad-proyectos-construccion/>

Womack, J. y Jones, D. (1996) *Lean Thinking*. New York: Simon and Shuster.

Womack, J., Jones, D. y Roos, D. (1990) *The Machine that Changed the World*. New York: Simon and Shuster.

ANEXOS

FORMATO DE ENCUESTA DE RECONOCIMIENTO DE OBRA

1. SOBRE LA OBRA

NOMBRE:
DIRECCIÓN:

2. SOBRE LA EMPRESA

NOMBRE:
DIRECCIÓN:
CONTACTO:

3. SOBRE EL INGENIERO RESIDENTE

NOMBRE:
CONTACTO:

4. SOBRE EL PROYECTO

TIPO DE ESTRUCTURA					
Muros de concreto armado	Albañilería confinada	Muros de ductilidad limitada	Pórticos y tabiques	Sistema dual	Otro
RITMO DE TRABAJO					
AREA LOSA (m2)	_____	CADA (días)	_____		
DURACION	_____	% AVANCE PLANIF	_____		
N° DE OBREROS	_____	% AVANCE REAL	_____		

5. SOBRE ACTIVIDADES SUBCONTRATADAS

SOBRE EL PERSONAL SUBCONTRATADO					
Monto aproximado (%)					
Califique los siguientes problemas con subcontratistas (1=leve 5=grave)					
No realizan bien el trabajo, errores	1	2	3	4	5
Sólo les importa el avance de las actividades	1	2	3	4	5
Desperdicio del material (si no es de ellos)	1	2	3	4	5
Comprometen a otras actividades sus errores	1	2	3	4	5
Ausentes en la planificación	1	2	3	4	5
El personal y el subcontratado no tienen una buena relación	1	2	3	4	5
Reclamo de un pago muy bajo para ellos	1	2	3	4	5
Otros:	1	2	3	4	5

6. PERSONAL DE LA OBRA QUE ESTA INVOLUCRADO EN LA PLANIFICACION

Ingeniero residente	Ingeniero asistente	Ingeniero costos	Administrador	Almacenero
Ingeniero supervisor	Ingeniero concreto	Ingeniero productividad	Maestro de obra	Otros

7. NOTAS/OBSERVACIONES DEL TESISTA

8. TECNOLOGIA DURANTE LA CONSTRUCCION

DESCRIPCION	¿SE TIENE?	CANTIDAD	¿NECESITA?
ACERO			
CONVENCIONAL			
DIMENSIONADO			
MALLA ELECTROSOLDADA (MURO)			
MALLA ELECTROSOLDADA (TECHO)			
OTROS			
ENCOFRADO			
CONVENCIONAL			
METALICO			
OTROS			
PREPARACION DEL CONCRETO			
MEZCLADORA			
CONCRETO PREMEZCLADO			
CONCRETO POSTENSADO			
CONCRETO PRETENSADO			
ADITIVOS			
OTROS			
VACIADO DEL CONCRETO			
BOMBA ESTACIONARIA			
BALDE			
GRUA			
VIBRADOR			
OTROS			
MOVIMIENTO DE TIERRAS			
CARGADOR FRONTAL			
RETROEXCAVADORA			
MOTO NIVELADORA			
VOLQUETE			
OTROS			
TRANSPORTE DE MATERIALES			
WINCHE			
GRÚA			
OTROS			
COMUNICACIONES			
TELEFONICAS			
CORREO ELECTRÓNICO			
OTROS			
SOFTWARE			
CONTROL DE OBRA			
PROGRAMACIÓN DE OBRA			
OTROS			
OTROS			
CUIDADOS AMBIENTALES			
CIUDADOS RIESGOS EN TRABAJOS			
OTROS			

FORMATO DE ENCUESTA PARA TRABAJADOR PROFESIONAL

PLANIFICACION Y EJECUCION

1. CARGO QUE DESEMPEÑA EN LA EMPRESA:

2. ¿QUÉ TIPO DE PLANIFICACION SE REALIZA EN LA OBRA? ¿QUÉ COMPRENDE?

General	Mediano plazo	Corto plazo	Otro

3. ¿CÓMO SE DICE LA INFORMACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN A LOS JEFES DE OBRA? (VERBAL O ESCRITA)

NIVEL DE DETALLE	MAESTRO	CAPATACES
RECURSOS A UTILIZAR		
LUGAR DE TRABAJO		
PLAZO		
OTROS		

4. ¿SE HAN DISEÑO PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS? ¿CUÁLES?

Ninguno	Solos los procedimientos complicados	Las partidas con alta incidencia en el presupuesto	Algunas operaciones como:

4.1. ¿QUIENES SON LOS ENCARGADOS DEL DISEÑO?

Residente	Maestro de obra	Practicante	Otro
-----------	-----------------	-------------	------

5. ¿QUIÉN PLANIFICA LA UTILIZACIÓN DE RECURSOS?

CARGO	M.O.	MATERIALES	EQUIPO
Ingeniero residente			
Ingeniero asistente			
Administrador			
Maestro			
Otro			

6. LA PLANIFICACION PROVIENE DE LA INFORMACION:

Según experiencia del residente	Por rendimientos mínimos	Por rendimientos históricos de la empresa	Otros
---------------------------------	--------------------------	---	-------

7. LA DISTRIBUCION DE RECURSOS ESTA ENCARGADA POR:

El maestro de obra	El maestro de obra en coordinación con el residente	Otros
--------------------	---	-------

8. SOLAMENTE RECIBE ÓRDENES DE TRABAJO DE: _____

9. ¿TIENE PERSONAS A SU CARGO? ¿CUÁNTAS? SI ___ NO ___ N° ___

SEGUIMIENTO Y CONTROL

10. ¿SE REALIZAN CONTROLES EN LA OBRA? SI ___ NO ___

Si la respuesta es SI, ¿Cómo lo controla?

MODO DE CONTROL	FRECUENCIA			
	SEMANTAL	QUINCENAL	MENSUAL	AL FINAL
Informe de costos				
Informes de avance				
Recorridos por la obra				
Reuniones				
Informe de productividad				
Informe de calidad				
Otros				
Otros				

11. ¿SE ACTUALIZA LA PLANIFICACIÓN DESPUÉS QUE SE REALIZA? SI ___ NO ___

Si la respuesta es NO, ¿Por qué?

Si la respuesta es SI:

¿CON QUÉ FRECUENCIA?		
Diariamente	Semanalmente	Otro
¿A PARTIR DE QUÉ DATOS SE EJECUTA LA ACTUALIZACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN?		
Rendimiento	Avance	Otro

12. ¿CÓMO SE SOLUCIONA UN ATRASO?

Trabajadores hagan horas extras	Trabajando domingos y feriados	Aceptación de atraso y nueva planificación	Otro
---------------------------------	--------------------------------	--	------

13. ¿EN QUÉ SE CONSUMEN LA MAYORÍA DE HORAS EXTRA?

