

Universidad Católica de Santa María
Escuela de Postgrado
Maestría en Gerencia de la Construcción



**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS
PARA OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN EN OBRA**

Tesis presentada por el Bachiller:

Mullisaca Atamari, Denis Herzen

Para optar el Grado Académico de:

Maestro en Gerencia de la Construcción

Asesor:

Dr. Velarde Bedregal, Héctor Raúl

Arequipa - Perú

2019

15

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

Dirigido a : Dr. José Antonio Villanueva Salas
Director de la Escuela de Postgrado de la Universidad Católica de Santa María

Graduando : Mullisaca Atamari, Denis Herzen

Título : "Propuesta metodológica para la implementación de procesos para optimización de producción en obra"

Para optar : Grado académico de maestro en gerencia de la construcción

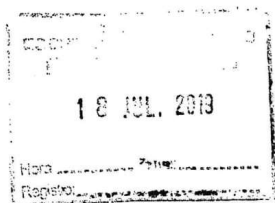
Fecha : Arequipa, 16 de julio del 2019

Sr. Director de la Escuela de Postgrado de la Universidad Católica de Santa María, me permito comunicarle que, visto el borrador de tesis presentado, considero que el mismo que está aprobado y expedito para ser sustentado por lo que el dictamen es **APROBADO**.

Atentamente,



Mrtr. Roberto Carlos Acero Condori, PMP



**DICTAMEN DE PROYECTO DE TESIS PARA
OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GERENCIA DE LA CONSTRUCCION**

Título : "PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS PARA OPTIMIZACIÓN
DE PRODUCCIÓN EN OBRA"
Graduando : Mullisaca Atamari, Denis Herzen
Fecha : Arequipa, 2019 julio 9

Visto el Proyecto reformulado, el maestreando deberá levantar las últimas observaciones para proceder a la sustentación de la tesis, no siendo necesaria la presentación de las correcciones.

- Disminuir el Fundamento teórico si se puede ampliar el estado del arte mejor
- El objetivo General debe ser igual o similar con el título de la tesis.
- En el capítulo IV (Validación) se debe seguir uno a uno los pasos descritos en la propuesta metodológica.

Nuestro dictamen es **PROCEDENTE**

Atentamente,

EPC Universidad Católica de Santa María



Dr. Héctor Raúl Velarde Pedregal
Dictaminador

AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL

Arequipa 05 de setiembre del 2019

PARA: Director de la Escuela de Post Grado de la UCSM
DE: Mgter. Karen Villanueva Paredes
ASUNTO: Dictamen de Borrador de Tesis

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y a su vez comunicarle que, habiendo sido elegida Dictaminadora del Borrador de Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro en Gerencia de la Construcción, del tesista DENIS HERZEN MULLISACA ATAMARI; el cual, titula "PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROCESOS PARA OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN EN OBRA" y habiendo revisado dicho documento, dictamino lo siguiente:

El Borrador de Tesis se encuentra listo para ser sustentado.



ARQ. KAREN VILLANUEVA PAREDES

MAESTRO EN GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mi padre Víctor por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, a mi madre Herlinda que me apoya desde el cielo por los valores que me inculco y que siempre los tengo presente, a mi hermano William por ser un guía y ejemplo a seguir, a mi novia Luz por ser la compañera que uno necesita en la vida y finalmente agradecer a Dios por ser el soporte y la fuerza que uno necesita para salir adelante.

INDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1.Planteamiento del problema.....	2
1.2.Hipótesis	3
1.3.Objetivos.....	3
1.4.Preguntas de investigación	4
1.5. Línea de investigación.....	4
1.6.Justificación del problema	4
1.7.Descripción de la solución.....	5
1.8.Aporte.....	7
CAPITULO II: FUNDAMENTOS TEORICOS.....	8
2.1. Estado del arte.....	8
2.2. Lean Construction	12
2.2.1. Actividades que no agregan valor.....	13
2.2.2. Incrementar el valor del producto.....	13
2.2.3. Reducir la variabilidad	13
2.2.4. Reducir el tiempo del ciclo.....	14
2.2.5. Simplificación de procesos.....	14
2.2.6. Just in Time	14
2.2.7. Buffers.....	14
2.2.8. Mejoramiento Continuo	15

2.2.8.1. Trabajo Productivo	15
2.2.8.2. Trabajo contributorio.....	15
2.2.8.3. Trabajo No contributorio	15
2.3. Sistema de Producción efectivo	16
2.3.1. Asegurar que los flujos no paren	16
2.3.2. Lograr flujos eficientes	16
2.3.3. Lograr procesos eficientes.....	17
2.4. Last Planner System	18
2.5. Six sigma	20
2.5.1. Los costos de la calidad.....	21
2.5.2. Los seis principios del Six Sigma.....	22
2.5.3. Metodología Six Sigma.....	23
2.5.4. Herramientas Six Sigma.....	24
2.5.4.1 Diagrama de SIPOC	24
2.5.4.2 Diagrama de Ishikawa	25
2.5.4.3 Diagrama de Pareto	25
2.5.4.4 Diagrama de Flujo	25
2.5.4.5 Nivel Sigma	26
CAPITULO III: PROPUESTA METODOLÓGICA	27
3.1. Metodología y diseño	27
3.1.1. Secuencia metodológica del diseño de procesos	28
3.1.1.1. Planificación maestra y reducción de variabilidad.....	29
3.1.1.2. Lookahead Planning y Análisis de restricciones.....	30
3.1.1.3. Diagramas SIPOC y APU.....	30

3.1.1.4. Actualización de planificación y acta de variabilidad.....	31
3.1.1.5. Subcontratación y eliminación de variabilidad.....	33
3.1.1.6. Métricas Six Sigma.....	34
3.1.1.7. Planificación semanal.....	35
3.1.1.8. Diagrama de dispersión e Ishikawa.....	35
3.1.1.9. Capacitación de personal.....	36
3.1.1.10. Productividad.....	37
3.1.1.11. Cuantificación de defectos y control de productividad.....	38
CAPITULO IV: VALIDACION DE LA METODOLOGIA.....	39
4.1. Resumen del Proyecto.....	39
4.2. Alcance del Proyecto.....	40
4.3. Esquema del Proyecto.....	41
4.4. Método tradicional constructivo.....	45
4.4.1. Planificación constructiva tradicional.....	46
4.4.2. Ejecución del trabajo.....	46
4.4.3. Producto final.....	47
4.5. Implementación Lean Construction y Six sigma.....	48
4.5.1. Reducción de la Variabilidad.....	48
4.5.2. Last Planner.....	49
<i>A. Planificación maestra.....</i>	<i>50</i>
<i>B. Lookahead plan.....</i>	<i>52</i>
<i>C. Análisis de restricciones.....</i>	<i>54</i>
4.5.3. Gestión de mejora de procesos DMAIC.....	55
4.5.3.1. Fase Definir.....	56

<i>D. Diagrama SIPOC</i>	57
<i>E. Análisis de Precios Unitarios</i>	58
<i>F. Actualización de planificación</i>	59
<i>G. Acta de variabilidad</i>	60
4.5.3.2. Fase Medir	62
<i>H. La subcontratación</i>	62
<i>I. Eliminación de Variabilidad</i>	65
<i>J. Métrica 6σ</i>	66
<i>K. Programación Semanal</i>	72
4.5.3.3. Fase Analizar.....	74
<i>L. Gráfico de dispersión</i>	74
<i>M. Diagrama de Ishikawa</i>	74
<i>N. Capacitación de personal</i>	75
<i>O. Porcentaje de plan cumplido</i>	78
<i>P. Evolución del PPC</i>	80
4.5.4. Procesos eficientes de producción.....	82
4.5.4.1. Cartas Balance.....	82
4.5.4.2. Fase Mejorar	87
<i>Q. Prueba de Hipótesis</i>	87
<i>R. Diagrama de Flujo</i>	87
4.5.4.3. Fase Control.....	89
<i>S. Cuantificación de defectos</i>	91
4.6. Gestión de obra	93
CAPITULO V: PRESENTACION DE RESULTADOS	95

5.1. Productividad de metodología tradicional.....	95
5.2. Análisis de la productividad	97
5.2.1. Six Sigma y la productividad	97
5.2.2. Análisis de productividad del acero.....	99
5.2.3. Análisis de productividad del encofrado.....	102
5.2.4. Análisis de productividad del concreto.....	105
5.3. Resumen productividad	108
5.3.1. Productividad del acero.....	108
5.3.2. Productividad del encofrado.....	108
5.3.3. Productividad del concreto.....	109
5.3.4. Resultados finales de Productividad.....	109
5.4. Evolución de la productividad	110
CAPITULO VI: INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	117
6.1. Curva S y Valor ganado.....	117
6.2. Evaluación de resultados	118
CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
7.1. Conclusiones.....	126
7.2. Recomendaciones.....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	128
ANEXOS	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Nivel Sigma por niveles.....97

Tabla 2: Rentabilidad.....123



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Flujos no paren.....	16
Figura 2: Flujos eficientes	17
Figura 3: Procesos eficientes	17
Figura 4: Formulario de Asignación	18
Figura 5: Fases Ultimo Planificador	19
Figura 6: Fases de trabajo Six Sigma	21
Figura 7: Diseño de procesos.....	28
Figura 8: Diagrama de Gantt.....	29
Figura 9: Lookahead planning.....	30
Figura 10: Análisis de restricciones.....	30
Figura 11: Diagrama SIPOC.....	31
Figura 12: Análisis de precios unitarios	31
Figura 13: Formato de acta de variabilidad.....	32
Figura 14: Actualización de programación	33
Figura 15: Formato gestión de subcontratistas.....	34
Figura 16: Formato de eliminación de variabilidad.....	34
Figura 17: Niveles Sigma.....	35
Figura 18: Formato de planificación semanal	35
Figura 19: Diagrama de dispersión.....	36
Figura 20: Diagrama de Ishikawa.....	36
Figura 21: Formato de capacitación.....	37
Figura 22: Formato de porcentaje de plan cumplido	38
Figura 23: Ubicación del Proyecto	39

Figura 24: Ubicación, Calle N°2 Manzana B	40
Figura 25: Parámetros del proyecto	41
Figura 26: Distribución 1er nivel.....	41
Figura 27: Distribución 2do nivel.....	42
Figura 28: Distribución 3er nivel.....	42
Figura 29: Plano estructural, Planta típica.....	43
Figura 30: Presupuesto a nivel estructuras	44
Figura 31: Esquema 3D del edificio	45
Figura 32: Actividades de ruta crítica	46
Figura 33: Transformación de una actividad.....	47
Figura 34: Producto final encofrado	48
Figura 35: Buffer de capacidad.....	49
Figura 36: Esquema Last planner	50
Figura 37: Encofrado y vaciado de columnas y placas.....	54
Figura 38: Fases DMAIC	56
Figura 39: Presupuesto de obra- Estructuras.....	56
Figura 40: APU acero.....	58
Figura 41: APU encofrado.....	58
Figura 42: APU concreto.....	59
Figura 43: Tipos de defectos a ser registrados	66
Figura 44: Identificación de defectos.....	67
Figura 45: Oportunidad de defectos.....	68
Figura 46: Niveles Seis Sigma.....	69
Figura 47: Nivel sigma vs rendimiento	70

Figura 48: Precio HH vs Dias.....	71
Figura 49: Vaciado de concreto en losa y viga 5to piso	72
Figura 50: Diagrama de dispersión, Residencial Palermo	74
Figura 51: Diagrama de Ishikawa.....	75
Figura 52: Evolución del PPC	81
Figura 53: Cumplimiento de plan semanal de trabajo	81
Figura 54: Modelo de carta balance.....	83
Figura 55: Prueba de Hipótesis.....	87
Figura 56: Diagrama de flujo-mejoramiento de procesos.....	88
Figura 57: Costo real vs Días	90
Figura 58: Mano de obra en encofrado de placas y columnas.....	91
Figura 59: Diagrama de Pareto encofrado.....	92
Figura 60: Diagrama de Pareto concreto.....	93
Figura 61: Defectos en el vaciado de concreto en obra	93
Figura 62: Propuesta de gestión en obra	94
Figura 63: Productividad modelo constructivo tradicional.....	95
Figura 64: Comparación metodología tradicional y propuesta	96
Figura 65: Relación de Six sigma con HH trabajadas	98
Figura 66: Productividad acero zapatas	99
Figura 67: Productividad acero cimentación.....	99
Figura 68: Productividad acero piso	100
Figura 69: Productividad acero columnas.....	100
Figura 70: Productividad acero placas	100
Figura 71: Productividad acero vigas.....	101

Figura 72: Productividad acero losa aligerada	101
Figura 73: Productividad acero losa maciza.....	101
Figura 74: Productividad acero escalera	102
Figura 75: Productividad encofrado zapatas	102
Figura 76: Productividad encofrado cimentación.....	102
Figura 77: Productividad encofrado columnas.....	103
Figura 78: Productividad encofrado placas.....	103
Figura 79: Productividad encofrado vigas.....	103
Figura 80: Productividad encofrado losa aligerada	104
Figura 81: Productividad encofrado losa maciza.....	104
Figura 82: Productividad encofrado escalera	104
Figura 83: Productividad concreto solados	105
Figura 84: Productividad concreto zapatas	105
Figura 85: Productividad concreto viga de cimentación.....	105
Figura 86: Productividad concreto columnas	106
Figura 87: Productividad concreto placas	106
Figura 88: Productividad concreto vigas.....	106
Figura 89: Productividad concreto losa aligerada.....	107
Figura 90: Productividad concreto losa maciza.....	107
Figura 91: Productividad concreto escalera	107
Figura 92: Análisis de habilitación de acero	108
Figura 93: Análisis de habilitación de encofrado	108
Figura 94: Análisis de colocación de concreto.....	109
Figura 95: Productividad final acero.....	109

Figura 96: Productividad final encofrado.....	110
Figura 97: Productividad final concreto.....	110
Figura 98: Análisis del valor ganado	122
Figura 99: Evolución de la rentabilidad.....	123
Figura 100: Curva S.....	124

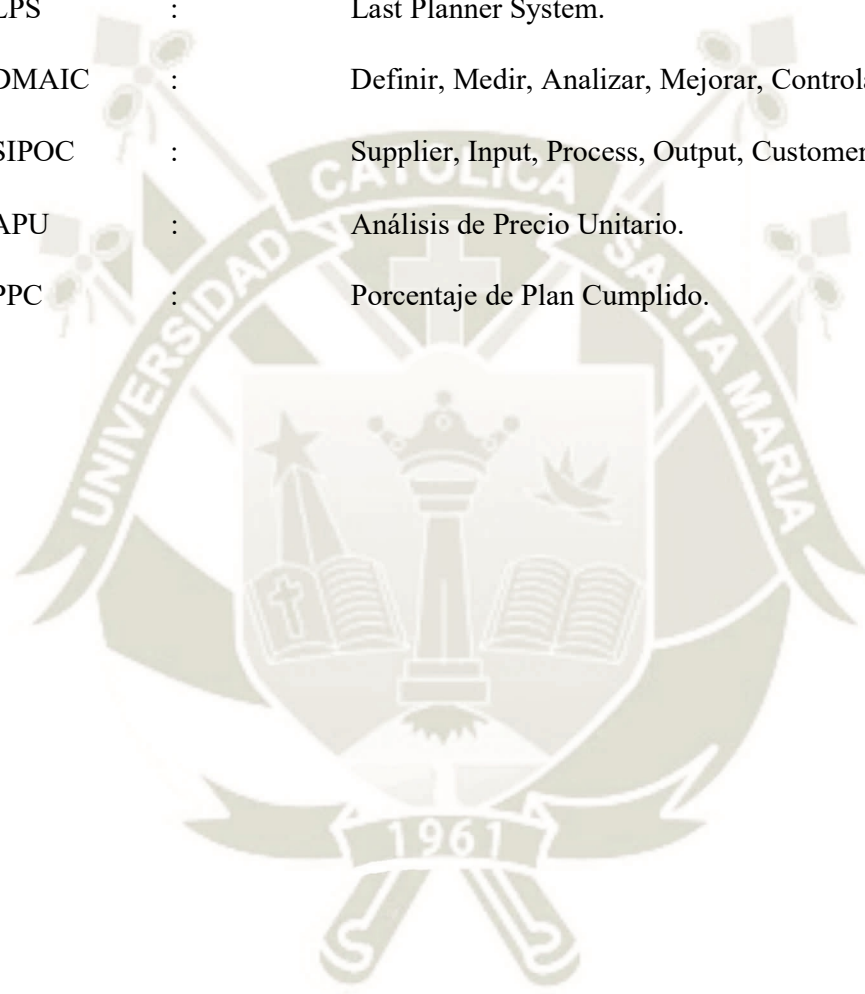


INDICE DE FORMATOS

Formato 1: Planificación Maestra.....	51
Formato 2: LookAhead	53
Formato 3: Análisis de Restricciones.....	55
Formato 4: Diagrama SIPOC Acero	57
Formato 5: Diagrama SIPOC Encofrado	57
Formato 6: Diagrama SIPOC Concreto	57
Formato 7: Actualización de programación	60
Formato 8: Acta de Variabilidad	62
Formato 9: Gestión de subcontratistas	64
Formato 10: Eliminación de variabilidad.....	65
Formato 11: Costo Mano de obra real.....	71
Formato 12: Programación Semanal.....	73
Formato 13: Capacitación de personal.....	77
Formato 14: Análisis del PPC	79
Formato 15: Evolución del PPC	80
Formato 16: Carta Balance.....	86
Formato 17: Informe de Producción	90
Formato 18: Índice de Productividad.....	116
Formato 19: Informe de Valorización.....	121

LISTA DE ABREVIATURAS

TP	:	Trabajo Productivo.
TC	:	Trabajo Contributorio.
TNC	:	Trabajo no contributorio.
LPS	:	Last Planner System.
DMAIC	:	Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.
SIPOC	:	Supplier, Input, Process, Output, Customer.
APU	:	Análisis de Precio Unitario.
PPC	:	Porcentaje de Plan Cumplido.



RESUMEN

La construcción es muy importante para la economía del país y se puede ver reflejada en el gran número de proyectos que hay actualmente. Una mala gestión de obra produce pérdidas económicas que son reflejadas a través de la productividad y calidad.

En la construcción de edificios nuevos, siempre hay inconvenientes, como son la falta de gestión, comunicación entre áreas (estructuras-arquitectura-servicios) y el resultado global son grandes pérdidas de dinero y tiempo, debido al trabajo rehecho o corregido.