Vaciado de concreto	Habilitación material	Instalaciones
Encofrado	Colocación de acero	Otro

14. ¿CUÁLES SON LOS PROBLEMAS MÁS COMUNES QUE PROVOCA EL ATRASO?

Abastecimiento	Subcontratos	Sindicatos	Documentación
Descoordinaciones	Rendimientos	Maquinaria	Otros

15. ¿CÓMO SE PROCEDE ANTE EL PROBLEMA?

Reparar los defectos y seguir adelante	Aclaramos la falta de reacción y rediseñamos la forma de ejecución para poder actuar rápido sobre problemas similares para el futuro	Identificamos a responsable y tomamos las medidas respectivas
Se averiguan las causas del problema y se actúa para prevenir problemas futuros	Analizamos el problema y lo tomamos como experiencia para el futuro	Otro

16. ¿SE CAPACITA AL PERSONAL? SI ___ NO ___

17. ¿CON QUÉ FRECUENCIA SE REALIZAN?

FORMATO DE ENTREVISTA PARA PERSONAL OBRERO

1. ¿A QUÉ CUADRILLA PERTENECE?

Concreto	Encofrado	Acero
Albañilería	Revoques	Otro

2. ¿CUÁL ES SU RANGO?

Peón	Oficial	Otro
Capataz	Operario	

3. ¿TRABAJA HORAS EXTRA? SI ___ NO ___

Si la respuesta es SI, ¿Cuántas semanalmente? _____

4. ¿ES PERSONAL SUBCONTRATADO? SI ___ NO ___

5. ¿HA TENIDO ALGUN PROBLEMA CON LOS MATERIALES? SI ___ NO ___

Si su respuesta fue SI, ¿QUÉ HACE SI NO TIENE MATERIAL A LA MANO?

Lo busco en almacén	Debo esperarlo	Hago otra labor	Otro
Comunicar a jefe de cuadrilla	Comunicar a maestro de obra	Comunicar al ingeniero	

¿CUÁNTO TIEMPO PIERDE SEMANALMENTE POR NO TENER MATERIALES LISTOS?

Menos de 1 hora	De 1 a 3 horas	De 4 a 7 horas	Más de 7 horas
-----------------	----------------	----------------	----------------

¿PORQUÉ CREE QUE NO TIENE LOS MATERIALES LISTOS?

Material no llega a obra a tiempo	Material no está en almacén	Espera por transporte en grúa/winche	No se me informa la labor a realizar
-----------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Otro:

6. ¿TIENE PROBLEMA CON LAS HERRAMIENTAS? SI ___ NO ___

7. ¿CON CUÁLES DE SUS SUPERIORES TIENE MAYOR COMUNICACIÓN?

Jefe de cuadrilla	Maestro de obra	Ingeniero Asistente
Capataz	Ingeniero Residente	Otro

8. ¿CUÁNDO SABE LO QUE VA A REALIZAR DURANTE EL DÍA?

Ni bien me presento en obra	Durante la primera media hora	Durante la primera hora	Otros
-----------------------------	-------------------------------	-------------------------	-------

9. ¿EN QUÉ FORMA SE TRANSMITE LA INFORMACIÓN HACIA USTED?

Escrita	A través de paneles	Oral	Otro
---------	---------------------	------	------

10. ¿CUENTA CON UN PROGRAMA DE INCENTIVOS? SI ___ NO ___

En las siguientes hojas, se muestran los reportes de las cartas balance realizadas durante esta investigación junto a una tira de fotografías para que el lector se sitúe mejor. Están colocadas con la misma codificación aplicada para la investigación la cual consiste de:

Primera parte

- Proyecto 01
- Proyecto 02
- Proyecto 03

Segunda parte

- Acero
- Encofrado
- Concreto

Tercera parte

- # de muestra de ejemplo

19/01/2017		Acero	#	Parcial	Total
TP	AH	Colocar acero horizontal	39	17.7%	64%
	AV	Colocar acero vertical	31	14.1%	
	CA	Colocación de alambre	37	16.8%	
	EPX	Colocación de epóxico	33	15.0%	
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación	0	0.0%	21%
	TM	Transporte de material	16	7.3%	
	I	Recibir/dar instrucciones	7	3.2%	
	BH	Búsqueda de herramientas	6	2.7%	
	MED	Realizar mediciones	18	8.2%	
	AP	Abrir paquetes	0	0.0%	
	LM	Limpieza de material	0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	1	0.5%	15%
	E	Esperas	21	9.5%	
	TR	Trabajo rehecho	0	0.0%	
	X	Tiempo ocioso	3	1.4%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	8	3.6%	
			220	100%	100%

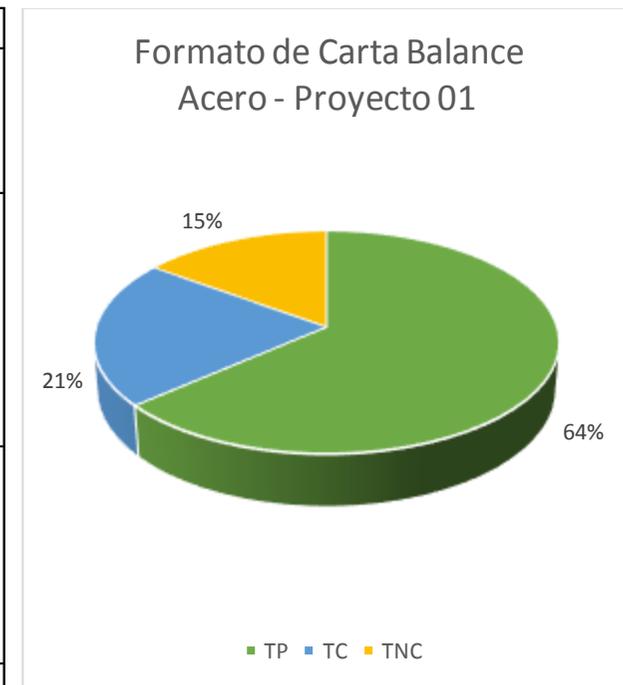


Gráfico 47. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Acero/01
Fuente: Elaboración propia

20/01/2017		Acero	#	Parcial	Total
TP	AH	Colocar acero horizontal	22	11.0%	71%
	AV	Colocar acero vertical	0	0.0%	
	CA	Colocación de alambre	100	50.0%	
	EPX	Colocación de epóxico	19	9.5%	
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación	0	0.0%	20%
	TM	Transporte de material	22	11.0%	
	I	Recibir/dar instrucciones	7	3.5%	
	BH	Búsqueda de herramientas	4	2.0%	
	MED	Realizar mediciones	6	3.0%	
	AP	Abrir paquetes	0	0.0%	
	LM	Limpieza de material	0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	11	5.5%	10%
	E	Esperas	2	1.0%	
	TR	Trabajo rehecho	0	0.0%	
	X	Tiempo ocioso	7	3.5%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			200	100%	100%

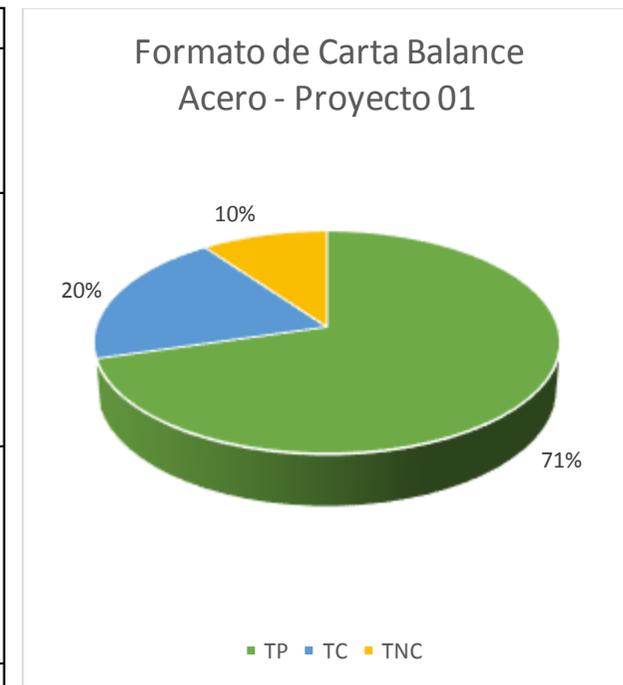


Gráfico 48. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Acero/02
Fuente: Elaboración propia

10/01/2017		Encofrado	#	Parcial	Total
TP	CP	Colocar plancha de encofrado	50	6.0%	35%
	CAC	Colocar accesorios	75	8.9%	
	CAL	Colocar alineadores	161	19.2%	
	CPT	Colocar puntales	11	1.3%	
TC	I	Recibir/dar instrucciones	62	7.4%	49%
	TM	Transporte de material	95	11.3%	
	BA	Búsqueda de accesorios	7	0.8%	
	CD	Colocación de desmoldante	24	2.9%	
	LE	Limpieza del encofrado	35	4.2%	
	CO	Cortar material	77	9.2%	
	MED	Mediciones	112	13.3%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	42	5.0%	16%
	E	Esperas	85	10.1%	
	TR	Trabajo rehecho	0	0.0%	
	X	Tiempo ocioso	4	0.5%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			840	100%	100%

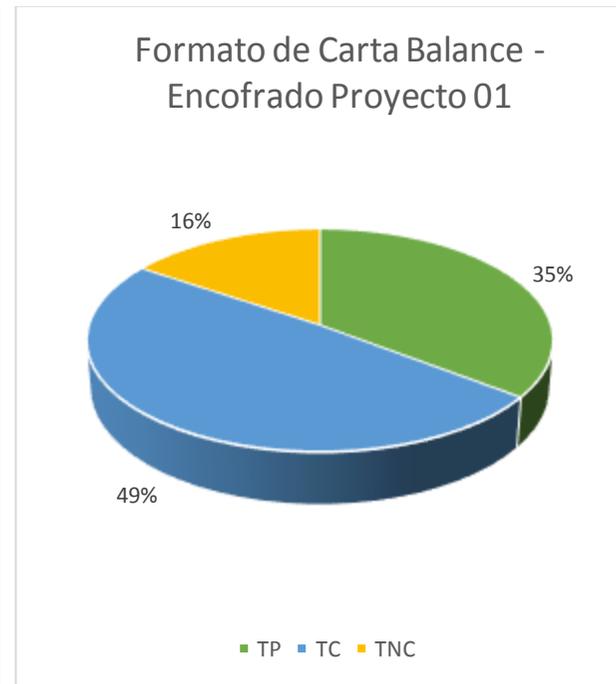


Gráfico 49. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Encofrado/01
 Fuente: Elaboración propia

17/01/2017		Encofrado	#	Parcial	Total
TP	CP	Colocar plancha de encofrado	13	2.8%	36%
	CAC	Colocar accesorios	119	25.9%	
	CAL	Colocar alineadores	35	7.6%	
	CPT	Colocar puntales	0	0.0%	
TC	I	Recibir/dar instrucciones	69	15.0%	46%
	TM	Transporte de material	60	13.0%	
	BA	Búsqueda de accesorios	12	2.6%	
	CD	Colocación de desmoldante	0	0.0%	
	LE	Limpieza del encofrado	4	0.9%	
	CO	Cortar material	19	4.1%	
	MED	Mediciones	48	10.4%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	19	4.1%	18%
	E	Esperas	56	12.2%	
	TR	Trabajo rehecho	3	0.7%	
	X	Tiempo ocioso	3	0.7%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			460	100%	100%

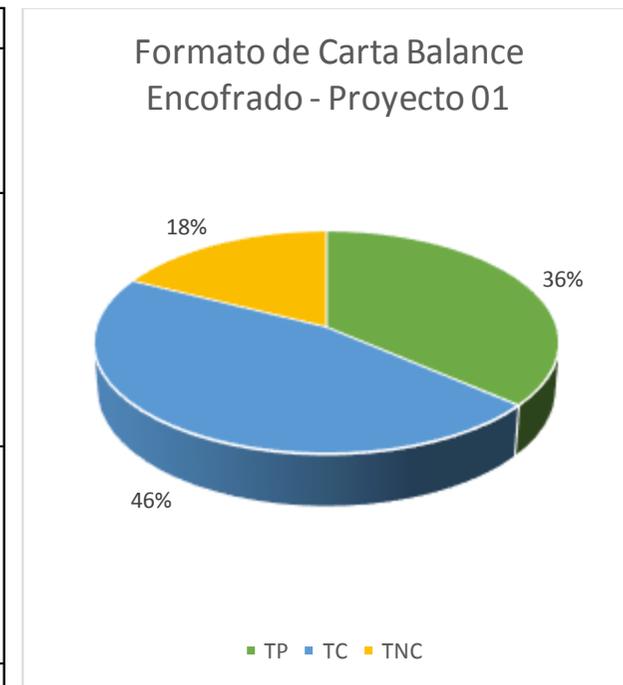


Gráfico 50. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Encofrado/02

Fuente: Elaboración propia

11/01/2017		Concreto	#	Parcial	Total
TP	VC	Vacear concreto	164	19.7%	20%
	RG	Reglear	0	0.0%	
			0	0.0%	
			0	0.0%	
TC	VIB	Vibrado del concreto	23	2.8%	37%
	TM	Transporte de material	117	14.1%	
	I	Recibir/dar instrucciones	0	0.0%	
	LM	Limpieza de materiales/herramientas	18	2.2%	
	Z	Colocar materiales en la mezcladora	86	10.3%	
	UZ	Uso de la mezcladora	63	7.6%	
			0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	2	0.2%	43%
	E	Esperas	347	41.7%	
	TR	Trabajo rehecho	6	0.7%	
	X	Tiempo ocioso	6	0.7%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			832	100%	100%