Y este es un problema recurrente que se presenta mayormente en obras que son ejecutadas por empresas medianas y pequeñas las cuales son las más representativas en nuestra realidad regional, ya que al tener menos recursos que una empresa grande, ellos consideran que la aplicación de una metodología que pueda optimizar su producción resultara en más gastos que ganancias, lo cual da como resultado una desconfianza general y por ende se sigue perjudicando la ejecución de los proyectos de construcción. Por lo que esta investigación mostrara que si es posible para una empresa pequeña o mediana poder implementar estos procesos integrados y pueda mejorar su productividad y utilidades. Ahora la filosofía Lean Construction y la metodología Six Sigma reducen las posibles demoras y los defectos o errores que puedan suscitarse a la hora de la ejecución del proyecto. Es por ello que, el objetivo principal de esta tesis es la propuesta de implementar procesos integrados de ambas metodologías, con el fin de mejorar la productividad, reducir los tiempos muertos, ajustar los costos y mantener los estándares de calidad que satisfaga al cliente y de esta manera poder contribuir a mejorar el desarrollo y avance de la construcción en nuestro país.

Palabras clave: Integración de Lean Construction y Six Sigma; Optimización de productividad en obra.

ABSTRACT

Construction is very important for the economy of the country and can be seen reflected in the large number of projects that are currently. A poor management of work produces economic losses that are reflected through productivity and quality.

In the construction of new buildings, there are always drawbacks, such as the lack of management, communication between areas (structures-architecture-services) and the overall result are great losses of money and time, due to work redone or corrected.

And this is a recurrent problem that occurs mostly in works that are executed by medium and small companies which are the most representative in our regional reality, since having fewer resources than a large company, they consider that the application of a methodology that it can optimize its production will result in more expenses than gains, which results in a general distrust and therefore continues to harm the execution of construction projects. So this research will show that it is possible for a small or medium company to implement these integrated processes and improve their productivity and profits. Now the Lean Construction philosophy and the Six Sigma methodology reduce possible delays and defects or errors that may arise at the time of project execution. That is why, the main objective of this thesis is the proposal to implement integrated processes of both methodologies, in order to improve productivity, reduce downtime, adjust costs and maintain quality standards that satisfy the client and This way we can contribute to improve the development and progress of construction in our country.

Key words: Integration of Lean Construction and Six Sigma; Productivity optimization on site.

Capítulo I: Introducción

La presente investigación tiene como propósito dar una propuesta metodología que implemente los procesos integrados del Lean Construction y Six Sigma que permita optimizar la productividad de las obras de construcción y por ende elevar los niveles de rentabilidad y sostenibilidad de los proyectos. La implementación se realizará en un proyecto de construcción que es ejecutado por una empresa mediana, ya que ellas son las que mayores deficiencias presentan en el mercado peruano, pues no cuentan con recursos suficientes para poder implementar metodologías que mejoren su productividad y además que no le dan la importancia necesaria, produciéndose costos y tiempo innecesario; esto es algo que las grandes empresas constructoras si lo pueden hacer ya que tienen el personal, la infraestructura y las herramientas y logran grandes resultados en sus proyectos de construcción.

Este proyecto es un edificio departamentos ubicado en Umacollo-Arequipa en el cual se puede aplicar e implementar fácilmente la integración de las metodologías mencionadas, ya que el edificio fue construido basado en un sistema estructural aperticado, este sistema constructivo nos da la posibilidad de tener varias actividades que se irán repitiendo (Columnas, Vigas y losa) y en los cuales se podrán analizar a detalle los procesos metodológicos planteados.

Así en el capítulo segundo se presenta los fundamentos teóricos los cuales dan el soporte conceptual a la investigación, aquí se explica todas las características y ventajas de las 2 metodologías que se aplicará a la investigación. En el tercer capítulo se describe la metodología que se propone implementar mediante un diseño de los procesos que intervendrán en la investigación.

Seguidamente en el capítulo cuarto se realiza la validación de la metodología a través de la integración de la filosofía del Lean Construction y de la metodología Six Sigma en el

proyecto en estudio, aquí se aplicará los conceptos teóricos dados y esta se basará en la propuesta metodológica y en el diseño de procesos planteado.

Y finalmente el capítulo quinto y sexto nos muestra los resultados del trabajo realizado, así como a las conclusiones que se ha llegado en conformidad a los objetivos planteados.

También debemos acotar que la implementación propuesta está basada como se mencionó en la teoría del Lean construction el cual responde a maximizar el valor minimizando las pérdidas en los procesos constructivos, y en el Six Sigma a través de su metodología de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar).

Así mismo se espera que los enfoques y procesos que resulten de esta investigación puedan aplicarse en otros proyectos de construcción que sean ejecutadas por empresas del sector y de esa manera contribuir a la sostenibilidad de la industria de la construcción.

1.1. Planteamiento del problema

El mercado de la construcción en el Perú es bastante amplio, por lo cual predispone a las empresas constructoras a ser más competitivas y mejor preparadas, en el Perú se tiene empresas dedicadas al rubro de la construcción de gran envergadura, que ejecutan proyectos de varios millones de dólares los cuales implementan en sus sistemas de trabajo metodologías para poder optimizar su producción a la hora de ejecutar proyectos y poder generar mayores ingresos y que a la vez puedan cumplir todas las expectativas del cliente. Pero también se tiene medianas y pequeñas empresas que comienza a operar en este mercado bastante competitivo, los cuales al iniciar se encuentran con bastantes problemas que tienen que ir solucionando a medida que van adentrándose en este mercado, y este es un gran inconveniente que se tiene actualmente, estas empresas medianas y pequeñas del sector construcción en general tienen bastantes deficiencias que podemos englobarla en lo que respecta a financiamiento,

experiencia en obras y sobre todo conocimientos para la aplicación de estándares y metodologías de gestión, lo cual le genera costos adicionales, ampliaciones de plazo y terminan en muchos casos obras con una calidad muy discutible. Y aquí es donde surge la idea de dar una propuesta de implementar procesos mediante una metodología que combine el LEAN CONSTRUCTION y el SIX SIGMA que pueda mejorar la productividad con altos estándares de calidad en obras de construcción de empresas pequeñas y medianas.

1.2. Hipótesis

Es probable que al implementar la integración de las metodologías del Lean construction y Six Sigma en el proyecto en estudio, será factible optimizar la productividad en obra.

1.3. Objetivos

Objetivo General

- a) Proponer una metodología que implemente procesos que optimicen la productividad en obra.

Objetivos Específicos.

- a) Diseñar e implementar los procesos que integren las metodologías Lean Construction y Six Sigma que optimicen la productividad en obra.
- b) Implementar el ciclo de mejora DMAIC (Define, Measure, Analize, Improve, Control) del Six Sigma que permita la mejora de los procesos del proyecto.
- c) Evaluar la productividad en obra y la rentabilidad del proyecto debido a la integración de las metodologías Lean Construction y Six sigma.
- d) Evaluar el grado de correlación entre la optimización de la producción en obra con la integración de las metodologías Lean Construction y Six Sigma.

1.4. Preguntas de Investigación

¿Cómo influye la implementación de procesos de la metodología que integra el Lean Construction y Six Sigma en la optimización de la productividad en obra?

¿Cómo diseñar e implementar los procesos que integren las metodologías de Lean Construcción y Six sigma que optimicen la productividad en obra?

¿Cuál es el impacto que se tiene en la productividad en obra y la rentabilidad del proyecto con la integración de las metodologías Lean Construction y Six sigma?

¿Cuál es el grado de correlación entre la optimización de la productividad en obra y la integración del Lean Construction y el Six Sigma?

1.5. Línea de investigación

La línea de investigación en la cual está enmarcado este trabajo es la gestión de los proyectos de construcción, lo cual a su vez se deriva en la sub línea de investigación que es la mejora de productividad mediante distintos métodos constructivos

1.6. Justificación del problema

El motivo por el cual se desarrolla esta investigación es poder dar una propuesta de implementación de procesos que combinen las metodologías del “Lean Construcción” y “Six Sigma” que permita mejorar y optimizar la productividad logrando mayor rentabilidad y que puedan utilizar las empresas pequeñas y medianas que recién comienzan en el rubro de la construcción, como se mencionó la gran mayoría de empresas pequeñas y medianas en la ciudad no tienen una metodología de trabajo a la hora de ejecutar un proyecto lo cual conlleva a pérdidas económicas, retrasos en el plazo, mala calidad de los trabajos e inconveniencias con la cadena de suministro. Al poder implementar estos procesos de optimización de la producción

en obra, se les podrá medir en un análisis cuantitativo y cualitativo, mediante la cual se podrá observar cómo afecta a la empresa en el aspecto financiero y ejecución técnica del proyecto. El gran beneficiario de este proyecto mediante la aplicación de estos procesos integrados serán empresas medianas y pequeñas del sector construcción que pueden adquirir la experiencia que pueda darse, para poder aumentar la productividad en las obras y evitar las pérdidas económicas, promoviendo de manera indirecta el crecimiento del sector construcción.

La aplicación y combinación de estas metodologías como son el “LEAN CONSTRUCTION” y “SIX SIGMA” en la optimización de la producción en obra en este proyecto específico que es el edificio de departamentos “Residencial Palermo”, nos mostrara como se mencionó, una ruta o línea de trabajo que provendrá de la experiencia real de ejecución de obra, la cual podrá ser replicado a la ejecución de otros proyectos llevados a cabo por empresas pequeñas y mediana.

El proyecto en estudio específico “Residencial Palermo”, será la construcción de un Edificio de departamento de 7 niveles sobre un área de Aproximadamente de 230 m², y será financiado con los recursos de la empresa ejecutora COPROIN SAC, la cual requiere implementar este sistema para poder ver reflejados un mejor rendimiento de todas sus actividades en la obra y tener mayor crecimiento de la empresa en lo financiero y técnico.

1.7. Descripción de la solución

La baja productividad en obra repercute en muchos aspectos (sobrecostos, baja calidad, plazos y alcances), y esta se genera principalmente por una deficiente planificación y control en los diferentes procesos de ejecución del proyecto, ya que la mayoría de estas obras son ejecutados con una metodología tradicional basado en la experiencia en la cual solo hay referencia de planificación en la etapa inicial del proyecto (documentos como presupuestos,

cronogramas básicos). Aquí podemos mostrar los resultados de un estudio sobre la productividad en obras viales en la ciudad de Arequipa el cual en su sección de conclusiones dice “De la presente investigación se ha encontrado que las obras de infraestructura vial para la ciudad de Arequipa (urbana) se desarrollan con un nivel medio de productividad de 27.7%.” (Flores Erick y Ramos Mauricio, 2018, p. 151)., además también menciona en otra conclusión la causa de este nivel de productividad el cual dice “De acuerdo el diagrama de Pareto promedio, las principales causas de baja productividad de las 10 obras son: las Esperas (E), Descansos (D), Transportes (T), Viajes (V). Acumulando entre estas 4 labores el 34% de ocupación del tiempo” (Flores Erick y Ramos Mauricio, 2018, p. 151).; por lo tanto, se puede observar que la ejecución de obras a nivel regional tiene bajos niveles de producción el cual se debe ir mejorando. Otro ejemplo muestra un extracto de un estudio sobre gestión en obras de saneamiento realizado en la ciudad de Lima el cual dice “Por otro lado, ya que Lima representa aproximadamente el 30% de la población del Perú, se deduce que por lo menos el 30% de las obras que se ejecutan en el Perú utilizan por obligación de la entidad Procedimientos de Control Estandarizados y Registros de Control de Calidad” (Huaroto Enrique, 2015, p. 85).

Toda esta problemática debe ir mejorando mediante la aplicación de metodologías que optimicen la productividad en obra, las empresas constructoras deben empezar a tener confianza en estos métodos, que a la larga deben ser considerados inversiones y no gastos como actualmente se las viene tratando. En la presente investigación se planteará una solución a este problema mediante la implementación de una metodología que convine las filosofías lean construction y six sigma, y este será evaluado en el proyecto de construcción Residencial Palermo, aquí se aplicara cada una de las herramientas que estas dos filosofías tienen para trabajar, además también se incluirán nuevas herramientas planteadas por el investigador, las cuales se enmarcaran en una u otra filosofía. Al final todo esto se estructurará en un diseño en el cual describirá cada una de las fases de la metodología propuesta que convine ambas

filosofías. Toda esta propuesta nos debe mostrar al final resultados en el proyecto que optimicen la productividad durante la construcción del mismo, y por ende tener una mejor rentabilidad el cual el objetivo de toda empresa constructora.

1.8. Aporte

Mediante esta investigación se pretende dar un enfoque nuevo en la ejecución de proyectos de construcción realizados por pequeñas y medianas empresas, donde el aporte es una propuesta metodológica que combina dos filosofías como son el lean construction y el six sigma en una obra específica, logrando de esta manera optimizar la productividad de la obra y por ende mejorar la rentabilidad de la empresa ejecutora, pudiendo esta ser esta replicada en otros proyectos similares ejecutados por otras empresas de similar condición.

Capítulo II: Fundamentos Teóricos

2.1. Estado del arte

El lean construction así como el six sigma son dos metodologías que se están implementando en varios países, sobre todo en los países desarrollados; aquí en el Perú aún se está abriendo paso en la forma tradicional de cómo se ejecutan los proyectos de construcción, aun así se tiene varias investigaciones que se vienen realizando en el mundo sobre estos temas, por lo que se mostrara a continuación cinco investigaciones que se dieron en los últimos años, lo cuales fueron publicadas en revistas indexadas para su difusión.

(Arriola Oliveros, B.; Denis Granja, A.; Rodríguez Dionisio, S., 2018), nos plantea un método para adoptar eventos kaizen en el sector de la construcción, un evento kaizen es el mejoramiento efectivo de procesos (mejora continua), este método se enmarca como una aplicación de la investigación basada en el diseño (DSR). Se realizaron análisis de los que se concluyó que el sector de la construcción está cambiando constantemente como algunas otras industrias. Sin embargo, algunas empresas de construcción utilizan herramientas de forma aislada, obteniendo así resultados parciales e improductivos; y como consecuencia de esto uno de los resultados mostro que hay 3 factores que obstruyen la mejora de procesos en el sector construcción los cuales son personas (65,6%), estructura de la organización (79,4%), administración externa y cadena de valor (62,1%).

(Según Rojas-López, Miguel David; Henao-Grajales, Mariana; Valencia-Corrales, María Elena, 2017), publicaron un estudio sobre la implementación del Lean Construction en Colombia, en la cual encontraron avances en la operación de obras como mejoramiento de logística, mejora de condiciones de salud, disminución del impacto ambiental y utilización de tecnologías de la información; todo esto se dio en el ambiente de un compromiso a nivel estratégico para implementar el pensamiento LEAN de todo el sector construcción en

Colombia, y además implica la aplicación del LEAN THINKING que es el cambio de filosofía de las empresas constructoras.

(Burneo, Lizbeth 2013), presentó su tesis denominada “Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando la filosofía Lean Construction” para la conservación vial de la carretera Sullana – Puente Internacional. La tesis presenta una metodología similar al de Macedo del Águila, fraccionando las actividades en trabajos productivos, trabajos contributorio y trabajo no contributorio, y haciendo una valoración en el terreno a través de medidas del tiempo de los trabajadores. Las actividades examinadas en este trabajo fueron: pintado de marcas en el pavimento, limpieza de cunetas y el roce de vegetación menor. Burneo buscó aumentar la productividad en las actividades de mantenimiento rutinario asegurando que los flujos no paren utilizando la herramienta Last Planner. Como consecuencia de su trabajo se obtuvo el mejoramiento del tiempo productivo, asimismo consiguió que los trabajadores se comprometan con las labores, lo cual ayudó a vencer los obstáculos que se presentaron a la hora de implementar la propuesta de mejora.

De acuerdo a (Cabrera Adriana, Pulido Natalia y Orlando Jorge, 2014) nos presentan una investigación para mejorar la productividad en la construcción, aquí se propone la filosofía lean construction y la Simulación de eventos discretos (SED), la cual nos permite desarrollar y experimentar modelos digitales desarrollados por computadora, y esto lo aplican en el mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio. Esta simulación se puede emplear para dar solución a problemas reales, describiendo y analizando comportamientos de lo que puede pasar en el proceso constructivo, todo esto demuestra que la utilización de tecnologías y herramientas computacionales pueden ayudar a la planificación y control de proyectos y además ayudan a disminuir el grado de incertidumbre que se presentan en las obras, ya que al estar involucrado el lean construction esta disminuye las actividades que no agregan valor.

Según (Sánchez Omar, Gálvez José, Porrás Hernán y Ardila Damián, 2017) plantean mediante su investigación que se puede mejorar el proceso de planificación de puentes de concreto reforzado a través de la integración del BIM (Building Information Modeling) y el Lean Construction, esto se fundamenta en la posibilidad de gestionar la información del proyecto con BIM para obtener datos de entrada precisos que benefician la aplicación de los principios del lean construction. En el trabajo se estudia la viabilidad de aplicar conjuntamente la tecnología BIM en puentes y la filosofía Lean para planificar actividades de obra en puentes de concreto reforzado, mediante un enfoque de investigación dividido en 2 etapas, en la primera se desarrolla la planificación del caso con modelos BIM 3D y en la segunda se realiza la planificación con modelos BIM 5D y Lean construction. Al final se observa que, mediante esta integración se mejora los resultados de la etapa de planificación del proyecto mediante la detección temprana de problemas y restricciones, logrando la reducción de desperdicios.

(Mir Shariq Jowwad y G. Gangha and B. Indhu, 2017) publicaron un estudio sobre la implementación del six sigma para la mejora de construcción de carreteras, ahí nos exponen sobre el enfoque de estudio cuantitativo que se ha adoptado para identificar los atributos que contribuyen a una serie de problemas de calidad (desviaciones y variaciones) y los desechos en el proceso de construcción de un proyecto de carretera, por lo tanto, esta debe reducirse mediante la aplicación de los métodos adecuados de herramientas Six Sigma. Aquí la aplicación del enfoque DMAIC proporciona una información sistemática y actúa como una hoja de ruta para los gerentes de proyecto al definir y abordar los problemas y objetivos utilizando al proyecto mismo, además se analiza las causas fundamentales para identificar las posibles causas de efectos específicos y para desarrollar planes y evaluar los procesos utilizando el método FMEA.

(Francisco Ribes García, 2014), nos habla de que el Seis Sigma es un método que consiste principalmente en mejorar la calidad y la gestión del tiempo en los proyectos. En el

sector construcción, cada edificio es un ejemplo para la industria de la tecnología de la información, lo que significa que mejorar el tiempo y la calidad en la industria de la construcción puede ser complicado. El objeto del estudio es que el Seis Sigma puede obtener una mejor gestión de tiempo y calidad dentro del sector de la construcción de edificios. Según el principio Seis Sigma, el objetivo es encontrar los defectos en las áreas, este principio puede reducir los defectos, minimizar los accidentes y minimizar el desperdicio de dinero, centrándose en la gestión de la calidad. Esta investigación concluyó que Seis Sigma puede perfeccionar y mejorar proyectos habituales y determinados en tiempo y calidad.

(Elías Escobar Carhuancho, 2016), en su trabajo de tesis de pregrado nos describe la forma de mejorar los procesos de encofrado y vaciado de concreto para edificios construidos en el sistema de muros de ductilidad limitada. El mejoramiento de estos procesos lo realiza mediante la metodología Six Sigma, la cual se adapta idóneamente ya que estos procesos son repetitivos y no tiene demasiada variación de volúmenes de trabajo. El proyecto en estudio es un edificio residencial en donde estos procesos de mejoramiento se enfocan en mejorar la calidad del producto, se identifican los problemas, se disminuye los defectos y se logra la mejora continua de los procesos constructivos, aquí se implementó la herramienta DMAIC del Six Sigma las cuales son el Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Y al final en una de las conclusiones nos plantea que los defectos y su posterior corrección y reparación representan un costo del 6% del proceso constructivo, lo cual nos muestra que es importante tratar de lograr el mejoramiento continuo.

Según (Heriberto Jiménez y Carmena Amaya, 2014) publicaron un estudio en la Revista Chilena de Ingeniería sobre un enfoque metodológico para la implementación de Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas, en la cual se abordó aspectos como la falta de sistemas de medición, el uso de indicadores de gestión, la falta de alineación entre los proyectos de lean six sigma y objetivos estratégicos. También menciona la articulación de los proyectos

con las necesidades y expectativas de los clientes; y la dificultad para ejecutar los proyectos lean six sigma de forma sistemática, lo que garantice una correcta solución de las problemáticas abordadas. Al final de la investigación se demostró que la metodología propuesta generó un impacto positivo en lo financiero y operacional de las empresas, la evaluación de los resultados en los proyectos muestra que aún se deben generar cambios para lograr mejores resultados, algunos de estos cambios son: generar mayor compromiso de la dirección y el personal con la implementación de las acciones propuestas, implementar procesos de capacitación y entrenamiento de los operarios del área de producción.

De acuerdo a (Raid Al Aomar, 2012) publicó un estudio en la International Journal of Lean Six Sigma sobre la aplicación de las practicas del lean construction con un marco que incorpore la calificación six sigma, su objetivo fue ayudar a la industria de la construcción a reducir desperdicios y los costos, así como aumentar la efectividad y la calidad de ella. En el estudio se utilizó un enfoque de planificación y ejecución de anticipación cíclica para implementar las técnicas de lean construction, así también se utilizó un conjunto de indicadores de rendimiento Lean Six Sigma (LSS) para medir el rendimiento, establecer valores de umbral objetivo y guiar acciones de mejora. La evaluación la realizo en obras de construcción en Abu Dabhi- Emiratos Árabes Unidos, la cual nos muestra que existen diversos tipos de contratiempos con los que se lidia, la más común son errores y correcciones y en menor medida el sobre procesamiento y los retrasos en obra. Todo esto nos proporciona un sistema de medición periódica eficaz de la efectividad del proyecto la cual debe poder mejorar el desarrollo de los proyectos.

2.2. Lean Construction

Lean Construction o construcción sin pérdidas es una manera de gestionar la producción, que tiene por objetivo aumentar la productividad teniendo una orientación en

satisfacer las necesidades de los clientes. Fue desarrollada como resultado de la aplicación del Lean Production al sector de la construcción.

En principio, lo que diferencia a la construcción sin pérdidas de las prácticas convencionales es su enfoque en las pérdidas y en la reducción de las mismas. El segundo punto fundamental es el manejo del modelo de flujos planteados por Koskela (1992) en contraposición del modelo de conversión. El modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no permite ver. En vez de mejorar únicamente los procesos, la nueva filosofía apunta a mejorar tanto los procesos como los flujos (Ballard 1994). Por lo tanto, la teoría de construcción sin pérdidas requiere fortalecer los sistemas de gestión de producción, así como los procesos de producción en sí, centrando su trabajo en el manejo de un sistema adecuado de planificación operacional y diseño de procesos.

Esta filosofía del lean construction considera los siguientes elementos:

2.2.1. Identificar actividades que no agregan valor.

Se identifican las actividades que no agregan valor y se tratan de reducir y en el mejor de los casos suprimir para lograr mayores ganancias al proyecto, ya sea en costo, tiempo, etc. Por lo que identificar estas actividades es fundamental para minimizar las pérdidas.

2.2.2. Incrementar el valor del producto.

Los resultados que se obtienen al eliminar las pérdidas deben direccionarse en incrementar el valor del producto para el cliente, esto se puede lograr poniéndonos en su lugar y hacer que nuestro producto equipare y en el mejor de los casos supere las expectativas que estos tienen sobre el producto.

2.2.3. Reducir la variabilidad.

Podemos definir la variabilidad para el caso de los proyectos de construcción como la ocurrencia de eventos distintos a los previstos por efectos internos y externos al sistema. Estos

son aleatorios y no se pueden predecir ni eliminar en su totalidad y según el lean construction una sus metas es lograr la reducción de esta.

2.2.4. Reducir el tiempo del ciclo.

La reducción del tiempo que dura un ciclo se da con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, la cual nos dice que si dividimos nuestra producción (lote de producción) en lotes pequeños (lotes de transferencia) que se van transfiriendo de proceso a proceso, nuestro ciclo tendrá una duración menor que si insertamos todo el lote en un solo proceso y esperamos a que el paquete completo esté listo para el siguiente proceso o actividad.

2.2.5. Simplificación de procesos.

Consiste en mejorar el flujo por medio de la disminución de los procesos involucrados para que de esa manera controlar mejor los procesos y reducir la variabilidad y el costo de realización de cada proceso.

2.2.6. Just in Time.

Just in time (justo a tiempo) tiene un pensamiento simple, que el inventario es una pérdida para la producción porque genera costos innecesarios, por tal motivo el lean production trata de reducirlo al máximo gestionando de manera adecuada el abastecimiento de materiales cuando esta se requiera.

2.2.7. Buffers.

Se plantea el uso de Buffers para contrarrestar los efectos de la variabilidad que escapan del sistema Last Planner.

- **Buffer de Inventario:** Es tener una cantidad mayor a la necesaria de materiales y/o equipos para que el flujo no se detenga cuando falte algún recurso.
- **Buffer de Tiempo:** Es un colchón de tiempo en el proyecto que se usara en el caso de que haya complicaciones y de esa manera no salirnos del plazo establecido.

- **Buffer de Capacidad:** Estos son partidas no críticas de la obra que se dejan de realizar para que se ejecuten cuando sea necesario ya sea colocando personal sobrante por no tener frente o colocando materiales excedentes.

(Guzmán, A. (2014). *Aplicación de la filosofía lean construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. Tesis de ingeniero no publicada. PUCP. Lima. Perú.)

2.2.8. Mejoramiento continuo.

Según (Guzmán, A. (2014), es un principio basado en la filosofía japonesa Kaisen, esta se basa en identificar las causas de no cumplimiento de las actividades para lograr solucionarlas en los próximos proyectos y así ir mejorando continuamente. Se puede definir como una relación entre la producción que se obtiene por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla.

Según estudios sobre la ocupación del tiempo de los trabajadores en la construcción se consideró que los trabajadores pueden realizar tres tipos de actividades (Serpell, 2002):

2.2.8.1. Trabajo Productivo (TP).

Son actividades aportan directamente a la producción de algún proceso de construcción. Ejemplo, vaciado de concreto, encofrado, asentado de albañilería, etc.

2.2.8.2. Trabajo Contributivo (TC).

Corresponde a todo trabajo de apoyo y es el trabajo que es necesario para que se pueda realizar el trabajo productivo, pero este no aporta de forma directa al valor del proceso de construcción. Ejemplo, recibir y dar indicaciones, transporte en buguis, etc.

2.2.8.3. Trabajo No Contributorio (TNC).

Es toda actividad realizada por el trabajador y que no está catalogada dentro de las anteriores categorías, estas se consideran pérdidas y tienen un costo, además no agregan valor por lo que se debe eliminar para mejorar el proceso productivo. Eje. esperas, descansos, etc.

2.3. Sistema de Producción Efectivo

La filosofía Lean Construction propone una metodología para generar un sistema de producción efectivo, el cual tiene que cumplir con 3 objetivos según orden de prioridad:

2.3.1. Asegurar que los flujos no paren.

En esta etapa que es la más importante la filosofía lean construction propone centrarnos en que el flujo sea continuo, sin preocuparnos de la eficiencia de los flujos y procesos. Esto se debe a que al tener flujos continuos el trabajo no se detendrá y podremos observar las fallas en cada proceso y los flujos entre estos para eliminarlos como siguiente medida.

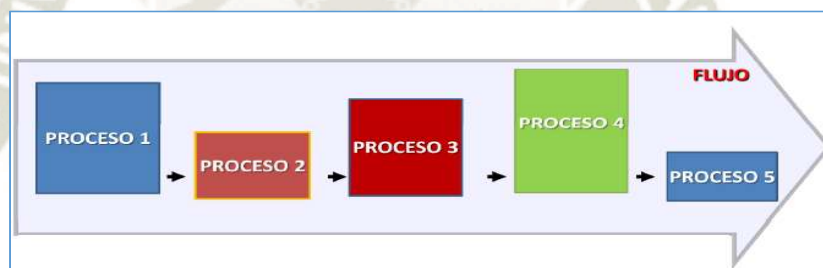


Figura 1: Flujos no paren (Fuente: Apuntes de tesis-Pontificia Universidad Católica del Perú, Guzmán A. (2014))

Como se puede apreciar en la imagen se alcanza una continuidad del proceso general, pero se detecta que tienen pérdidas debido a que la capacidad de producción en cada proceso es distinta y por consiguiente también lo son los flujos.

2.3.2. Lograr Flujos eficientes.

Es el segundo objetivo que se tiene que cumplir para tener un sistema de producción efectivo y se logra dividiendo el trabajo total en partes iguales entre los procesos, para que de esa forma tener procesos y flujos balanceados. Para lograr esto se utilizan los principios de física de producción.

2.3.2.1. Física de producción.

Aquí se utiliza la teoría de restricciones según los cuales se debe de balancear los flujos entre procesos ya que todo el sistema está limitado por el proceso que genera el menos flujo y es ese proceso el que determina la capacidad de producción de todo el sistema.

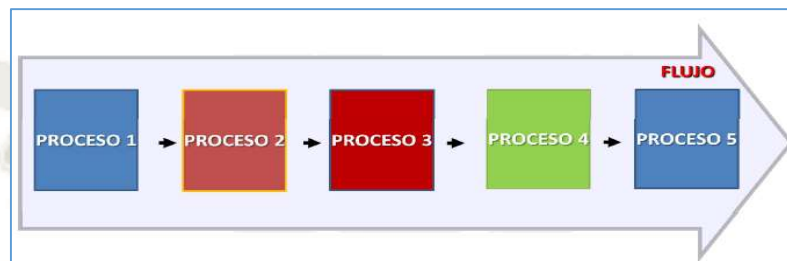


Figura 2: Flujos Eficientes (Fuente: Apuntes de tesis-Pontificia Universidad Católica del Perú, Guzmán A. (2014))

2.3.3. Lograr procesos eficientes.

El tercer paso para alcanzar el sistema de producción efectivo que busca la filosofía Lean Construction es lograr que los procesos sean eficientes, lo cual se hará en base a la optimización de procesos con las herramientas que propone la filosofía Lean.

2.3.3.1. Optimización de Procesos

La herramienta que se presenta para alcanzar esta optimización en cada proceso son las cartas de balance, y utilizando estas herramientas se puede entender el estado de un proceso y la forma de optimizarlo.

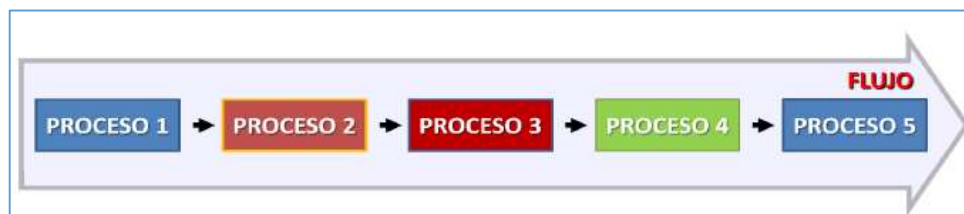


Figura 3: Procesos Eficientes (Fuente: Apuntes de tesis-Pontificia Universidad Católica del Perú, Guzmán A. (2014))

De acuerdo a la imagen lo que se gana con este último objetivo es dimensionar adecuadamente los procesos y recursos eliminando el desperdicio dentro de cada proceso y logrando que todo el sistema de producción sea efectivo, ya que se tendrá un flujo continuo con procesos eficientes.

(Guzmán A. (2014). *Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación de proyectos*. Tesis de ingeniero, PUCP, Lima, Perú)

2.4. Last Planner System

En el Last Planner o último planificador, normalmente el capataz o jefe de obra, se describe como la última persona capaz de tomar las decisiones que aseguren el flujo de trabajo. LPS faculta al último planificador (la persona que asigna las tareas de trabajo directamente a los trabajadores) establecer compromisos de entrega en base a la situación real de un puesto de trabajo, en lugar de hacerlo en base a los planes teóricos. Se trata de un sistema Pull en lugar de un sistema Push porque es la actividad última en la cadena o flujo de valor la que marca el ritmo y tira de la demanda y no a la inversa como ocurre en el sistema tradicional, en la que se asigna el trabajo tan pronto se haya liberado el proceso anterior, generando cuellos de botella, exceso de inventario y esperas, entre otros desperdicios.

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



Figura 4: Formulario de asignación (Fuente: *Introducción al Lean Construction*, Pons J.F. 2014)

El LPS es un método de control de productividad que integra “lo que debería hacerse”, “lo que se puede hacer”, “lo que se hará”, “lo que se hizo realmente” en la planificación y asignación de tareas al proyecto que se ejecuta tratando de entregar un flujo de trabajo confiable y de aprendizaje rápido.

El LPS crea un sistema que garantiza que el personal este cumpliendo sus compromisos planteados cada semana; esto permite la eliminación de programas de relleno, planes de contingencia, exceso de inventarios y otras actividades que no añaden valor.

Todo esto da como resultado mejoras en la calidad, menores costos y menor tiempo de instalación en el lugar de trabajo, también permite que los proyectos terminen en los plazos establecidos, logrando ahorrar costos.

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



Figura 5: Fases ultimo planificador (Fuente: *Introducción al Lean Construction*, Pons J.F. 2014)

El Plan maestro nos da una visión general de los plazos e hitos del proyecto. Una vez que el plan está completo, se deja a un lado y se trabaja en la planificación por fases para cada hito. Seguidamente se crea un plan colaborativo para entregar cada fase del proyecto, lo que

será el sistema de producción para entregar el proyecto. Aquí se crea la planificación por fases del proyecto para todo el proyecto.

Esto nos lleva a realizar un Look Ahead Plan (LAP) o planificación intermedia, que idealmente tiene un alcance de seis semanas. El LAP permite al equipo anticipar y obtener todo lo que necesita para realizar y completar el trabajo, permitiendo tenerlo todo listo para empezar cuando lo indique la planificación por fases. Además, los involucrados generan un plan semanal para identificar lo que se puede hacer en relación con lo que se debe hacer y lo que se hará para la siguiente semana. Ballard (2014), añadió al modelo Last Planner el PPC (Plan Percent Complete) para comprobar el cumplimiento de la planificación semanal y medir la eficiencia de la planificación operacional.

2.5. Six sigma

Six Sigma (6σ) es una estrategia de mejora continua que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos del negocio. Asimismo, tiene tres áreas prioritarias de acción: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos. además, está compuesta por cinco fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Actualmente muchas de las organizaciones cuentan con este sistema como estrategia de negocio para aumentar su rentabilidad y mejorar la calidad de sus productos y servicios.

Seis Sigma es una metodología basada en cinco principios:

- Enfoque al cliente, Centrado en los procesos, Metodología para la realización de proyectos, Estructura organizacional, Lucha contra la variación.

La meta de 6σ , que le da el nombre, es lograr procesos con una calidad Seis Sigma, es decir, que como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades. Esta meta se

pretende alcanzar mediante un programa vigoroso de mejora, diseñado e impulsado por la alta dirección de una organización, en el que se desarrollan proyectos 6σ a lo largo y ancho de la organización con el objetivo de lograr mejoras, así como eliminar defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

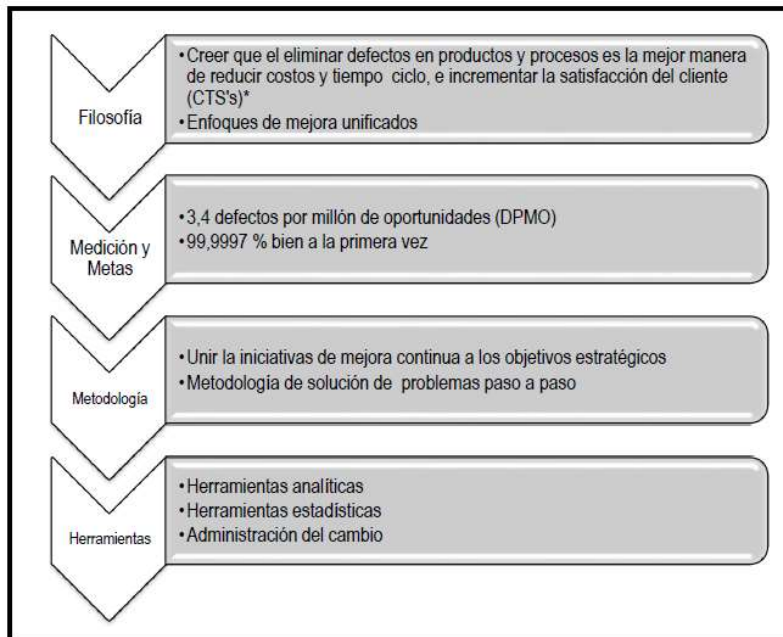


Figura 6: Fases de trabajo Six sigma (Fuente: Apuntes de tesis- Universidad Nacional del Centro del Perú, Aguirre, R.C. (2015))

En la terminología de control de calidad, al hablar de seis sigma se está midiendo el número de sigmas que se incluyen dentro del intervalo definido por los límites de especificación superior e inferior; cuando sigma es pequeño mayor es el número de las mismas que caben dentro de las especificaciones y, en consecuencia, menor es el número de unidades defectuosas (Neyra Aarón, y Rodríguez Elmer, 2018).