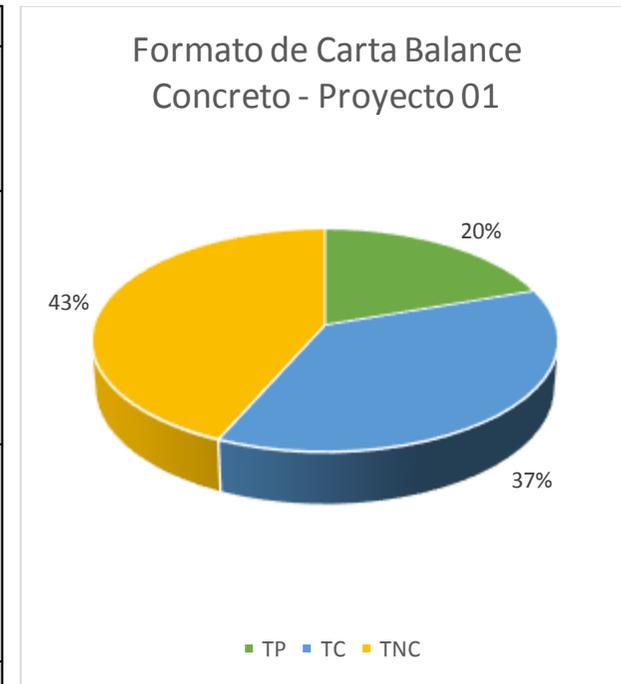


Gráfico 51. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Concreto/01
Fuente: Elaboración propia

18/01/2017		Concreto	#	Parcial	Total
TP	VC	Vacear concreto	411	40.3%	40%
	RG	Reglear	0	0.0%	
			0	0.0%	
			0	0.0%	
TC	VIB	Vibrado del concreto	15	1.5%	17%
	TM	Transporte de material	74	7.3%	
	I	Recibir/dar instrucciones	0	0.0%	
	LM	Limpieza de materiales/herramientas	0	0.0%	
	Z	Colocar materiales en la mezcladora	57	5.6%	
	UZ	Uso de la mezcladora	29	2.8%	
			0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	0	0.0%	43%
	E	Esperas	434	42.5%	
	TR	Trabajo rehecho	0	0.0%	
	X	Tiempo ocioso	0	0.0%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			1020	100%	100%

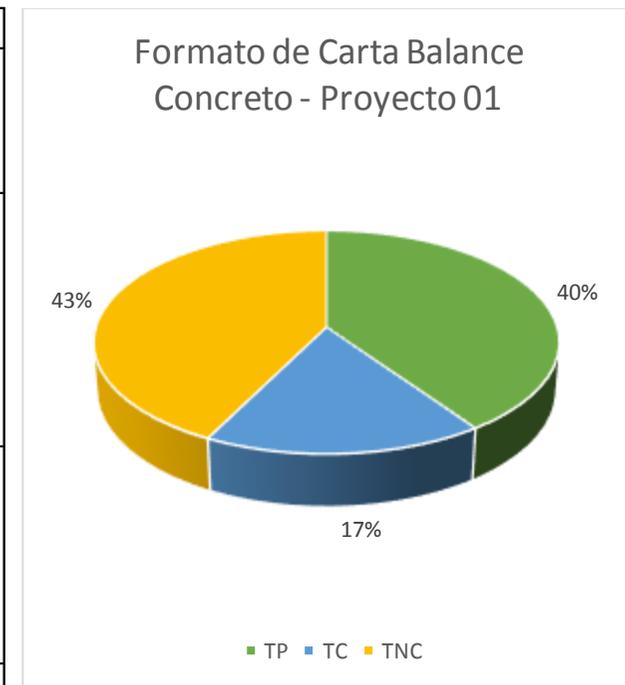


Gráfico 52. Anexo Carta Balance – Proyecto 01/Concreto/02
Fuente: Elaboración propia

19/01/2017		Acero	#	Parcial	Total
TP	AH	Colocar acero horizontal	29	5.7%	77%
	AV	Colocar acero vertical	80	15.7%	
	CA	Colocación de alambre	284	55.7%	
	EPX	Colocación de epóxico	0	0.0%	
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación	10	2.0%	15%
	TM	Transporte de material	44	8.6%	
	I	Recibir/dar instrucciones	9	1.8%	
	BH	Búsqueda de herramientas	0	0.0%	
	MED	Realizar mediciones	3	0.6%	
	AP	Abrir paquetes de fierro	13	2.5%	
			0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	0	0.0%	7%
	E	Esperas	32	6.3%	
	TR	Trabajo rehecho	0	0.0%	
	X	Tiempo ocioso	1	0.2%	
	SH	Ir a servicios higiénico	5	1.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			510	100%	100%

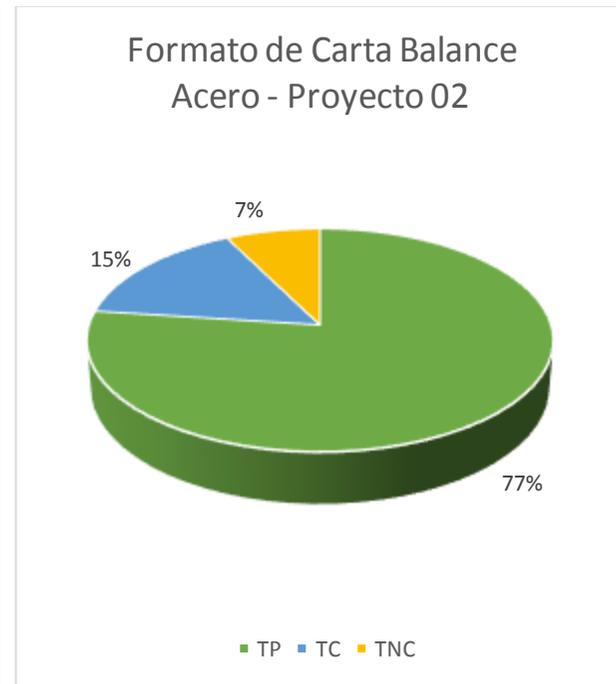


Gráfico 53. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Acero/01
Fuente: Elaboración propia