2.5.1. Los costos de la calidad.

Esta es una cuestión que muchas empresas no encuentran respuesta. La mayoría piensa que muy poco y otros que demasiado, llegando hacerse común las siguientes expresiones: "no podemos regalar calidad" o "mejorar nuestra calidad le costará demasiado al cliente". En

muchas empresas promedio (tres sigmas) el costo de entregar productos y servicios puede llegar hasta el 40,0 % de las ventas.

Ahora el costo de la calidad puede ser definido en cuatro categorías: fallas internas, fallas externas, aseguramiento y prevención. Cada una de estas categorías puede incluir los siguientes elementos:

- **Fallas Internas:** Desperdicio (scrap) y retrabajo de los proveedores. Aquí da como consecuencia mayores niveles de inventario y largos tiempos de ciclo.
- **Fallas Externas:** Costo para el cliente (debido a los defectos), costos de garantía y servicio, ajustes por reclamos y material retornado o devuelto.
- **Aseguramiento:** Inspección, pruebas y ensayos, auditorías de calidad, costo inicial y de mantenimiento de los equipos de pruebas y ensayo.
- **Prevención:** Planeación de calidad, planeación de procesos, control de procesos y entrenamiento.

Adicionalmente, se deben considerar los costos asociados a los esfuerzos y programas para mejorar la calidad y especialmente los costos de oportunidad de producir más con los mismos activos y menos recursos dedicados a corregir defectos y apagar incendios.

(Treviño, E.G. 2004, *Proyecto Seis sigma*, Tesis de Arquitecto no publicado, UANL, León, España).

2.5.2. Los seis principios filosóficos del Six sigma.

Primer principio: Enfoque al cliente externo e interno. - El mejoramiento continuo que se adecue a cada organización tiene como prioridad fundamental satisfacer en forma integral al cliente tanto interno como externo.

Segundo principio: Análisis sujeto a la información veraz y oportuna. - En el método Six Sigma se debe analizar y procesar la información de manera eficaz.

Tercer principio: Enfoque basado en procesos. - Al igual que las normas de aseguramiento de calidad ISO el método Six Sigma se orienta a las condiciones presentes del proceso.

Cuarto principio: Actitud preventiva. - El método Six Sigma implica asumir una actitud preventiva y crítica de cada una de las actividades que posee un proceso.

Quinto principio: Trabajo en equipo. -El trabajo en equipo en una empresa es esencial entre sus miembros, provocando un análisis acertado de las situaciones que se presentan en las diversas actividades que se presenta en el proceso.

Sexto principio: Mejoramiento continuo. - La meta primordial de una empresa es satisfacer al cliente y se logra mediante una política de mejoramiento continuo de cada uno de los procesos.

(Aguirre, R.C. 2015, *Gestión de mantenimiento mediante Six Sigma*, Tesis de Doctor no publicado, UNCP, Huancayo, Perú).

2.5.3. Metodología del Six sigma

Las herramientas utilizadas por Six Sigma se desarrollan en el marco del modelo conocido como DMAIC (sigla en inglés que significa definir, medir, analizar, mejorar y controlar). Estas fases que caracterizan la metodología Six Sigma, están claramente definidas:

- **Definir (Define).** Primero se plantea el problema, se especifica el objetivo o meta que se pretende alcanzar, y se identifican los elementos que intervienen en el proyecto.
- **Medir (Measure).** En segundo lugar, se obtiene información sobre la situación actual del proceso que se evalúa, con el fin de detectar las causas reales de los problemas.
- **Analizar (Analyze).** A partir de los datos, y usando métodos estadísticos, se procede a su análisis e interpretación.

- **Mejorar (Improve).** Decidir y diseñar las acciones de mejora que hay que implementar para atacar las causas de los problemas de modo que el proceso alcance los resultados esperados.
- **Controlar (Control).** Realizar un seguimiento de las acciones de mejora y comprobar sus resultados. (Neyra Aarón, y Rodríguez Elmer, 2018).

2.5.4. Herramientas de Six sigma

2.5.4.1. Diagrama de SIPOC

Es un diagrama gráfico que permite la representación de un proceso a mejorar, ayuda a la comprensión de la interrelación y delimitaciones de proceso.

La palabra SIPOC es un acrónimo compuesto por los siguientes elementos:

Supplier (proveedor): Puede ser la persona, personas o proceso que proporciona las entradas.

Input (entrada): Material, información, datos, documentación, servicio que se necesita para realizar las actividades del proceso.

Process (proceso): Una secuencia de actividades que añaden valor a las entradas para producir las salidas.

Output (salida): Producto, servicio, información, documentación que es importante para el cliente.

Customer (cliente): Persona(s) o proceso que requiere de la salida para poder satisfacer con sus necesidades.

(Neyra, A.D. 2018, *Análisis y adecuación de herramienta Six Sigma y metodología LBMS para el control y mejora de procesos en carreteras*, Tesis de Ingeniero No publicado, UCSM, Arequipa, Perú).

2.5.4.2. Diagrama causa-efecto o de Ishikawa

Este diagrama representa gráficamente los factores que afectan a un problema de calidad, por lo que se debe buscar las soluciones correspondientes. Con él se pretende conseguir todas las causas que estén relacionadas con el efecto.

(Almudeber, C. 2012, *Implementación de la filosofía Six Sigma en la construcción*, Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia).

2.5.4.3. Diagrama de Pareto.

Es un diagrama de barras en donde se ordenan de mayor a menor, de tal manera que las barras queden ordenadas por importancia, así podemos medir la incidencia de la característica que indica la barra. Resaltando los asuntos que tienen más importancia en el conjunto del problema. Todo esto nos permite observar el peso de cada característica de calidad en el producto final.

(Almudeber, C. 2012, *Implementación de la filosofía Six Sigma en la construcción*, Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia).

2.5.4.4. Diagrama de flujo.

Un diagrama de flujo es un diagrama que describe un proceso, sistema o algoritmo informático. Se usan ampliamente en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender.

Los diagramas de flujo emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso, junto con flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia, estos a veces se denominan con nombres más especializados, como "diagrama de flujo de procesos", "mapa de procesos", "diagrama de flujo funcional", "mapa de procesos de

negocios", o "diagrama de flujo de procesos", todo esto debe darnos una idea de cómo podemos mejorar o que pasos debemos seguir para controlar y optimizar nuestros procesos.

(LucidChart (2014). *Que es un diagrama de flujo*. Recuperado de <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>)

2.5.4.5. Nivel Sigma.

El nivel sigma corresponde a cuantas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso.



Capítulo III: Propuesta Metodológica

3.1. Metodología y diseño

La finalidad de proponer el diseño que pueda integrar las metodologías del Lean Construction y Six Sigma se da como motivo de dar una visión más amplia que contemple enfoques nuevos que no se consideran en las metodologías mencionadas cuando se desarrollan de manera individual en los proyectos. La presente propuesta busca mejorar los procesos de productividad de obra que existen actualmente en el mercado local, ya que como la mayoría de empresas medianas del sector aun utilizan métodos tradicionales a la hora de ejecutar sus proyectos.

Esto nos permitirá implementar un control integrado de cambios que permitan actualizar permanentemente la estructura de cómo llevamos el proyecto; así también nos apoyaremos en las herramientas de Valor Ganado con la finalidad de analizar el comportamiento del proyecto de manera integrada y la influencia de la productividad en ella.

La integración contempla como columna vertebral las etapas de Implementación del Lean construcción-Last Planner, en la cual en cada etapa se ira acoplando la Metodología DMAIC del Six Sigma con sus herramientas que esta nos ofrece, así como los diseños propuestos por esta investigación, todo esto tendrá una secuencia metodológica que se presentara en el cuadro que se adjuntara más adelante; al final esta metodología y el diseño de implementación de los procesos nos permitirá lograr optimizar la productividad que se tiene en obra y esto dará como consecuencia mejores utilidades en el proyecto. A continuación, se indica los procesos que participaran en la implementación articulada de las 2 metodologías de estudio, las conocidas y las propuestas:

A. Lean Construcción:

- a. Asegurar que los flujos no paren (Reducir la variabilidad, Last planner)
- b. Lograr flujos eficientes (Análisis de Restricciones)

- c. Lograr procesos eficientes (Estudios de productividad)

B. Six Sigma:

- a. Definir (Actualizar la planificación, Acta variabilidad)
- b. Medir (Sub contratación, Eliminar de Variabilidad)
- c. Analizar (Capacitación de personal)
- d. Mejorar (Cuantificación de defectos)
- e. Controlar (Mejora de procesos y productividad)

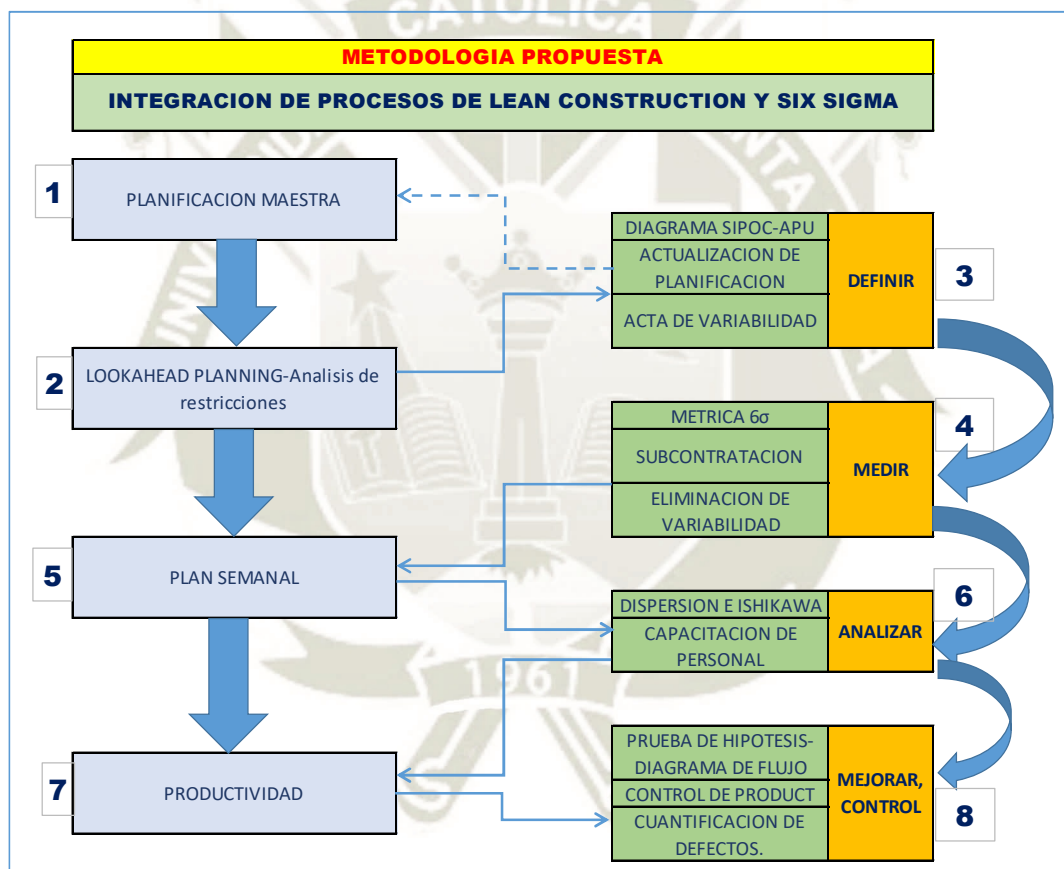


Figura 7: Diseño de procesos (Fuente: Propia)

3.1.1. Secuencia metodológica del diseño de procesos

La implementación de los procesos iniciara con la metodología lean construcción; una vez que se tenga claro el proyecto y los alcances a evaluar, se procederá a implementar todos los procesos planteados, aquí se irá incorporando cada etapa de la metodología DMAIC y sus

herramientas, los cuales son detallados en el subcapítulo Six Sigma que se verá más adelante, además se integraran a ella los procesos propuestos que deben complementar a las herramientas de las fases DMAIC y finalmente todo se englobara en una sola cadena de procesos. A continuación, se describe la secuencia del diseño planteado en la figura 17, el cual a un lado está la parte lean construcción y en la otra las fases DMAIC del Six sigma.

3.1.1.1. Planificación maestra y reducción de variabilidad.

La planificación maestra será el inicio de la implementación propuesta, este cronograma deberá englobar todas las actividades que están dentro del alcance del proyecto, tomando en cuenta el largo plazo, será nuestra referencia de cómo debemos ir operando a lo largo del proyecto. Y para comenzar a plasmar esta planificación se debe en lo más posible reducir la variabilidad mediante la implementación de buffers u otras alternativas.

A continuación, se mostrará un cronograma típico de obra el cual utiliza el diagrama de Gantt para poder representar las actividades que se deben realizar y la duración de estas, así como la secuencia y relación que deben tener estas actividades, esto nos permitirá tener las metas que debemos cumplir a la hora de ejecutar el proyecto.

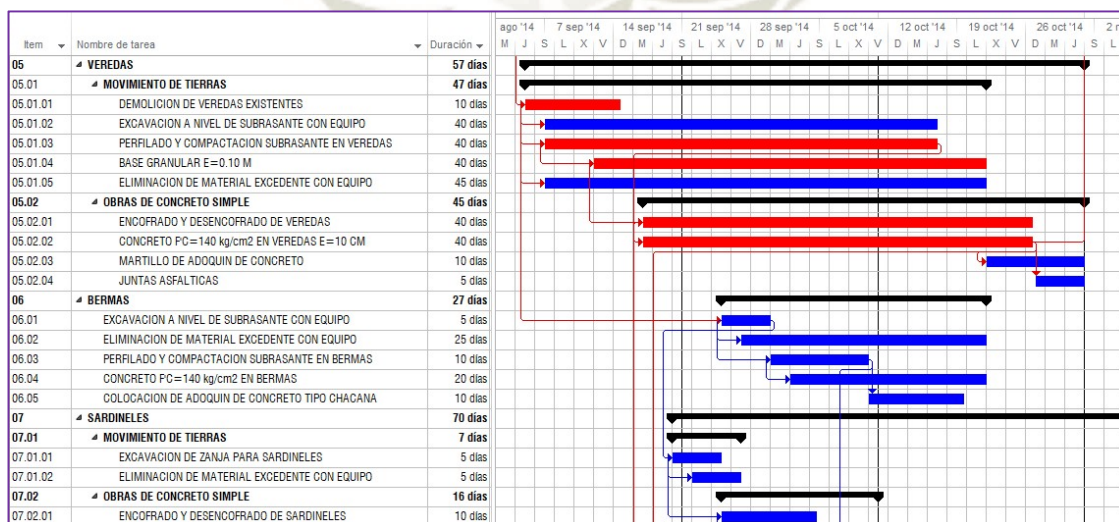


Figura 8: Diagrama de Gantt (Fuente: Propia)

porcentaje de incidencia en mano de obra, materiales y equipos, así como también el rendimiento teórico en el cual se basa los trabajos planificados, con esta información se puede establecer los criterios a la hora de ajustar y reducir los costos, tratando de mejorar el rendimiento o compatibilizando materiales que pueden tener mejor costo e igual calidad.

DIAGRAMA SIPOC				
PROVEEDORES (SUPPLIER)	ENTRADA (INPUT)	PROCESO (PROCESS)	SALIDA (OUTPUT)	CLIENTE (CUSTOMER)

Figura 11: Diagrama SIPOC (Fuente: Propia)

Partida	07.03.01	NOMBRE DE LA PARTIDA	Rend:		
Código	Descripción Insumo	Unidad Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra				
	Materiales				
	Equipo				
				Costo Unitario por kg :	

Figura 12: Análisis de precios unitarios (Fuente: Programa Presupuestos v4.00)

3.1.1.4. Actualización de planificación y acta de variabilidad.

Luego de realizar el Lookahead planning y el análisis de restricciones, si se presentara inconvenientes que podrían alterar el correcto desarrollo de las actividades, así como el cronograma sería necesario plantear una actualización de la planificación para poder así corregir los defectos encontrados, y una vez logrado modificar y adecuar la planificación se procede nuevamente realizar el Lookahead planning y un nuevo análisis de restricciones. El acta de variabilidad establecería los incidentes que estén fuera de la previsión que se tiene a la

hora de realizar la planificación, y sería de conocimiento de todos los interesados para que se pueda lograr su absolución, y que además queda como respaldo documentario. Esta etapa estaría enmarcada dentro la etapa DEFINIR de la metodología Six Sigma, ya que establece parámetros que deben quedar definidos para evitar defectos futuros y corregirlos.

ACTA DE VARIABILIDAD		ESTRUCTURAS		
		Revisión: 0		
NOMBRE DEL PROYECTO:		CÓDIGO:		
DESCRIPCION DEL ELEMENTO				
CAUSAS DE VARIABILIDAD		AREA ENCARGADA DE REVISION		
JUSTIFICACION DE VARIBILIDAD				
AREAS COMPROMETIDAS C/IMPLEMENTACION		COMUNICAR A LAS AREAS:		
FECHA DE OCURRENCIA DE VARIBILIDAD				
CLIENTE				
PLANOS				
INCOMPATIBILIDAD				
REQUERIMIENTOS PARA RESOLVER VARIABILIDAD				
EFECTOS EN EL PROYECTO				
APROBADO POR:		FECHA DE APROBACION:		

Figura 13: Formato de acta de variabilidad (Fuente: Propia)

GESTION DE SUBCONTRATISTAS					ESTRUCTURAS			
					Revisión:	0		
NOMBRE DEL PROYECTO:					CODIGO:			
ÍTEM	NOMBRE DEL SUBCONTRATISTA	AREA	EXPERIENCIA	PROBAB ILID.	OFERTA MAYOR AL ORIGINAL	PLAZO DE CUMPLIMIENTO	TOTAL	RESULTADO

Figura 15: Formato gestión de subcontratistas (Fuente: Propia)

ELIMINACION DE VARIABILIDAD							ESTRUCTURA	
							Revisión:	0
NOMBRE DEL PROYECTO:							CODIGO:	
ITEM	DESCRIPCION	DURACION DE LEVANT.	COMPLEJIDAD	VERIFICACIÓN	RESPUESTA	FECHA ENTREGADA	PLANE DE CONTINGENCIA	

Figura 16: Formato de eliminación de variabilidad (Fuente: Propia)

3.1.1.6. Métricas Seis sigmas.

Esta herramienta nos permite medir los defectos que encontramos en los diferentes trabajos que se realizan a medida que avanza el proyecto, el cual permitirá clasificar la actividad evaluada en el cuadro de niveles sigma, esto nos dejara tomar acciones para poder corregir e ir mejorando en los procesos constructivos que se realizaran posteriormente, esto a su vez contribuirá a poder cumplir con las metas semanales de programación que se plantearon y contribuirá a lograr la curva de aprendizaje.

NIVEL EN SIGMA	DPMO	RENDIMIENTO
6	3.40	99.9997 %
5	233.00	99.98 %
4	6.210,00	99.3 %
3	66.807,00	93.3 %
2	308.537,00	69.15 %
1	690.000,00	30.85 %
0	933.200,00	6.68 %

Figura 17: Niveles Sigma (Fuente: Internet)

3.1.1.7. Planificación semanal.

Una vez establecido los subcontratistas y haber eliminado la variabilidad, se procede a establecer la planificación semanal, esta etapa pertenece al lean construction y está enmarcada dentro del método del ultimo planificador ya que es el último nivel donde se toman decisiones y que luego se da el visto bueno para iniciar los trabajos correspondientes, aquí se detallará todos los trabajos de la semana y que se deben cumplir a cabalidad ya que ya no tienen alguna restricción que los afecte.

PLAN SEMANAL						ESTRUCTURAS							
NOMBRE DEL PROYECTO:						Revisión:	0						
						Fecha:	2/07/2018						
						CODIGO:							
						1							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	METRAD O TOTAL	METRAD O PROGR.	% AVANC E	JULIO							
						L 02	M 03	M 04	J 05	V 06	S 07	D 08	

Figura 18: Formato de planificación semanal (Fuente: Curso Productividad-MGC-UCSM)

3.1.1.8. Diagrama de dispersión e Ishikawa.

Una vez que se complete los trabajos realizados en la semana de las partidas planificadas, se puede con la información obtenida hacer un diagrama de dispersión que nos muestre el grado de correlación entre los HH y los M2 de avance, y con el diagrama de Ishikawa

podemos analizar el motivo de las actividades que tienen una productividad baja, para poder así dar soluciones que mejoren los trabajos y que se puedan corregir posteriormente.

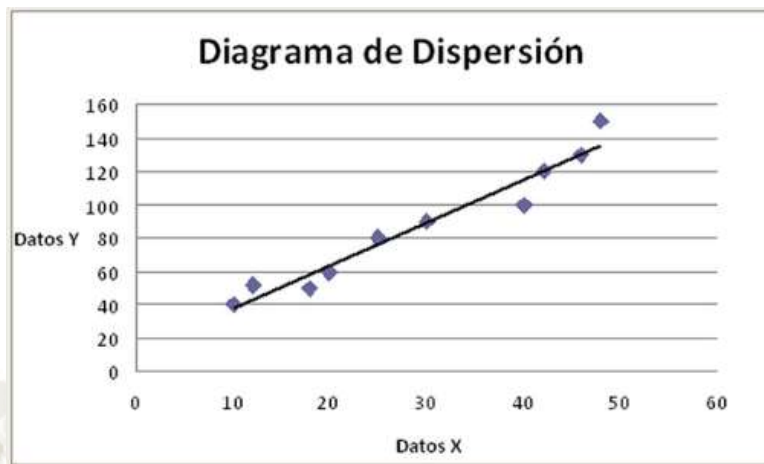


Figura 19: Diagrama de dispersión (Fuente: Internet)

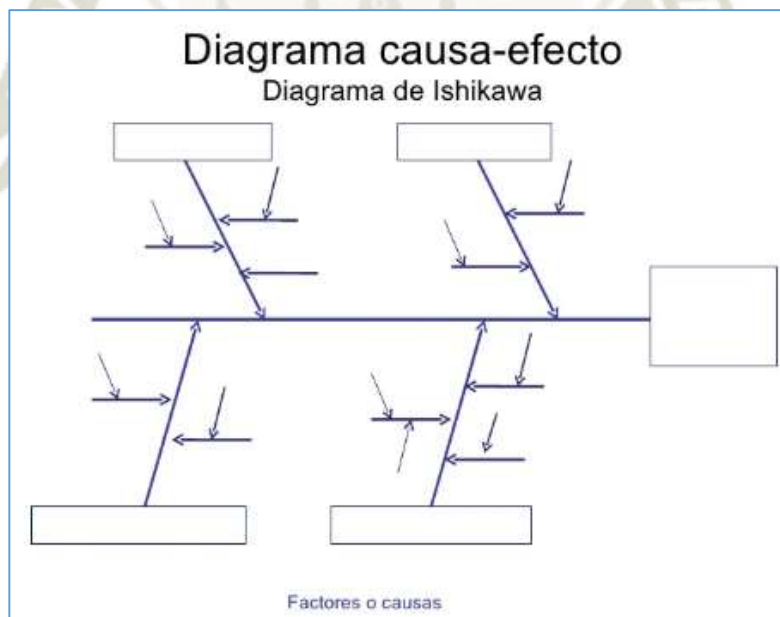


Figura 20: Diagrama de Ishikawa (Fuente: Internet)

3.1.1.9. Capacitación de personal.

Después de realizar los análisis descritos, la planificación semanal, y la subsiguiente evaluación del avance de obra con sus posibles causas y efectos, se debe realizar una capacitación de personal de acuerdo a un cronograma y a los requerimientos necesarios que

establezca la dirección del proyecto con respecto a los trabajadores, ya que al ser la mano de obra fundamental en todo proyecto esta debe estar en permanente capacitación, esto no se debe considerar un gasto sino más bien una inversión ya que el tener trabajadores más capacitados se tendrá un mejor desenvolvimiento. Esta etapa está enmarcada en la metodología six sigma y pertenece a la fase ANALIZAR, ya que la capacitación lograra analizar las capacidades del personal además de sus fortalezas en beneficio del proyecto.

DESCRIPCION DE LA CAPACITACION			
Título de la capacitación			
Motivo de la capacitación al personal			
Fecha 	Área encargada	Profesional Encargado	
Temas a tratar en la capacitación:			
Cronograma de la capacitación:			
Participantes:	Categoría	Edad	Fecha de Ingreso a obra
INFORMACIÓN SOBRE EL PLAN Y PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN, ADIESTRAMIENTO Y PRODUCTIVIDAD			
Objetivos del plan de capacitación Señalar del 1 al 5 en donde 1 es el más importante		Modalidad de la capacitación Marcar con una X la modalidad correspondiente	
Actualizar y perfeccionar conocimientos y habilidades y proporcionar información de nuevas tecnologías	<input type="checkbox"/>	Plan y programas específicos de la empresa	<input type="checkbox"/>
Prevenir riesgos de trabajo	<input type="checkbox"/>		
Incrementar la productividad en obra	<input type="checkbox"/>		

Figura 21: Formato de Capacitación (Fuente Propia)

3.1.1.10. Productividad.

Después de realizar todos los lineamientos anteriores, se procede a realizar el control de la productividad en cada etapa de la ejecución del proyecto, aquí se utilizará herramientas

como el porcentaje de plan cumplido, en el cual se evaluará las partidas que se cumplieron de acuerdo a la planificación y las que no con sus respectivas causas y medidas correctivas. Con esto se procederá a evaluar la productividad de cada una de las partidas que se tiene de acuerdo al alcance del proyecto, esto lo realizaremos con las cartas balance que nos dará un mayor detalle de los tiempos productivos de cada partida.

ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO											ESTRUCTURAS						
NOMBRE DEL PROYECTO:											Revisión:	0					
											Fecha:	2/07/2018					
											CODIGO:		1676				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	JUNIO							METRADO				ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO			
			L 25	M 26	M 27	J 28	V 29	S 30	D 01	PROGR.	EJEC.	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA	

Figura 22: Formato Porcentaje Plan Cumplido Fuente: Curso Productividad-MGC-UCSM)

3.1.1.11. Diagrama de flujo, Cuantificación de defectos y control de productividad.

Luego de establecer las causas de la baja productividad, procedemos a establecer parámetros que puedan subsanar este inconveniente mediante diagramas de flujos que establezcan la secuencia de las actividades en cada proceso constructivo evaluado, y así poder ir mejorando continuamente a lo largo del proyecto.

Mientras se realiza la evaluación de la productividad con las herramientas descritas, se debe proceder a realizar un control y mejora de todos los defectos que se pudieran encontrar en los diferentes trabajos que se están realizando mediante un registro donde se indique el grado de incidencia de estos, los trabajos al ser repetitivos en cada nivel deberían ir mejorando como parte de la curva de aprendizaje del proyecto, el control de la productividad se realizara mediante un reporte cada semana para poder ver la evaluación de las partidas trabajadas y tener un registro además de una tendencia con la que se puede tomar futuras decisiones, todo esto mejorara la productividad y lograra controlar las posibles desviaciones del alcance del proyecto (CONTROL).

Capítulo IV: Validación de la metodología

4.1. Resumen del Proyecto

El proyecto “Edificio Residencial Palermo” es un proyecto inmobiliario del cual contempla la construcción de un edificio multifamiliar de 7 niveles de los cuales corresponden 1 nivel de cochera más 6 niveles de departamentos, este proyecto está ubicado en la ciudad de Arequipa, en la Urb. Magisterial-Umacollo, los diseños están de acuerdo a la norma A10 del reglamento nacional de edificaciones.



Figura 23: Ubicación del proyecto: Urb. Magisterial-Umacollo (Fuente: Propia)

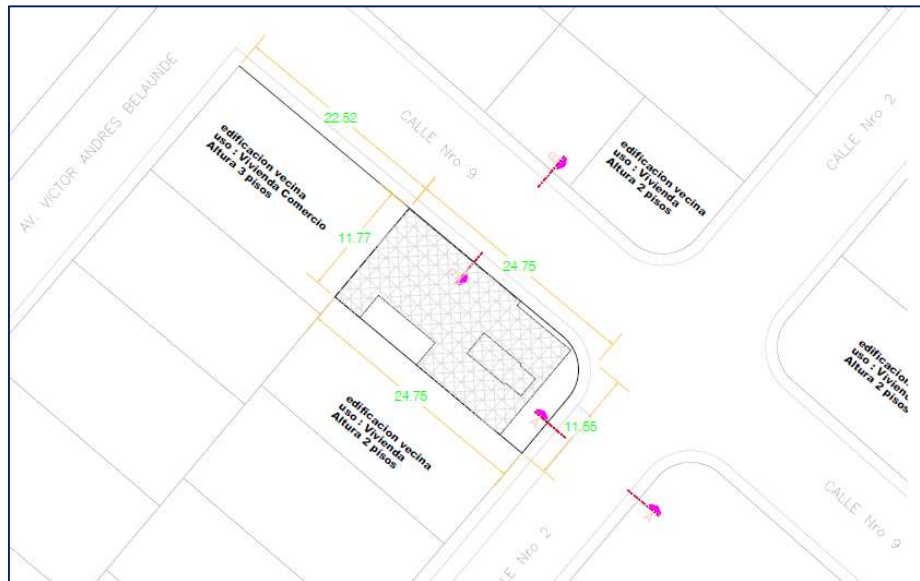


Figura 24: Ubicación, Calle N°2. Manzana B (Fuente: Propia)

4.2. Alcance del Proyecto

El alcance del proyecto prevé como se mencionó la construcción de un edificio multifamiliar de 7 niveles, de los cuales el 1er nivel corresponde a los estacionamientos, a partir del 2do nivel hasta el 7mo nivel están los departamentos, los cuales son 2 departamentos por cada nivel. En cada uno de los niveles hay un hall de entrada que sigue inmediatamente a las gradas del edificio, también el proyecto consta de un ascensor que llega a cada uno de los departamentos.

Los departamentos están constituidos de una sala, comedor, cocina, lavandería, un baño de visita y un baño principal, 2 habitaciones y una habitación principal. El proyecto se realizó respetando la normativa actual dada por el RNE y la municipalidad provincial de Arequipa.

CUADRO NORMATIVO		
PARAMETROS	R. N. E.	PROYECTO
USOS	Zona de Comercio Espacializado CE	VIVIENDA
DENSIDAD NETA	2250 hab/HA	1455.40 hab/HA
COEFICIENTE EDIFICACIÓN	4.50	4.04
% ÁREA LIBRE	30 %	29.50 %
ALTURA MÁXIMA	1.5(a+r) / 19.47m	7 pisos / 18.70m
RETIRO MÍNIMO	FRONTAL	3.00 m
	LATERAL	-
	POSTERIOR	-
ALINEAMIENTO FACHADA	-	-
NRO ESTACIONAMIENTO	1c/ 75m2 comercio	8 estacionamientos

Figura 25: Parámetros del proyecto (Fuente: RNE)

4.3. Esquema del Proyecto

La parte estructural del proyecto contempla un diseño aporricado de concreto armado que constituye elementos verticales de placas y columnas y elementos horizontales de vigas y losas; para las divisiones de los departamentos y los ambientes el proyecto considera la tabiquería, para zonas donde estarán las gradas las losas serán macizas.

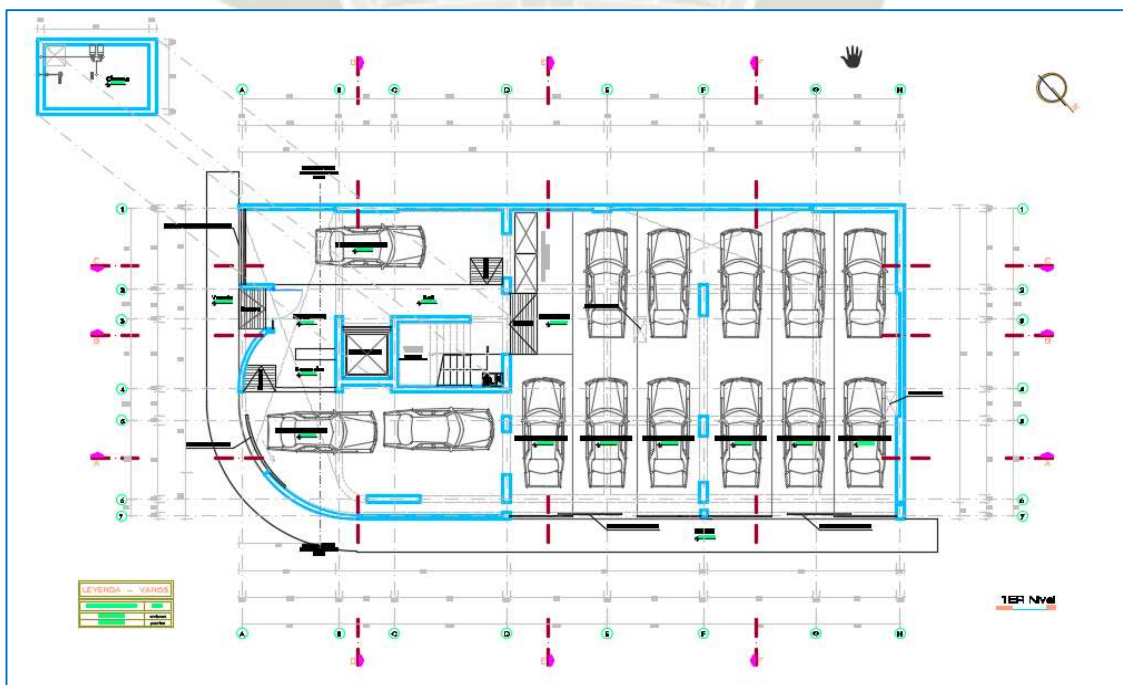


Figura 26: Distribución 1er nivel (Fuente: Propia)

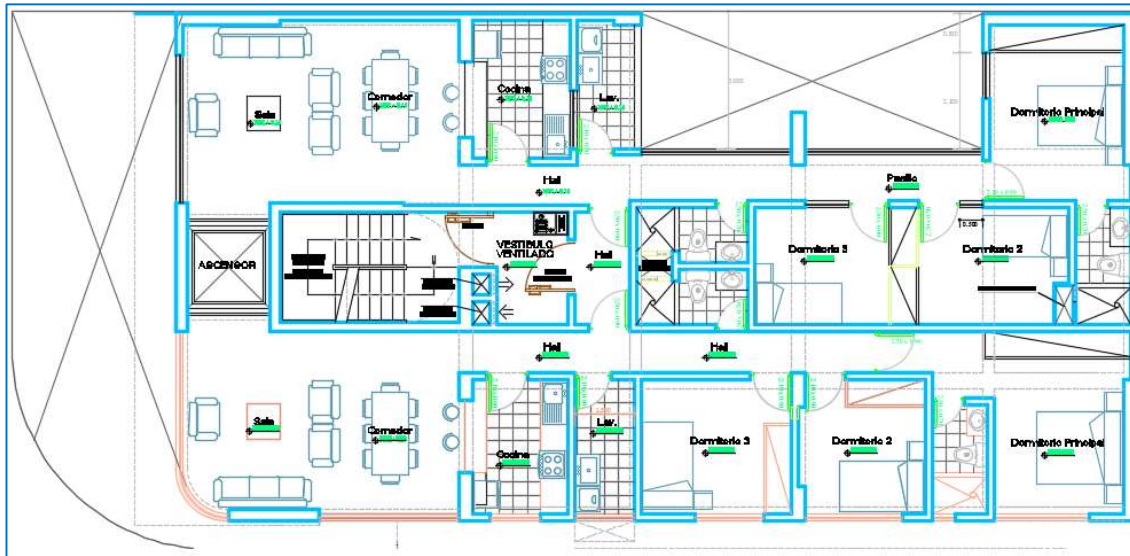


Figura 27: Distribución 2do nivel (Fuente: Propia)

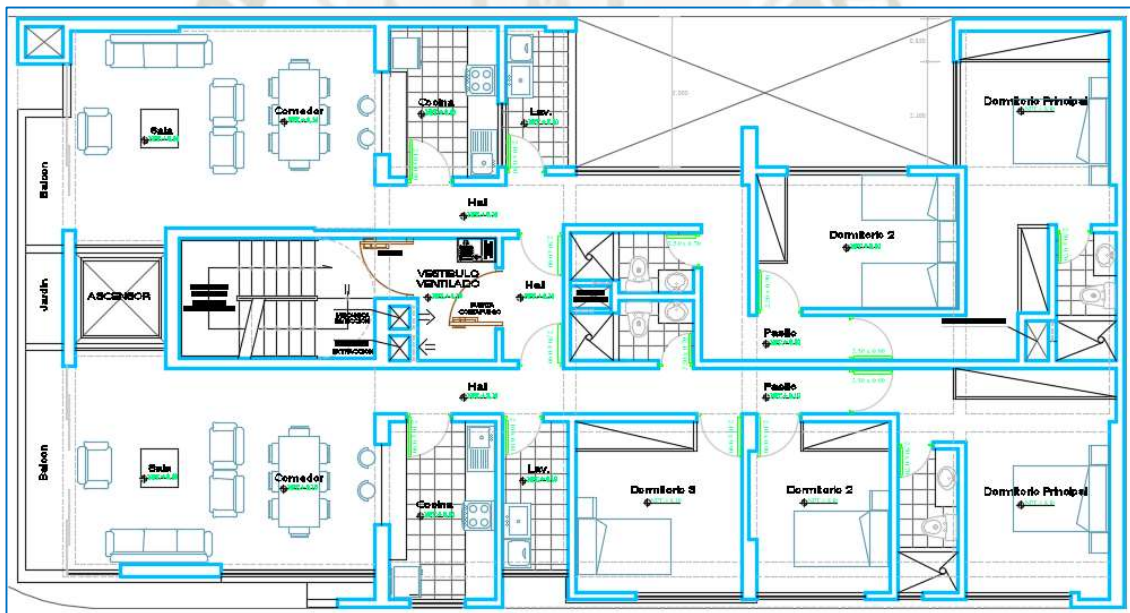


Figura 28: Distribución 3er nivel (Fuente: Propia)