26/01/2017		Acero	#	Parcial	Total
TP	AH	Colocar acero horizontal	15	16.7%	64%
	AV	Colocar acero vertical	0	0.0%	
	CA	Colocación de alambre	43	47.8%	
	EPX	Colocación de epóxico	0	0.0%	
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación	0	0.0%	24%
	TM	Transporte de material	6	6.7%	
	I	Recibir/dar instrucciones	2	2.2%	
	BH	Búsqueda de herramientas	1	1.1%	
	MED	Realizar mediciones y nivelaciones	11	12.2%	
	AP	Abrir paquetes de fierro	2	2.2%	
			0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	0	0.0%	11%
	E	Esperas	5	5.6%	
	TR	Trabajo rehecho	2	2.2%	
	X	Tiempo ocioso	3	3.3%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			90	100%	100%

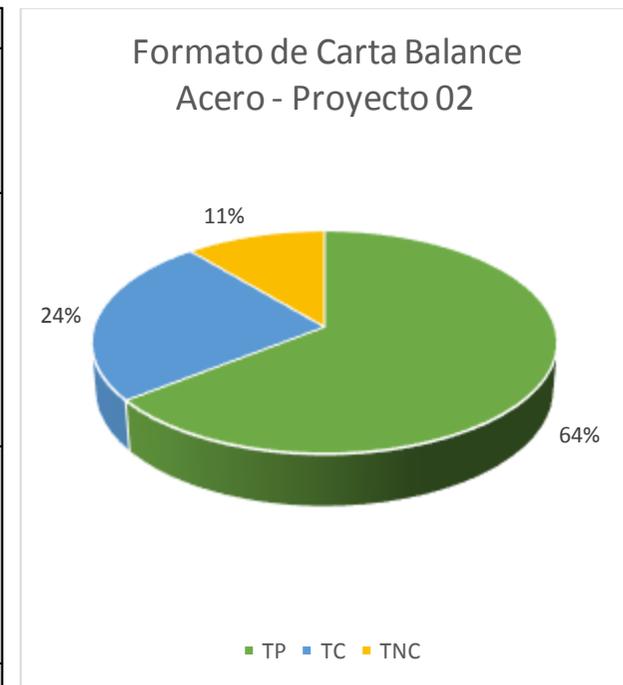


Gráfico 54. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Acero/02
Fuente: Elaboración propia

26/01/2017		Encofrado	#	Parcial	Total
TP	CP	Colocar plancha de encofrado	9	3.6%	33%
	CAC	Colocar accesorios	72	28.9%	
	CAL	Colocar alineadores	0	0.0%	
	CPT	Colocar puntales	0	0.0%	
TC	I	Recibir/dar instrucciones	17	6.8%	50%
	TM	Transporte de material	39	15.7%	
	BA	Búsqueda de accesorios	19	7.6%	
	CD	Colocación de desmoldante	0	0.0%	
	LE	Limpieza del encofrado	0	0.0%	
	CO	Cortar material	11	4.4%	
	MED	Mediciones y nivelaciones	39	15.7%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	4	1.6%	17%
	E	Esperas	22	8.8%	
	TR	Trabajo rehecho	0	0.0%	
	X	Tiempo ocioso	17	6.8%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			249	100%	100%

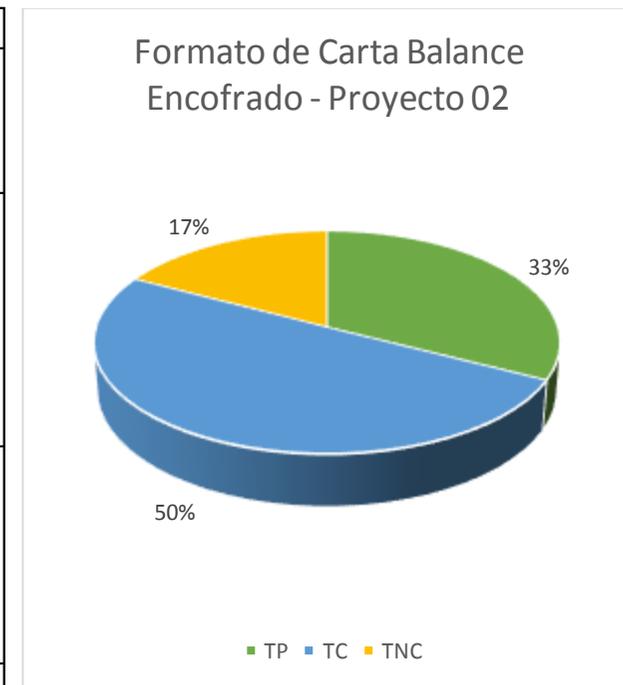


Gráfico 55. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/01
Fuente: Elaboración propia

30/01/2017		Encofrado	#	Parcial	Total
TP	CP	Colocar plancha de encofrado	7	2.6%	20%
	CAC	Colocar accesorios	35	13.0%	
	CAL	Colocar alineadores	11	4.1%	
	CPT	Colocar puntales	0	0.0%	
TC	I	Recibir/dar instrucciones	36	13.3%	43%
	TM	Transporte de material	57	21.1%	
	BA	Búsqueda de accesorios	20	7.4%	
	CD	Colocación de desmoldante	0	0.0%	
	LE	Limpieza del encofrado	0	0.0%	
	CO	Cortar material	0	0.0%	
	MED	Mediciones y nivelaciones	3	1.1%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	8	3.0%	37%
	E	Esperas	44	16.3%	
	TR	Trabajo rehecho	7	2.6%	
	X	Tiempo ocioso	0	0.0%	
	SH	Ir a servicios higiénico	6	2.2%	
	R	Refrigerio	36	13.3%	
			270	100%	100%

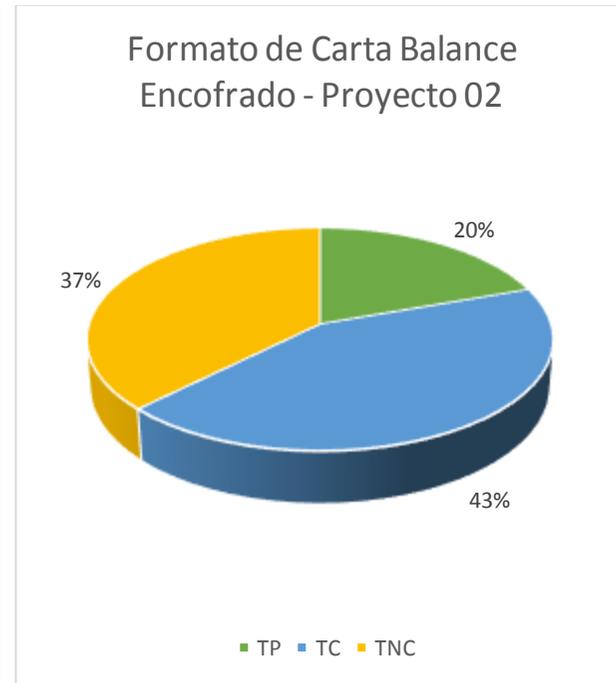


Gráfico 56. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/02
Fuente: Elaboración propia