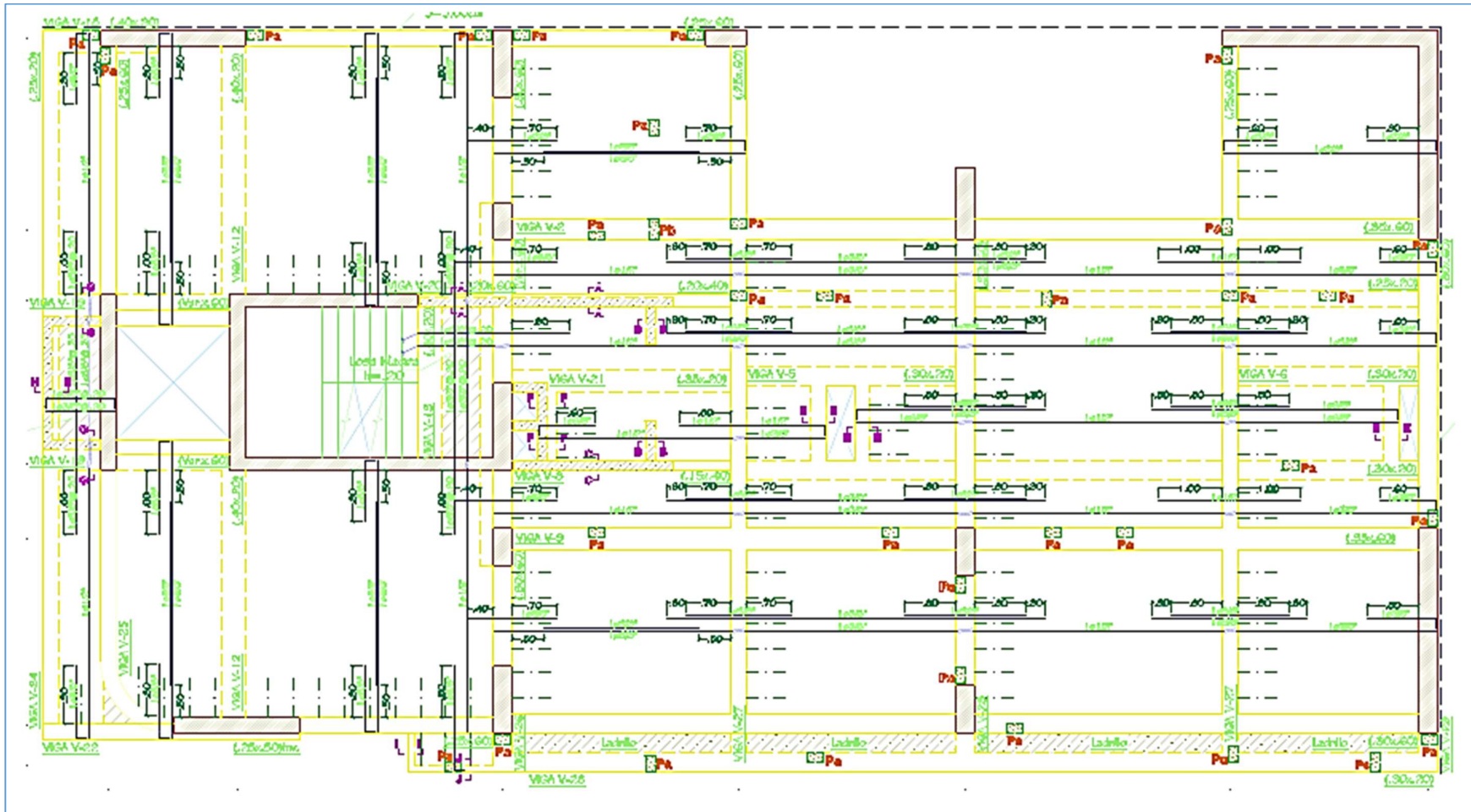


Figura 29: Plano estructural, planta típica (Fuente: Propia).

Presupuesto

Proyecto PROYECTO RESIDENCIAL PALERMO
Sub Presupuesto 02 - ESTRUCTURAS
Cliente COPROIN SAC
Ubicación AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a : Mayo - 2018

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
06	CONCRETO SIMPLE						7,817.47
06.01	CONCRETO SOLADO e= 2" fc=80 kg/cm2	m2	131.74	38.31	5,046.96		
06.02	CONCRETO SUB ZAPATAS	m3	21.67	127.85	2,770.51		
07	CONCRETO ARMADO						666,951.00
07.01	ZAPATAS					47,802.93	
07.01.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	4,068.23	3.81	15,499.96		
07.01.02	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	32.62	34.48	1,124.74		
07.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO ZAPATAS fc=210 kg/cm3	m3	101.10	308.39	31,178.23		
07.02	VIGA DE CIMENTACION					15,030.80	
07.02.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,721.84	3.81	10,370.21		
07.02.02	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION	m2	54.94	34.48	1,894.33		
07.02.03	CONCRETO PREMEZCLADO VIGA DE CIMENTACION	m3	8.97	308.39	2,766.26		
07.03	PISO DE CONCRETO REFORZADO					9,897.96	
07.03.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	633.06	3.81	2,411.96		
07.03.02	CONCRETO PRMEZCLADO LOSA PISO fc=210 kg/cm3	m3	21.17	309.85	6,559.52		
07.03.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE BASE	M2	233.37	3.97	926.48		
07.04	COLUMNAS ESTRUCTURALES					58,290.68	
07.04.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	9,092.90	3.81	34,643.95		
07.04.02	ENCOFRADO NORMAL COLUMNAS	m2	315.45	41.93	13,226.82		
07.04.03	CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS fc=210 kg/cm3	m3	32.48	320.81	10,419.91		
07.05	PLACAS					143,822.83	
07.05.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	14,713.97	3.81	56,060.23		
07.05.02	ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS	m2	1,027.25	41.93	43,072.59		
07.05.03	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS fc=210 kg/cm3	m3	142.88	312.78	44,690.01		
07.06	VIGAS					222,995.57	
07.06.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	26,575.54	3.81	101,252.81		
07.06.02	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LO	m2	884.32	64.03	56,623.01		
07.06.03	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES	m3	208.53	312.28	65,119.75		
07.07	LOSAS ALIGERADAS					115,380.72	
07.07.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	6,348.51	3.81	24,187.82		
07.07.02	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	983.80	34.48	33,921.42		
07.07.03	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f	m3	106.01	308.39	32,692.42		
07.07.04	LADRILLO PARA TECHO ALIGERADO h=0.15m	und	9,003.32	2.73	24,579.06		
07.08	LOSAS MACIZAS					13,123.01	
07.08.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,238.71	3.81	4,719.49		
07.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE LOS	M2	89.10	39.11	3,484.70		
07.08.03	LOSAS MACIZAS, CONCRETO F'C=210 KG/CM2	M3	15.95	308.39	4,918.82		
07.09	ESCALERAS					10,802.19	
07.09.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	588.16	3.81	2,240.89		
07.09.02	ENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m2	83.84	55.30	4,636.35		
07.09.03	CONCRETO PREMEZCLADO ESCALERA fc=210 kg/cm3	m3	12.83	305.92	3,924.95		
	COSTO DIRECTO						674,768.47
	GASTOS GENERALES					10 %	69,273.60
	SUB TOTAL						762,009.60
	IGV.					18 %	137,161.73
	PRESUPUESTO TOTAL						899,171.33

Figura 30: Presupuesto a nivel de estructuras (Fuente: Propia)

Para efectos de estudio de esta investigación se consideró tomar como limitantes de trabajo solamente las actividades como son la habilitación y armado de acero, la habilitación del encofrado y el vaciado de los elementos con concreto premezclado.

Calidad de materiales utilizados: Acero: Varillas de ¼” hasta 1” proveídos por aceros Arequipa; Encofrado: Paneles, cuarterones, listones y tablas para los encofrados de placas, columnas y losas; Concreto: Concreto premezclado proporcionado por Supermix.



Figura 31: Esquema 3D del edificio (Fuente: Propia)

4.4. Método tradicional constructivo

El método tradicional constructivo se comprende como el proceso en que las materias primas se convierten en productos, este modelo se llama “Modelo de conversión de procesos” y este modelo no diferencia los subprocesos de conversión y asume que todos agregan valor, asume que el costo del proceso se reduce si se minimizan los costos de los subprocesos, además no considera la variabilidad en los trabajos o resultados y no se preocupan por el producto final dado al cliente. La metodología tradicional de construcción comprende tres fases:

- Entrada: Planificación
- Transformación: Ejecución del trabajo
- Salida: Producto final

(Deville A., y Gallo P. 2017, *Contribución del lean construction para alcanzar construcción sostenible*, Tesis de ingeniero, PUCP, Lima, Perú)

4.4.1. Planificación constructiva tradicional

En el sistema constructivo tradicional se considera una planificación general basado en la ruta crítica, la cual se enfoca en las partidas que son necesarias ejecutar para evitar retrasos y poder terminar el proyecto en los tiempos establecidos. Por lo cual a la hora de realizar los trabajos el encargado de la obra se proyectará al mediano y corto plazo tratando de conseguir todos los materiales y herramientas necesarios. A continuación, se presenta un diagrama que detalla lo descrito anteriormente en el cual se muestra que para que una actividad empiece es necesario que la actividad predecesora termine o que esta determine el tipo de dependencia que pueda tener y así sucesivamente a lo largo de la ruta crítica, dejando al encargado de obra la decisión de cuándo y de qué manera empezar las actividades fuera de la ruta crítica.

PARTIDAS	23-May	24-May	25-May	26-May	28-May	29-May	30-May	31-May	1-Jun	2-Jun	4-Jun	5-Jun	6-Jun	7-Jun	8-Jun	9-Jun	13-Jun
	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	M
PRIMER PISO																	
PLACAS																	
ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60																	
ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS																	
CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS f'c=210 kg/cm2																	
VIGAS																	
ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60																	
ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS																	
CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS f'c=210 kg/cm2																	

Figura 32: Actividades de ruta crítica (Fuente: Propia)

4.4.2. Ejecución del trabajo

Una vez que se ha revisado y establecido que no falta personal, material o herramientas se inicia los trabajos de ejecución de la partida de turno, el cual estará a cargo del responsable

de obra y del maestro de obra, también se tiene en cuenta que las actividades predecesoras y los trabajos requeridos ya han sido realizados por lo que la partida a ejecutar esta lista para desarrollarse. Teniendo en cuenta esto se presenta que en el caso de nuestro proyecto al iniciarse los trabajos de construcción correspondiente a los niveles 1 y 2 algunas actividades se mantuvieron dentro del modelo constructivo tradicional ya que la implementación de la metodología propuesta recién se estaba adecuando al proyecto y además también se tiene que considerar que la curva de aprendizaje recién empezaría a impactar en los niveles superiores.

Se presenta como sujeto de prueba la actividad de encofrado de columnas en el primer nivel, aquí se consideró la cantidad de trabajo de acuerdo a la experiencia del maestro de obra, además de asignar la cantidad de personal requerido para realizar los encofrados, también el maestro de obra en coordinación con el responsable de obra se ocupó de la procura de los materiales y herramientas para esa actividad. Todo esto genera que no se pueda establecer un flujo continuo de trabajo como lo plantea la filosofía lean, en algunos casos las columnas siendo de mayores dimensiones se sobredimensiono el personal destinado a ella.

ENCOFRADO DE COLUMNAS	
<u>LO QUE SE NECESITA</u>	<u>TRANSFORMACION</u>
Habilitacion de acero	Habilitacion de paneles
Trazo topografico	Colocacion de laca desmoldante
Paneles, cuarterones y Puntales	Montaje de paneles
Alambre N8	Revision de plomada
Clavos de 2"y 3"	Apliacion de templadores
Laca desmoldante	Aseguramiento con puntales y barrotes

Figura 33: Transformación de una actividad (Fuente: Propia)

4.4.3. Producto final

La última etapa de la construcción tradicional es el producto final, el cual es la presentación del acabado del elemento trabajado y que debe tener las características técnicas

requeridas para poder seguir avanzando en los trabajos. En el caso del encofrado de columnas el producto final deberá estar listo para proceder al vaciado de concreto, debiendo realizar la debida inspección el encargado de obra tomando en cuenta que esta debe estar correctamente aplomado, que el acero de refuerzo deba tener los dados de recubrimiento adecuado, que los paneles de madera deben estar con laca desmoldante o similar, y que tenga un buen apuntalamiento y confinamiento. Esto se repite con las demás columnas siempre teniendo en cuenta la carga de cantidad de trabajo que en este caso seria los m², y pudiendo así liberar el elemento para proceder al vaciado.

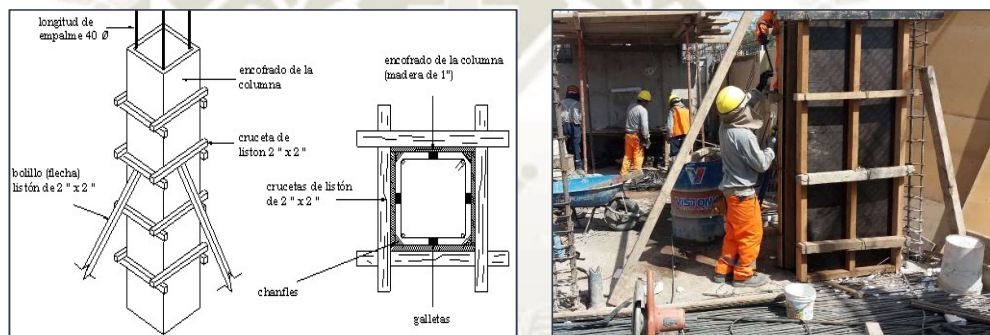


Figura 34: Producto final encofrado (Fuente: Internet)

4.5. Implementación lean construction y six sigma

4.5.1. Reducción de la variabilidad

Variabilidad es la ocurrencia de eventos distintos a los previstos por causas internas o externas al sistema. Para tener un sistema de producción eficiente se debe tener en cuenta la variabilidad, el cual es la más importante fuente de pérdidas en la construcción y está presente en todos los proyectos, no tomarla en cuenta hace que se incremente significativamente y su impacto sea mayor en el sistema de producción; para reducir la variabilidad se debe implementar el sistema de buffers, esfuerzos adicionales.

Algunos Buffers:

- Inventario de Materiales

- Planear con jornadas de 8 horas y trabajar con jornadas de 10 horas
- Arrancar antes el Proyecto

Formalmente, son tres los tipos de Buffer:

- Inventario (Tener stock de materiales)
- Tiempo (Comenzar la jornada laboral un poco más temprano)
- Capacidad (Tener elementos extras para encofrar o vaciar)



Figura 35: Buffer de Capacidad (Fuente: WEB)

4.5.2. Last Planner.

El last planner tiene una metodología en gestionar los proyectos en base al pensamiento del Lean Construction.

Esto nos permite controlar el proyecto desde el planeamiento general hasta la ejecución de las actividades en obra, esto por intermedio de sus varios escalones de programación.

En nuestro proyecto se aplicó todas las etapas de planeamiento y programación propuestas por este sistema y a continuación se mostrará la metodología con que se realizó cada una de ellas.

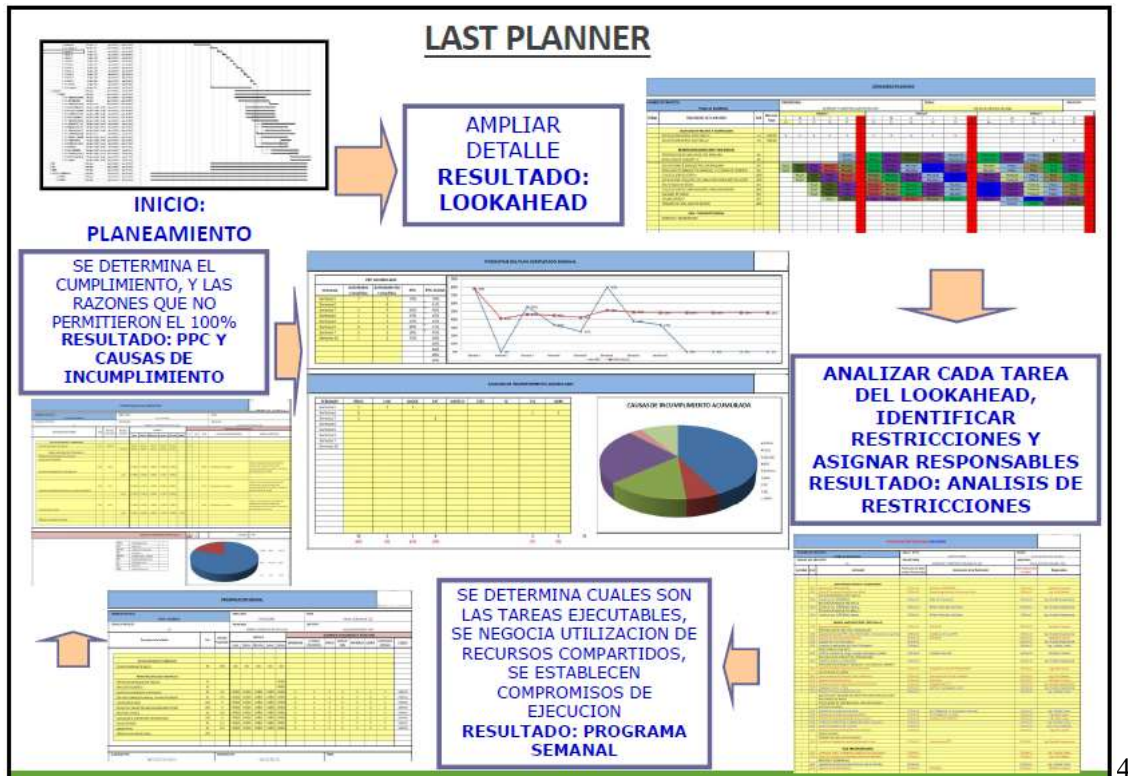


Figura 36: Esquema Last Planner (Fuente: Apuntes de Maestría en Gerencia de la construcción-UCSM, Acero R. (2018)).