17/01/2017		Concreto	#	Parcial	Total
TP	VC	Vacear concreto	195	25.8%	26%
	RG	Reglear	0	0.0%	
			0	0.0%	
			0	0.0%	
TC	VIB	Vibrado del concreto	33	4.4%	38%
	TM	Transporte de material	136	18.0%	
	I	Recibir/dar instrucciones	9	1.2%	
	LM	Limpieza de materiales/herramientas	24	3.2%	
	Z	Colocar materiales en la mezcladora	62	8.2%	
	UZ	Uso de la mezcladora	20	2.6%	
			0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	13	1.7%	37%
	E	Esperas	262	34.7%	
	TR	Trabajo rehecho	1	0.1%	
	X	Tiempo ocioso	0	0.0%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			755	100%	100%

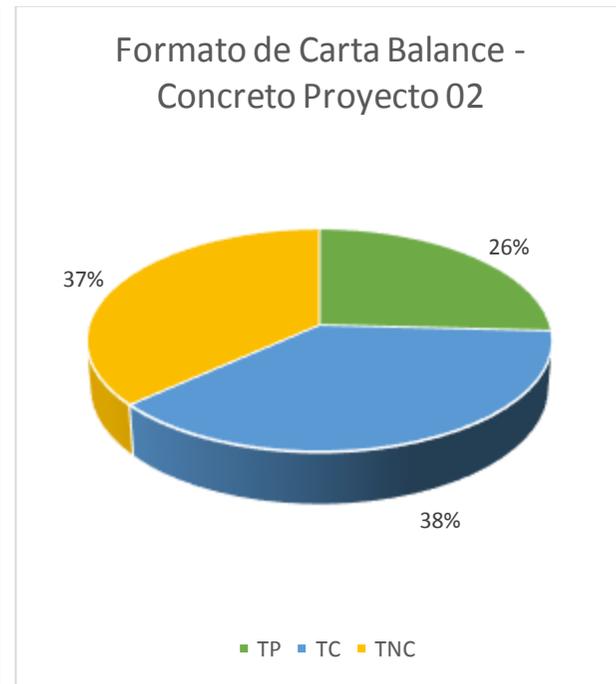


Gráfico 57. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/01
Fuente: Elaboración propia

25/01/2017		Concreto	#	Parcial	Total
TP	VC	Vacear concreto	24	9.6%	28%
	RG	Reglear	35	14.0%	
	EM	Entrega de material	0	0.0%	
	XC	Expandir concreto	11	4.4%	
TC	VIB	Vibrado del concreto	58	23.2%	45%
	TM	Transporte de material	1	0.4%	
	I	Recibir/dar instrucciones	11	4.4%	
	LM	Limpieza de materiales/herramientas	0	0.0%	
	UB	Uso de la bomba estacionaria	42	16.8%	
			0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	0	0.0%	27%
	E	Esperas	60	24.0%	
	TR	Trabajo rehecho	5	2.0%	
	X	Tiempo ocioso	3	1.2%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			250	100%	100%

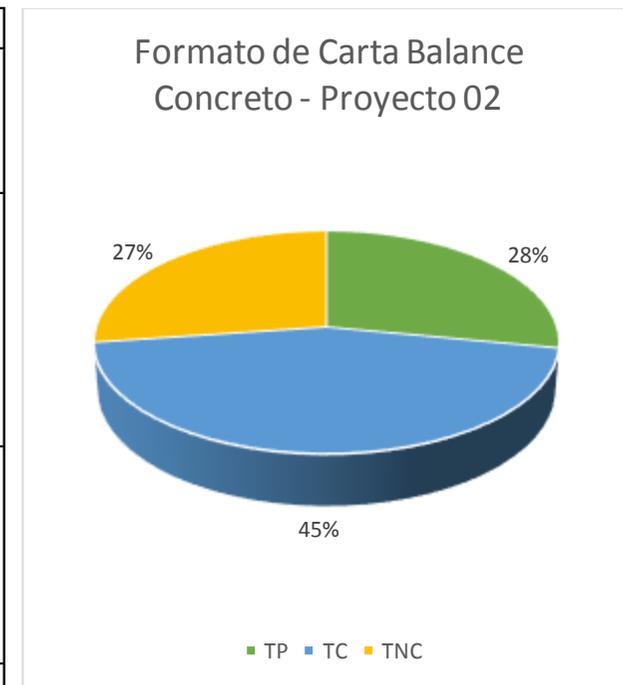


Gráfico 58. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/02
Fuente: Elaboración propia

06/02/2017		Concreto	#	Parcial	Total
TP	VC	Vacear concreto	79	5.5%	22%
	RG	Reglear	124	8.6%	
	EM	Entrega de material	0	0.0%	
	XC	Expandir concreto	114	7.9%	
TC	VIB	Vibrado del concreto	120	8.3%	17%
	TM	Transporte de material	31	2.2%	
	I	Recibir/dar instrucciones	4	0.3%	
	LM	Limpieza de materiales/herramientas	0	0.0%	
			0	0.0%	
	UB	Uso de la bomba	95	6.6%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	2	0.1%	61%
	E	Esperas	731	50.8%	
	TR	Trabajo rehecho	0	0.0%	
	X	Tiempo ocioso	0	0.0%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	140	9.7%	
			1440	100%	100%

Formato de Carta Balance
Concreto - Proyecto 02

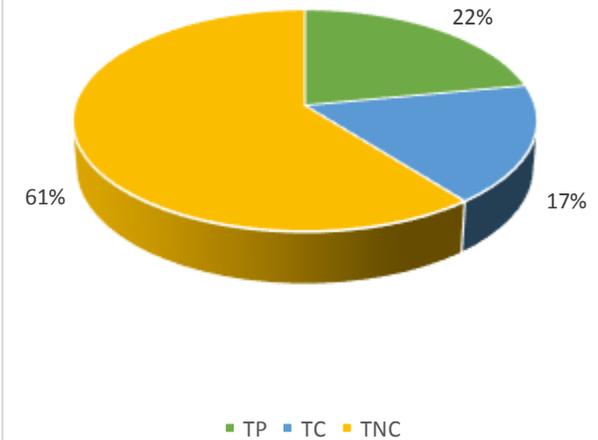


Gráfico 59. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Concreto/03
Fuente: Elaboración propia

27/01/2017		Acero	#	Parcial	Total
TP	AH	Colocar acero horizontal	38	12.9%	63%
	AV	Colocar acero vertical	28	9.5%	
	CA	Colocación de alambre	120	40.7%	
	EPX	Colocación de epóxico	0	0.0%	
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación	1	0.3%	28%
	TM	Transporte de material	12	4.1%	
	I	Recibir/dar instrucciones	11	3.7%	
	BH	Búsqueda de herramientas	6	2.0%	
	MED	Realizar mediciones y nivelado	37	12.5%	
	AP	Abrir paquetes	11	3.7%	
	LM	Limpieza de material	4	1.4%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	8	2.7%	9%
	E	Esperas	7	2.4%	
	TR	Trabajo rehecho	7	2.4%	
	X	Tiempo ocioso	3	1.0%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	2	0.7%	
			295	100%	100%

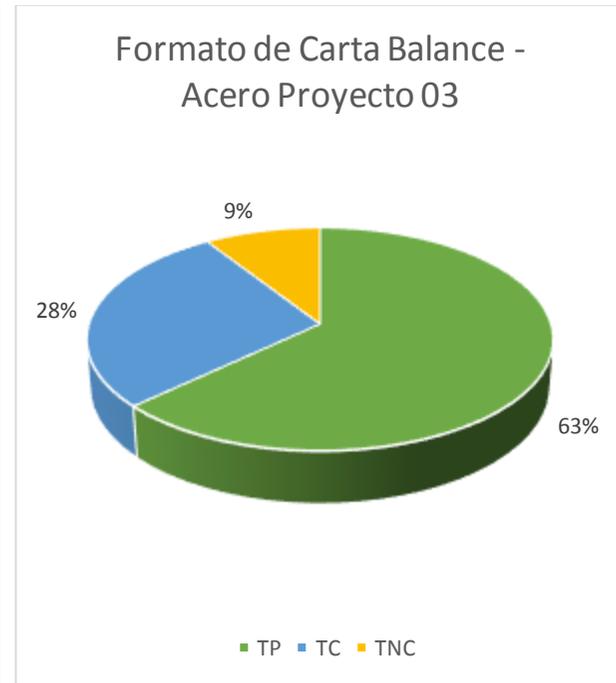


Gráfico 60. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Acero/01
 Fuente: Elaboración propia

8/02/2017		Acero	#	Parcial	Total
TP	AH	Colocar acero horizontal	11	9.2%	44%
	AV	Colocar acero vertical	4	3.3%	
	CA	Colocación de alambre	38	31.7%	
	EPX	Colocación de epóxico	0	0.0%	
TC	MOV	Movimiento hacia otro punto de colocación	0	0.0%	49%
	TM	Transporte de material	35	29.2%	
	I	Recibir/dar instrucciones	6	5.0%	
	BH	Búsqueda de herramientas	0	0.0%	
	MED	Realizar mediciones y nivelado	15	12.5%	
	AP	Abrir paquetes	1	0.8%	
	LM	Limpieza de material	2	1.7%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	0	0.0%	7%
	E	Esperas	0	0.0%	
	TR	Trabajo rehecho	8	6.7%	
	X	Tiempo ocioso	0	0.0%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			120	100%	100%

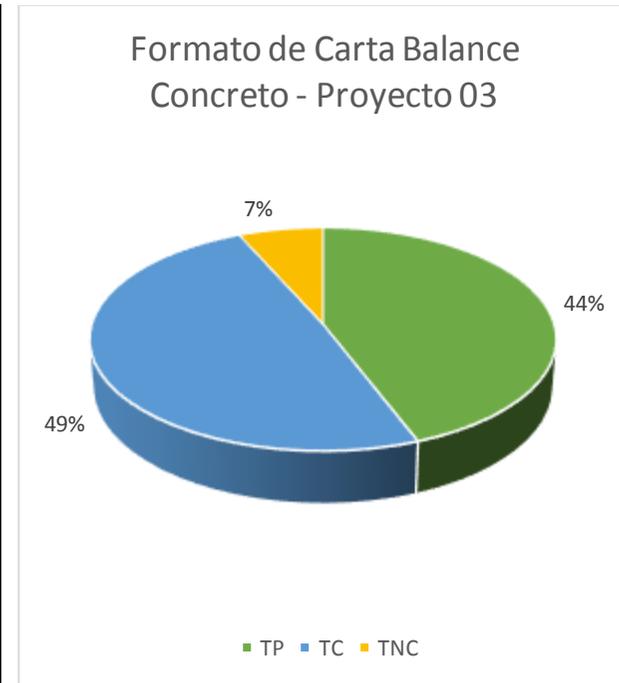


Gráfico 61. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Acero/02
Fuente: Elaboración propia

27/01/2017		Encofrado	#	Parcial	Total
TP	CP	Colocar plancha de encofrado	13	3.7%	39%
	CAC	Colocar accesorios	82	23.4%	
	CAL	Colocar alineadores	43	12.3%	
	CPT	Colocar puntales	0	0.0%	
TC	I	Recibir/dar instrucciones	50	14.3%	40%
	TM	Transporte de material	26	7.4%	
	BA	Búsqueda de accesorios	14	4.0%	
	CD	Colocación de desmoldante	0	0.0%	
	LE	Limpieza del encofrado	0	0.0%	
	CO	Cortar material	37	10.6%	
	MED	Mediciones y nivelaciones	14	4.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	15	4.3%	20%
	E	Esperas	23	6.6%	
	TR	Trabajo rehecho	12	3.4%	
	X	Tiempo ocioso	11	3.1%	
	SH	Ir a servicios higiénico	4	1.1%	
	R	Refrigerio	6	1.7%	
			350	100%	100%

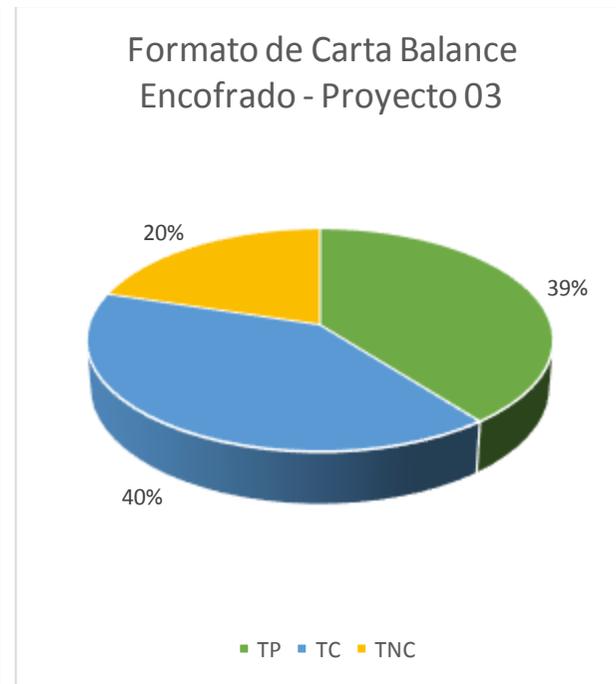


Gráfico 62. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Encofrado/01
Fuente: Elaboración propia