A. Planificación Maestra.

Analizando la planificación maestra del proyecto Residencial Palermo se observa que el proyecto en estudio se inició el lunes 07-05-2018 y tuvo una duración aproximada de 4 meses terminando el 12-10-2018. Como se mencionó este estudio contempla los hitos más importantes del proyecto como acero, encofrado y concreto. Así podemos enfatizar que se empieza después de realizado la excavación para los cimientos, comenzando con el vaciado de los solados y seguido vaciado de las subzapatas, esto dentro de lo denominado concreto simple ($f_c \leq 140 \text{ kg/cm}^2$).

Seguidamente se procedió a la planificación de las zapatas, viga de cimentación, columnas, piso de concreto, placas, vigas, losas aligeradas, losas macizas y escaleras; todas ellas se vaciaron con concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

B. Lookahead Plan.

El Lookahead es una programación intermedia del sistema Last Planner y su duración depende principalmente de 2 factores, el horizonte máximo de la variabilidad para el proyecto y el tiempo mínimo que tomen levantar las restricciones. El encargado de realizar el Lookahead para nuestro caso es el Ing. Residente y la duración de estos es de 3 semanas. El Lookahead de 3 semanas se tiene como un modelo en el proyecto, ya que la variabilidad no es tanta y 3 semanas es un tiempo adecuado para levantar todo tipo de restricciones.

El formato muestra el Lookahead de las semanas 9 a 11, aquí se observa que en este periodo se están realizando actividades que corresponden a la construcción de los niveles 2 y 3, en ambos casos se realizan el armado de acero, encofrado y vaciado de placas y columnas y posteriormente igual con las vigas.



Figura 37: Encofrado y vaciado de columnas y placas 4to Nivel, Residencial Palermo (Fuente: Propia)

C. Análisis de Restricciones.

El análisis de restricciones forma parte y podemos decir que es la herramienta que le da el sentido al Lookahead, ya que de no ser por este formato el Lookahead sería simplemente una programación intermedia incapaz de formar un escudo que aisle el proyecto de los efectos de la variabilidad del entorno y por lo tanto no aportaría a la confiabilidad de los procesos de planificación y programación.

Este formato integra el Lookahead planning con el análisis de restricciones para que sea más notorio la relación entre las actividades y sus restricciones, además esto permite la identificación de las mismas.

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES													ESTRUCTURAS							
													Revisión:	0						
													Fecha:	2/07/2018						
NOMBRE DE PROYECTO													CODIGO:							
RESIDENCIAL PALERMO													1							
SEM:	JULIO																			
ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DE LA RESTRICCION	SEMANA IDENTIF.	FECHA REQUERIDA (P)	RESPONSABLE	SEMANA 9			SEMANA 10			SEMANA 11			ESTADO	Fecha Propuesta de Levantamiento	Impedimento de las Áreas de Sonorte			
						02/07/18	03/07/18	04/07/18	05/07/18	06/07/18	07/07/18	08/07/18	09/07/18	10/07/18				11/07/18	12/07/18	13/07/18
N° TOTAL DE RESTRICCIONES						2			1			2			POR INICIAR					
% DE RESTRICCIONES POR SEMANA						40%			20%			40%			EN PROCESO					
RESTRICCIONES IDENTIFICADAS LA ÚLTIMA SEMANA						0			0			0			LEVANTADA					
% DE RESTRICCIONES POR SEMANA						0%			0%			0%								
	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 PLACAS TERCER PISO	Suministro de acero, 3 días de espera	9.00	6/07/2018	A													EN PROCESO	02/07/18	
	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS TERCER PISO	Bomba pluma, 4 días de entipacion	10.00	14/07/2018	RO													EN PROCESO	09/07/18	
	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS 2DO PISO	Bomba pluma, 4 días de entipacion	10.00	3/07/2018	RO	X												POR INICIAR	28/06/18	
	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 LOSA A. TERCER PISO	Envío al proveedor cada jueves	11.00	16/07/2018	A													EN PROCESO	12/07/18	
	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS TERCER PISO	Envío al proveedor cada jueves	11.00	18/07/2018	A													EN PROCESO	12/07/18	

Formato 3: Análisis de restricciones (Fuente propia con referencia: Curso Productividad-Maestría en Gerencia de la construcción-UCSM. (2018))

4.5.3. Gestión de mejora de procesos DMAIC.

La metodología Six Sigma constituye un modelo de gestión de mejora de procesos que se conoce como DMAIC, mediante la cual cada proceso constructivo que se encuentra dentro de la evaluación mejorara en base a las herramientas propuestas. Todas estas herramientas estarán dentro de cada fase de la gestión DMAIC según corresponda al diseño de procesos descrito anteriormente. Como primer paso de esta gestión se debe definir el problema, el segundo medir el nivel y capacidad del proceso, el tercero se centra en analizar cuáles son las causas del problema para que en el siguiente paso se pueda implementar medidas de mejora en función a la data obtenida; para finalmente poder controlar los procesos con las medidas implementadas y así poder determinar que al mejorar los procesos de cada actividad se pueda obtener una mayor optimización de HH que se requieren en los trabajos, evitando defectos y trabajos rehechos; y por ende se mejore la productividad.

DEFINIR	<p>Se aterriza la idea del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer un objetivo específico • Equipo de trabajo /Calendario de trabajo • Documenta los requerimientos del cliente
MEDIR	<p>Se mide el estado actual del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se determina el nivel sigma • Se mapea el proceso y analiza riesgos
ANALIZAR	<p>Se analizan las fuentes de variación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se determina las <u>X's</u> relevantes del proceso
MEJORAR	<p>Se determina las <u>X's</u> a mejorar y se establece los nuevos parámetros del proceso</p>
CONTROLAR	<p>Se controlan los cambios realizados y el logro de los objetivos en el tiempo.</p>

Figura 38: Fases DMAIC (Fuente: Seis Sigma-Kaizen)

4.5.3.1. Fase Definir.

En esta primera fase se debe identificar cuáles son los procesos que son más críticos en toda la cadena de producción, para lo cual se ha estimado el porcentaje de implicancia en función a los costos estimados para cada una de las etapas de la obra.

PROYECTO: RESIDENCIAL PALERMO AREQUIPA			
GODIGO	SUB PRESUPUESTO	COSTO S/	PORCENTAJE
10P	OBRAS PRELIMINARES	50,883.26	2.77%
2EST	ESTRUCTURAS	697,241.27	37.94%
3ARQ	ARQUITECTURA	620,563.00	33.77%
4IS	INSTALACIONES SANITARIAS	226,084.90	12.30%
5IE	INSTALACIONES ELECTRICAS	126,826.37	6.90%
6IEM	INSTALACIONES ELECTRO MECANICAS	116,000.00	6.31%
	COSTO DIRECTO OBRAS	1,837,598.81	

Figura 39: Presupuesto de obra-estructuras (Fuente: Propia)

Con esto hemos podido definir que los procesos más críticos pertenecen a la etapa de estructuras; y son los de acero, concreto y encofrado y que tienen problemas que deben mejorarse. Para poder plantear el enunciado completo del problema necesitamos seguir avanzando con la siguiente fase, no sin antes plantear el esquema SIPOC de ambos procesos.

D. Diagrama SIPOC.

Es una herramienta para caracterizar un proceso (o grupo de procesos), a partir de la identificación de elementos claves en los dominios de: Proveedores, Entradas, Procesos (subprocesos), Salidas y Clientes. La herramienta toma su nombre del acrónimo de la cadena de caracterización en inglés: Suppliers - Inputs - Process - Output - Customers.

ACERO

DIAGRAMA SIPOC ACERO				
PROVEEDORES (SUPPLIER)	ENTRADA (INPUT)	PROCESO (PROCESS)	SALIDA (OUTPOT)	CLIENTE (CUSTOMER)
PLANOS ESTRUCTURALES	AREAS LIBERADAS	HABILITACION Y CORTE	ARMADO ACERO DEL ELEMENTO	CONTROL DE CALIDAD
HERRAMIENTAS ADECUADAS	TRAZO Y REPLANTEO	COLOCACION DE ACERO	ASEGURAM. CALIDAD	LISTO PARA ENCOFRAR
PROVEEDOR DE ACERO	OPERATIVIDAD EQUIPOS ACERO CORRUGADO	LIMPIEZA Y ELIMINACION		

Formato 4: Diagrama SIPOC acero (Fuente: Propia)

ENCOFRADO

DIAGRAMA SIPOC ENCOFRADO				
PROVEEDORES (SUPPLIER)	ENTRADA (INPUT)	PROCESO (PROCESS)	SALIDA (OUTPOT)	CLIENTE (CUSTOMER)
PLANOS ESTRUCTURALES	ARMADO DE ACERO	COLOCACION DESMOLDANTE	ELEMENTOS VERT/ HORIZ ENCOFRADOS	CONTROL DE CALIDAD
PANELES Y TABLAS ENCOFRADO	ARMADO DE INSTALACIONES	LIMPIEZA DE ACERO	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	COLOCACION DE INSTALACIONES
PROVEE. ALAMBRE N8 Y CLAVOS	OPERATIVIDAD EQUIPOS	ENCOFRADO DEL ELEMENTO		LISTO PARA VACIADO DE CONCRETO
	TRAZO Y REPLANTEO	APUNTALAMIENTO		
	PROCEDIMIENTO TRABAJO	APLOMADO Y ASEGURADO		

Formato 5: Diagrama SIPOC encofrado (Fuente: Propia)

CONCRETO

DIAGRAMA SIPOC CONCRETO				
PROVEEDORES (SUPPLIER)	ENTRADA (INPUT)	PROCESO (PROCESS)	SALIDA (OUTPOT)	CLIENTE (CUSTOMER)
PLANTA DE PREMEZCLADO	CONCRETO PREMEZCLADO	LIMPIEZA DE LA ZONA	MUROS Y LOSAS VACIADAS	VACIADO COMPLETO
BOMBA TIPO PLUMA	INSTALACIONES ELECTRICAS	HUMECTADO DE ELEMENTO	ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	ACABADO FINAL DEL ELEMENTO VACIADO
TOPOGRAFIA	INSTALACIONES SANITARIAS	TRANSPORTE DE VACIADO		LISTO PARA ALBAÑILERIA
	ENCOFRADO DE ELEMENTO	VACIADO DEL ELEMENTO		
	ARMADO DE ACERO DE ELEM	VIBRADO DE CONCRETO		

Formato 6: Diagrama SIPOC concreto (Fuente: Propia)

E. Análisis de Precios Unitarios.

Con el análisis de precios se puede determinar que parte de los insumos son los que tienen mayor participación en la partida analizada, este puede ser materiales o mano de obra, y de acuerdo a eso se pueden tomar medidas para mejorar los costos.

Partida	07.05.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 COLUMNAS				Rend:	200.0000 kg/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.0040	15.50	0.06	
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.0400	14.80	0.59	
47 00008	OFICIAL	HH	1.000	0.0400	11.70	0.47	
						1.12	29.44%
Materiales							
02 01401	ACERO DE REFUERZO FY=4200	KG		1.0200	2.46	2.51	
02 00093	ALAMBRE NEGRO N*16	KG		0.0500	2.92	0.15	
						2.66	69.68%
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.12	0.03	
						0.03	0.88%
Costo Unitario por kg :						3.81	

Figura 40: APU Acero (Fuente: Propia)

Como se puede apreciar en el análisis de precios de la partida de acero, el insumo de materiales que tiene más incidencia con el 69.68%.

Partida	07.06.02	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA				Rend:	9.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.0889	15.50	1.38	
47 00007	OPERARIO	HH	1.000	0.8889	14.80	13.16	
47 00009	PEON	HH	1.000	0.8889	9.20	8.18	
						22.71	50.12%
Materiales							
02 00018	ALAMBRE NEGRO N*8	KG		0.2000	2.92	0.58	
02 00022	CLAVOS CON CABEZA DE 3", 4"	KG		0.2200	3.05	0.67	
43 00020	MADERA TORNILLO	P2		5.3000	3.80	20.14	
53 03767	PETROLEO	GLN		0.0500	10.58	0.53	
						21.92	48.38%
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	22.71	0.68	
						0.68	1.50%
Costo Unitario por m2 :						45.32	

Figura 41: APU encofrado (Fuente: Propia)

En la partida de encofrado más bien la mayor participación se lleva la mano de obra con el 50.12% del total.

Partida	07.07.03	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS $f_c=210$ kg/cm ²			Rend:	80.0000	m ³ /DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47 00006	CAPATAZ	HH	0.100	0.0100	15.50	0.16	
47 00007	OPERARIO	HH	3.000	0.3000	14.80	4.44	
47 00009	PEON	HH	6.000	0.6000	9.20	5.52	
						10.12	3.51%
Materiales							
00 07168	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm ²	m ³		1.0200	230.00	234.60	
00 07164	GASOLINA	gal		0.0800	11.50	0.92	
00 07167	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m ³		1.0200	40.00	40.80	
						276.32	95.95%
Equipo							
37 00004	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	10.12	0.30	
49 00122	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	2.000	0.2000	6.25	1.25	
						1.55	0.54%
						Costo Unitario por m³ :	287.99

Figura 42: APU Concreto (Fuente: Propia)

De igual manera que en la partida de acero, el material es el que mayor incidencia tiene en la partida de concreto premezclado llegando a un 95.95% de participación con respecto del total.

De los 3 análisis de precios que representan al acero, encofrado y concreto podemos advertir que en la partida del acero corrugado la mayor incidencia la tiene el insumo material, pero la mejora en este proceso es mínima ya que el acero utilizado tiene un control de calidad establecido y reconocido en el mercado de la construcción que descartaría realizar cualquier tipo de evaluación de defectos ya sea en la habilitación o armado de este. Muy por el contrario, son el encofrado y el vaciado de concreto en los cuales, si podemos detectar defectos y que podemos medir, analizar y controlar.

F. Actualización de la Planificación.

De acuerdo a la propuesta metodológica, se debe realizar una actualización de la planificación en donde se analice la razón de la reprogramación en las partidas necesarias, esto se presenta como una variabilidad ya sea por motivo del cliente, de los planos o de la incompatibilidad. Se hace también un análisis de la holgura o días extras requeridos para que

pueda resolverse la actualización y finalmente se propone la nueva fecha de término de las partidas involucradas.

Todo esto enmarcado en el proceso del Six sigma de “Definir”, ya que damos un marco en el cual establecemos que de haber algún inesperado cambio se tiene que tener mecanismos que puedan resolverlos como es la actualización de la programación que proponemos.

ACTUALIZACION DE PLANIFICACION					ESTRUCTURAS					
NOMBRE DEL PROYECTO: RESIDENCIAL PLAERMO					Revisión:	0				
					Fecha:	15/09/2018				
					CODIGO:	1				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	FECHA DE TÉRMINO PROG	VARIABILIDAD	HOLGURA REQUERIDA	AREA ENCAR. DE IMPLEMENTAR	DURACION PROGRA	DIAS REQUERIDOS	FECHA DE TÉRMINO ESTIMADO	
EDT	VIGAS									
1.2.6.6	SEXTO PISO									
1.2.6.6.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	19/09/2018	PLA	2	OFIC. TECNICA	6	8	21/09/2018	
1.2.6.6.2	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m2	20/09/2018	CLIE	1	PRODUCCION	4	5	21/09/2018	
1.2.6.6.3	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES Fc=210 kg/cm2	m3	21/09/2018	CLIE	3	PRODUCCION	1	4	24/09/2018	
1.2.6.7	SETIMO PISO									
1.2.6.7.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	9/10/2018	PLA	3	OFIC. TECNICA	6	9	12/10/2018	
1.2.6.7.2	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m2	10/10/2018	INCOM	2	PRODUCCION	4	6	12/10/2018	
1.2.6.7.3	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES Fc=210 kg/cm2	m3	11/10/2018	INCOM	5	PRODUCCION	1	6	16/10/2018	

TIPOS DE VARIABILIDAD		
CLIE	CLIENTE	Variabilidad que se origina por cambios repentinos dados por el cliente
PLA	PLANOS	Variabilidad que se genera por actualización de planos debido a temas técnicos
INCOM	INCOMPATIBILIDAD	Variabilidad que se origina cuando no hay concordancia entre los planos y la realidad

Formato 7: Actualización de Planificación (Fuente propia)

G. Acta de variabilidad.

La presente acta de variabilidad se presenta como herramienta cuando en el proyecto ocurre incidentes que están fuera de la previsión, esta variabilidad debe quedar plasmada mediante un acta en la cual se apruebe todas las repercusiones que puedan ocurrir como subsanación de esta variabilidad mediante la explicación de las causas, justificación y los requerimientos para resolverla. También se deja constancia y se comunica a todas las áreas interesadas.

ACTA DE VARIABILIDAD		ESTRUCTURAS			
		Revisión: 0			
		Fecha: 08/07/2018			
NOMBRE DEL PROYECTO:		CÓDIGO:			
Residencial Palermo		V-1			
DESCRIPCION DEL ELEMENTO					
Vigas estructurales, del sexto y séptimo nivel					
CAUSAS DE VARIABILIDAD			AREA ENCARGADA DE REVISION		
Cliente: El cliente pide cambios inesperados			Residencia de obra		
Planos: Cambios en el plano debido a temas técnicos			Oficina Técnica		
Incompatibilidad: Existente entre los planos y la realidad			Oficina Técnica		
JUSTIFICACION DE VARIBILIDAD					
<p>De acuerdo a lo acordado con el cliente se realizarán pequeños cambios en la arquitectura por lo que esto repercutirá en la parte estructural del edificio en los niveles 6to y 7mo.</p> <p>Seguidamente también ocasionara una revisión a los sistemas de influencia como son el sistema eléctrico y sanitario, provocando cambios en los planos.</p> <p>Y finalmente se tiene que adecuar a la realidad de la obra corrigiendo las incompatibilidades con planos adaptados.</p>					
AREAS COMPROMETIDAS			COMUNICAR A LAS AREAS:		
C/IMPLEMENTACION					
Residencia de obra	SI	NO	Gerencia General	SI	NO
Oficina Técnica	SI	NO	Administración	SI	NO
Producción	SI	NO	Logística	SI	NO
Logística	SI	NO	Seguridad y Salud	SI	NO
FECHA DE OCURRENCIA DE VARIBILIDAD					

CLIENTE	07/07/2018
PLANOS	08/07/2018
INCOMPATIBILIDAD	08/07/2018
REQUERIMIENTOS PARA RESOLVER VARIABILIDAD	
<p>Para resolver la variabilidades presentes se debe tener apoyo del área de oficina técnica y en campo del área de producción, los cuales seremos apoyados por el área de logística el cual nos dará soporte en los materiales y equipos requeridos para levantar las variabilidades, también se requiere apoyo del área de seguridad el cual debe brindar las acciones necesarias para poder llevar a cabo los trabajos y finalmente el visto bueno de la gerencia general.</p>	
EFFECTOS EN EL PROYECTO	
<ul style="list-style-type: none"> • Se mejorará el diseño estructural para el cambio solicitado • Dara un mayor realce de seguridad en la zona de cambio arquitectónico • Aparición de adicional que generara costos en el presupuesto • Reprogramación del cronograma para cumplir con los plazos 	
APROBADO POR:	FECHA DE APROBACION:
JOSE GONZALES- CLIENTE	09/07/2018
DENIS MULLISACA-RESIDENTE	08/07/2018

Formato 8: Acta de variabilidad (Fuente propia)

4.5.3.2. Fase Medir.

H. La subcontratación.

La subcontratación es un fenómeno que está presente dentro de los procesos que conforman la construcción, entendiéndose como tal, la relación que existe con las empresas subcontratistas empieza desde que se realiza el primer contacto con ellas hasta que queda firmado un contrato que servirá como base para la realización de trabajos o suministros en obra. Ahora la subcontratación tiene una mención especial debido a la multitud de problemas que suelen sucederse entre la empresa principal y las subcontratistas dentro de una obra y esto a

veces repercute en cancelación de los vínculos entre ellas. No tiene ningún sentido que la mayoría de las empresas vayan rotando sus subcontratas debido, precisamente, a mal entendidos o problemas surgidos por una mala contratación, ya que esto genera sobrecostos.