8/02/2017		Encofrado	#	Parcial	Total
TP	CP	Colocar plancha de encofrado	8	3.3%	36%
	CAC	Colocar accesorios	40	16.7%	
	CAL	Colocar alineadores	38	15.8%	
	CPT	Colocar puntales	0	0.0%	
TC	I	Recibir/dar instrucciones	29	12.1%	50%
	TM	Transporte de material	46	19.2%	
	BA	Búsqueda de accesorios	4	1.7%	
			0	0.0%	
	LE	Limpieza del encofrado	4	1.7%	
	CO	Cortar material	28	11.7%	
	MED	Mediciones y nivelaciones	10	4.2%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	2	0.8%	14%
	E	Esperas	27	11.3%	
	TR	Trabajo rehecho	0	0.0%	
	X	Tiempo ocioso	4	1.7%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	0	0.0%	
			240	100%	100%

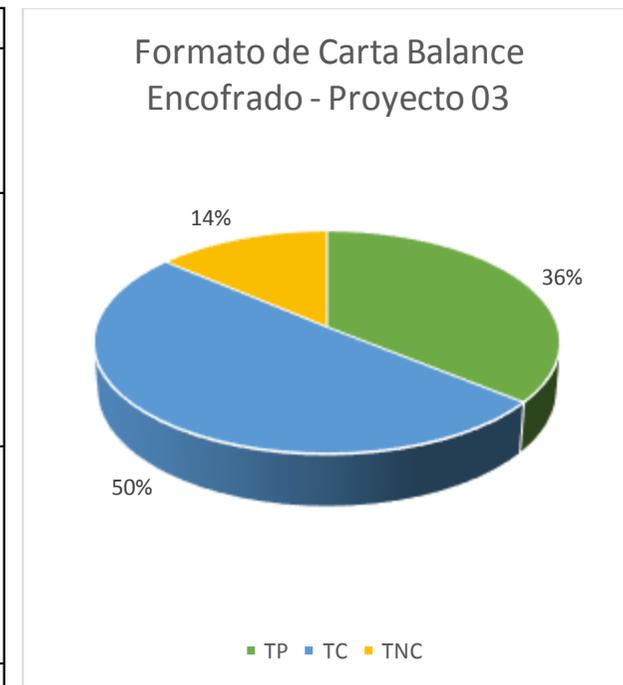


Gráfico 63. Anexo Carta Balance – Proyecto 02/Encofrado/02
Fuente: Elaboración propia

28/01/2017		Concreto	#	Parcial	Total
TP	VC	Vacear concreto	231	22.3%	22%
	RG	Reglear	0	0.0%	
			0	0.0%	
			0	0.0%	
TC	VIB	Vibrado del concreto	22	2.1%	29%
	TM	Transporte de material	119	11.5%	
	I	Recibir/dar instrucciones	24	2.3%	
	LM	Limpieza de materiales/herramientas	20	1.9%	
	Z	Colocar materiales en la mezcladora	85	8.2%	
	UZ	Uso de la mezcladora	28	2.7%	
			0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	2	0.2%	49%
	E	Esperas	462	44.6%	
	TR	Trabajo rehecho	10	1.0%	
	X	Tiempo ocioso	12	1.2%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	20	1.9%	
			1035	100%	100%

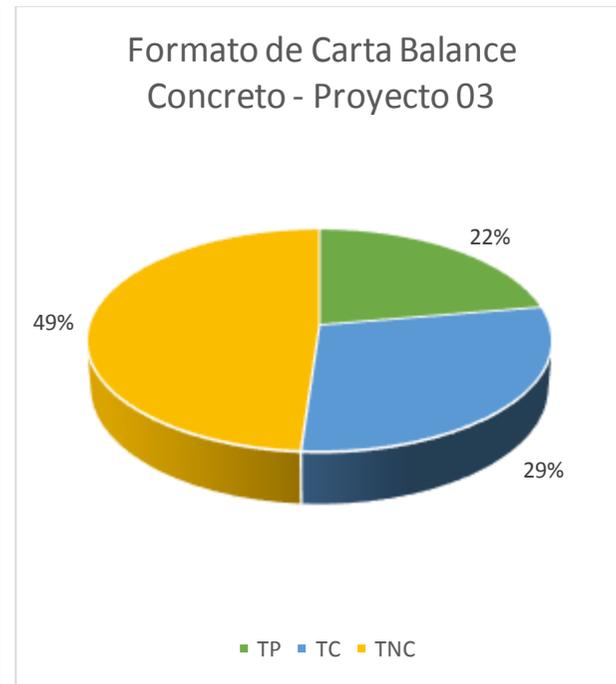


Gráfico 64. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/01
Fuente: Elaboración propia

28/01/2017		Concreto	#	Parcial	Total
TP	VC	Vacear concreto	169	30.2%	30%
	RG	Reglear	0	0.0%	
			0	0.0%	
			0	0.0%	
TC	VIB	Vibrado del concreto	4	0.7%	24%
	TM	Transporte de material	34	6.1%	
	I	Recibir/dar instrucciones	32	5.7%	
	LM	Limpieza de materiales/herramientas	0	0.0%	
	Z	Colocar materiales en la mezcladora	43	7.7%	
	UZ	Uso de la mezcladora	20	3.6%	
			0	0.0%	
TNC	VJ	Viaje improductivo	6	1.1%	46%
	E	Esperas	246	43.9%	
	TR	Trabajo rehecho	0	0.0%	
	X	Tiempo ocioso	1	0.2%	
	SH	Ir a servicios higiénico	0	0.0%	
	R	Refrigerio	5	0.9%	
			560	100%	100%

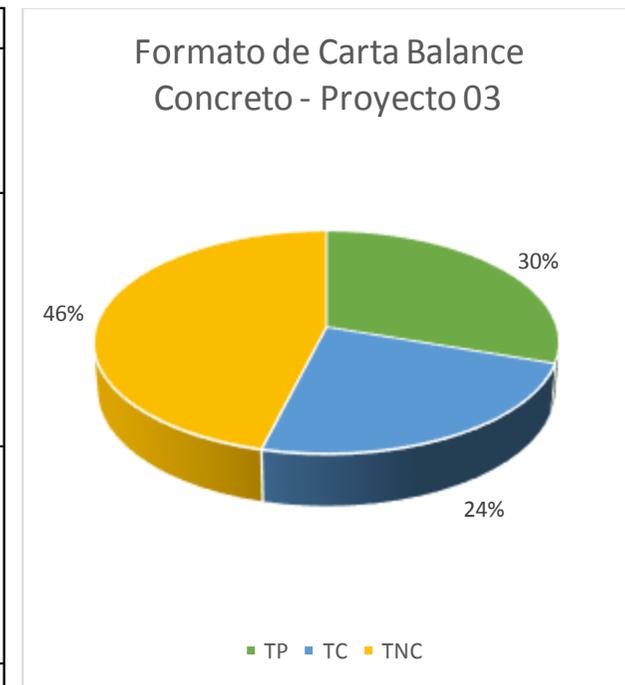


Gráfico 65. Anexo Carta Balance – Proyecto 03/Concreto/02
Fuente: Elaboración propia