Por lo tanto, un primer paso debe ser implicar a los subcontratistas en la filosofía Six Sigma y adecuarlo al lean construction, hay que mostrarles que el objetivo general es la Orientación al Cliente, este cliente puede ser la misma empresa constructora o el interesado ultimo para el que se hace el servicio general, y que su satisfacción final es la razón de La Contratación. La perfección en la contratación no es una utopía, no deber ser necesario contratos con docenas de cláusulas que dejan insatisfechos a ambas partes, se trata, en definitiva, de conocer conscientemente la razón por la que trabajamos y el entender que las relaciones deben basarse en la confianza y la exploración en busca de un objetivo común.

A continuación, se muestra un formato propuesto sobre la manera de cómo debemos manejar la contratación la cual nos permite de alguna manera conocer mejor a los contratistas que participaran en el proyecto, todo esto de la subcontratación está dentro la fase “Medir”, ya que al elegir correctamente al contratista trataremos de evitar futuros defectos o errores que puedan presentarse en los trabajos.

GESTION DE SUBCONTRATISTAS					ESTRUCTURAS			
					Revision:	0		
NOMBRE DEL PROYECTO:					CODIGO:			
RESIDENCIAL PLAERMO					SC			
ÍTEM	NOMBRE DEL SUBCONTRATISTA	AREA	EXPERIENCIA	PROBABILID.	OFERTA MAYOR AL ORIGINAL	PLAZO DE CUMPLIMIENTO	TOTAL	RESULTADO
1.00	FIERROS HABILITADOS SA	AC	ALTA	3	2	2	12	APROBADO
2.00	MADERAS Y ENCOFRADOS EIRL	ENC	MEDIA	2	2	2	8	DESCARTE
3.00	SUPERMIX SA	CON	ALTA	3	3	1	9	APROBADO
4.00	CASCAJOS SA	AGR	MEDIA	2	1	2	4	DESCARTE

AREA		
AC	ACERO	Empresa encargada de habilitacion y colocacion de acero
ENC	ENCOFRADO	Empresa Encargada de habilitacion y colocacion de encofrados
CON	CONCRETO	Empresa que provee concreto premezclado
AGR	AGREGADOS	Empresa que provee materiales y agregados para la obra
EXPERIENCIA		
ALTA	ALTA, PROB=3	Experiencia altamente comprobada
MEDIA	MEDIA, PROB=2	Experiencia media comprobada
BAJA	BAJA, PROB=1	Experiencia baja
OFERTA		
3	MAS DEL 5%	Costos mayores del 5% original
2	MAS DEL 10%	Costos mayores del 10% original
1	MAS DEL 20%	Costos mayores del 20% original
PLAZO		
3	MAS DEL 5%	Plazo mas del 5% de la duracion original
2	MAS DEL 10%	Plazo mas del 10% de la duracion original
1	MAS DEL 15%	Plazo mas del 15% de la duracion original

Formato 9: Gestión de subcontratistas (Fuente Propia)

I. Eliminación de la variabilidad.

La variabilidad como se mencionó se presenta de diferentes formas las cuales repercuten en la programación maestra del proyecto, y por ende en la metodología lean construction para lo cual se debe tener planes de contingencia como se describió anteriormente. Aquí presentamos una propuesta en donde se analiza el levantamiento y eliminación de la variabilidad, para poder tener un registro de todas las variabilidades que fueron levantadas, esto permitirá medir la manera de cómo se llevó a cabo esta eliminación y cómo podemos mejorarlo a futuro.

ELIMINACION DE VARIABILIDAD							ESTRUCTURA	
							Revisión: 0	
							Fecha:15/09/2018	
NOMBRE DEL PROYECTO:							CODIGO:	
Residencial Palermo							1676	
ITEM	DESCRIPCION	DURACION DE LEVANT.	COMPLEJIDAD	VERIFICACIÓN	RESPUESTA	FECHA ENTREGADA	PLAN DE CONTINGENCIA	
V001	Acero corrugado de vigas en el 6to nivel	2 días	Alta	Se realizó de acuerdo a lo solicitado	Se recalculo la cantidad de acero	21-09-2018	No se requirió	
V002	Encofrado de viga en el 6to nivel	1 día	Media	Se realizó de acuerdo a lo solicitado	Se planteó nueva habilitación para el colocado del encofrado	22-09-2018	No se requirió	
V003	Vaciado de concreto en viga del 6to nivel	3 días	Media	Se realizó de acuerdo a lo solicitado	Se tuvo que considerar el nuevo volumen de concreto.	24-09-2018	Se tuvo que informar al proveedor del cambio de volumen de concreto	

Formato 10: Eliminación de variabilidad (Fuente Propia)

J. Métrica 6σ.

El punto más importante de esta fase es la medición del nivel actual de los procesos, para lo cual se empleará la métrica Seis Sigma. Para ello primeramente se define los defectos que deben ser contabilizados.

TIPO DE DEFECTO	NATURALEZA	ELEMENTO	METRICA
CHICHONES	ENCOFRADO	PLACAS	UND
DESNIVELADO	ENCOFRADO	PLACAS	UND
DESGASTADO	ENCOFRADO	PLACAS	UND
CHICHONES	ENCOFRADO	LOSAS	UND
DESNIVELADO	ENCOFRADO	LOSAS	UND
DESGASTADO	ENCOFRADO	LOSAS	UND
SEGREGACION	CONCRETO	PLACAS	CM2
CANGREJERA	CONCRETO	PLACAS	CM2
DESPLOMADO	CONCRETO	PLACAS	MM
BURBUJAS DE AIRE	CONCRETO	PLACAS	GRADO
SEGREGACION	CONCRETO	LOSAS	CM2
CANGREJERA	CONCRETO	LOSAS	CM2
DESPLOMADO	CONCRETO	LOSAS	MM
BURBUJAS DE AIRE	CONCRETO	LOSAS	GRADO

Figura 43: Tipos de defectos a ser registrados (Fuente: Propia)

Se comenzará a medir el nivel sigma de los procesos presentes en el 1er nivel y el 2do nivel, estos nos dan una perspectiva de cómo se va desarrollando los trabajos hasta ese punto en donde se aplican las diferentes herramientas DMAIC propuestas; y esto nos permite evaluar las actividades, así como las HH utilizadas para completar las metas propuestas en cada proceso. Este sistema prosigue y se retroalimenta en los siguientes niveles, en donde se sigue midiendo el nivel sigma hasta llegar al 7mo piso del proyecto, con esta información se realiza un comparativo de cómo se desarrolló el sigma (mejora de procesos) en los niveles inferiores con los niveles superiores, así como la relación que tiene con la productividad del proyecto.

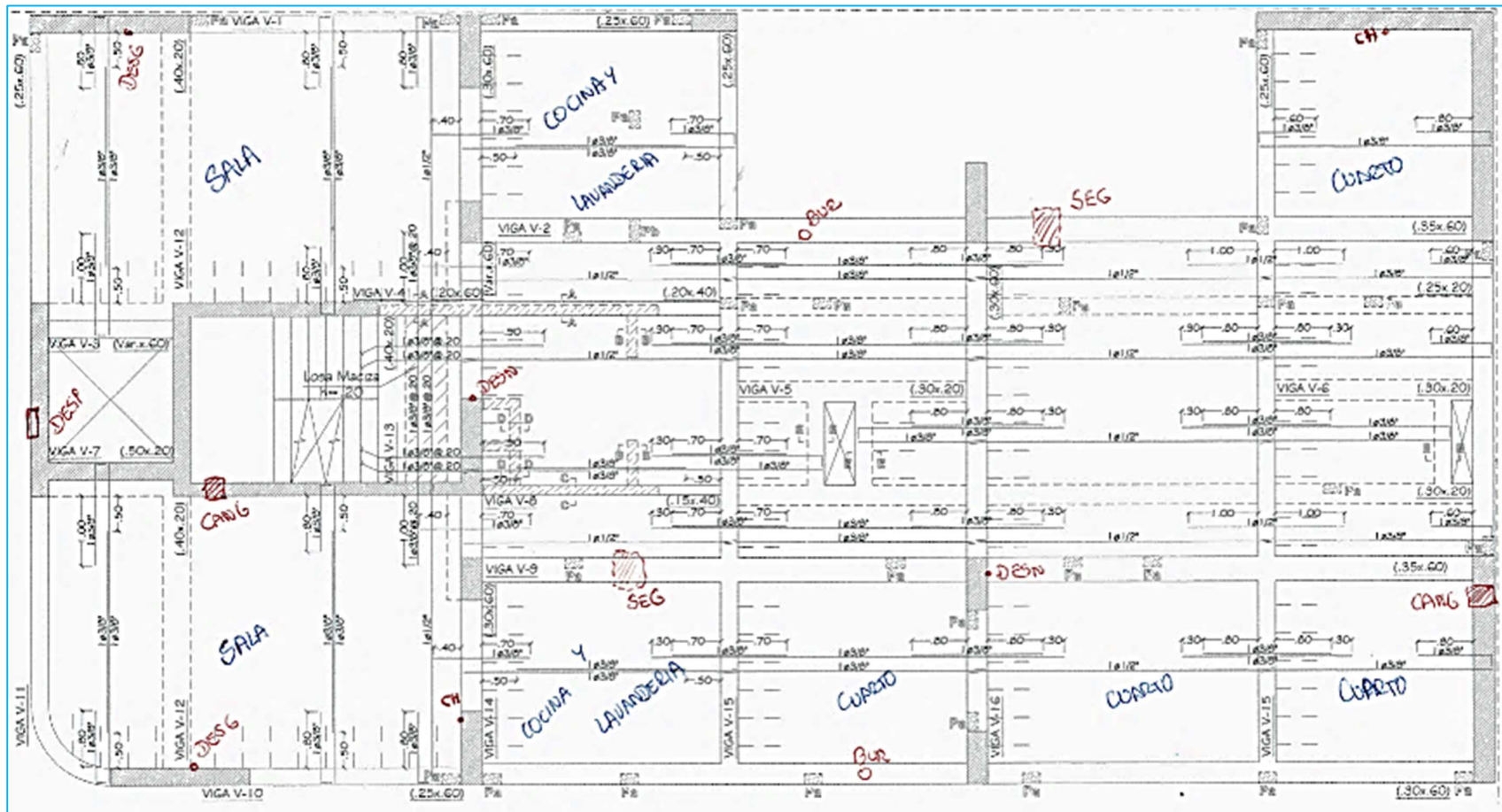


Figura 44: Identificación de defectos (Fuente: Propia)

En los anexos dentro de las cartas balance se presenta un muestreo de la cuantificación de los defectos encontrados en tanto en el encofrado como en el concreto.

Seguidamente, se determina la cantidad de oportunidades de defectos por unidad procesada o analizada. En este caso la unidad procesada es el nivel y las oportunidades por nivel se calculan de la siguiente forma:

OPORTUNIDAD DE DEFECTOS	ENCOFRADO	CONCRETO	
CANT. DE OPORTUNIDAD DEFECTOS EN PLACAS	6	5	(a)
CANT. DE OPORTUNIDAD DEFECTOS EN COLUMNAS	5	4	(b)
CANT. DE OPORTUNIDAD DEFECTOS EN LOSAS	6	5	(c)
NRO DE PLACAS X PISO	5	5	(d)
NRO DE COLUMNAS X PISO	8	8	(e)
NRO DE LOSAS X PISO	14	14	(f)
TOTAL EN COFRADO/CONCRETO	154	127	

Figura 45: Oportunidad de defectos (Fuente: Propia)

La manera como se calcula los defectos se halla de la siguiente forma:

$$a \times b + c \times d + e \times f$$

Se procede a recolectar la cantidad de defectos encontrados, sean de cualquier tipo de los defectos determinados.

NRO TOTAL DE PISOS (PROCESOS)	7
TOTAL DEFECTO EN ENCOFRADO	560
TOTAL DEFECTOS EN CONCRETO	420

Seguidamente se procede a determinar los defectos por oportunidades (D/O)

DEFECTOS POR OPORTUNIDADES (D/O)	
PROCESO DEL ENCOFRADO	0.52
PROCESO DEL CONCRETO	0.47

$$\text{PROCESO DEL ENCOFRADO} = 560 / (7 \times 154) = 0.52$$

$$\text{PROCESO DEL CONCRETO} = 420 / (7 \times 127) = 0.47$$

Seguidamente se determina el rendimiento del proceso que no es más que la diferencia respecto a los D/O.

RENDIMIENTOS DEL PROCESO	
PROCESO ENCOFRADO	48.1%
PROCESO CONCRETO	52.8%

Por último, podemos determinar de las tablas a que Z corresponde una probabilidad de 48.1% y 52.8% respectivamente.

Tabla N°8. Relación de Nivel Sigma, Cantidad de Defectos y Rendimiento

Sigma	DPMO	Rendimiento	Sigma	DPMO	Rendimiento	Sigma	DPMO	Rendimiento
6.0	3.40	99.99966%	4.0	6210	99.38%	2.0	308538	69.1%
5.9	5.40	99.99946%	3.9	8198	99.18%	1.9	344578	65.5%
5.8	8.50	99.99915%	3.8	10724	98.9%	1.8	382089	61.8%
5.7	13.00	99.99866%	3.7	13903	98.6%	1.7	420740	57.9%
5.6	21.00	99.9979%	3.6	17864	98.2%	1.6	460172	54.0%
5.5	32.00	99.9968%	3.5	22750	97.7%	1.5	500000	50.0%
5.4	48.00	99.9952%	3.4	28716	97.1%	1.4	539828	46.0%
5.3	72.00	99.9928%	3.3	35930	96.4%	1.3	579260	42.1%
5.2	108.00	99.984%	3.2	44565	95.5%	1.2	617911	38.2%
5.1	159.00	99.977%	3.1	54799	94.5%	1.1	655422	34.5%
5.0	233.00	99.966%	3.0	66807	93.3%	1.0	691462	30.9%
4.9	337.00	99.952%	2.9	80757	91.9%	0.9	725747	27.4%
4.8	483.00	99.931%	2.8	96801	90.3%	0.8	758036	24.2%
4.7	687.00	99.90%	2.7	115070	88.5%	0.7	788145	21.2%
4.6	968.00	99.87%	2.6	135666	86.4%	0.6	815940	18.4%
4.5	1,350.00	99.81%	2.5	158655	84.1%	0.5	841345	15.9%
4.4	1,866.00	99.74%	2.4	184060	81.6%	0.4	864334	13.6%
4.3	2,555.00	99.65%	2.3	211855	78.8%	0.3	884930	11.5%
4.2	3,467.00	99.53%	2.2	241964	75.8%	0.2	903199	9.7%
4.1	4,661.00	99.38%	2.1	274253	72.6%	0.1	919243	8.1%

Figura 46: Niveles seis sigmas. (Fuente: Aplicación de Six Sigma a procesos de vivienda, Rojas, J.A., (2016).)

SIGMA EN PROCESO DE ENCOFRADO	1.48
SIGMA EN PROCESO DE CONCRETO	1.55

Nivel σ	DPM	% Defectos	Rendimiento(%)
0	933,193	93 %	6.7%
1	690,000	69 %	31%
2	308,537	31 %	69%
2.5	158,655	15.86 %	84.14 %
3	66,807	7 %	93%
4	6,210	0.6 %	99.4%
4.5	1350	0.14%	99.86%
5	233	0.02%	99.97%
5.5	32	0.003 %	99.997%
6	3.40	0.0 %	100.0%

0-3
Necesita
Mejorar

3 - 4.5
Calidad
Convencional

4.5 - 6
Buen Proceso

6 Proceso óptimo

Figura 47: Nivel de sigma vs Rendimiento ((Fuente: Aplicación de Six Sigma a procesos de vivienda, Rojas, J.A., (2016).)

Se muestra también el costo de la mano de obra a través de las semanas, tomando datos de su rendimiento diario.

		ENCOFRADO DE VIGAS				
FECHA	DIA	M2	HH/M2	HH	PRECIO HH PROG	PRECIO HH REAL
28/06/2018 AL 02/07/2018	1	28.80	1.28	36.864	448.45	552.96
	2	26.60	1.25	33.25	404.49	498.75
	3	13.20	0.70	9.24	112.40	138.60
	4	12.50	0.62	7.75	94.28	116.25
19/07/2018 AL 23/07/2018	5	12.60	0.60	7.56	91.97	113.40
	6	32.00	1.28	40.96	498.28	614.40
	7	27.50	1.10	30.25	367.99	453.75
	8	11.20	0.58	6.496	79.02	97.44
08/08/2018 AL 11/08/2018	9	29.60	1.30	38.48	468.11	577.20
	10	27.00	1.30	35.1	426.99	526.50

	11	26.30	1.27	33.401	406.32	501.02
	12	14.50	0.62	8.99	109.36	134.85
28/08/2018 AL 31/08/2018	13	11.30	0.59	6.667	81.10	100.01
	14	28.70	1.32	37.884	460.86	568.26
	15	25.60	1.30	33.28	404.85	499.20
	16	26.70	1.29	34.443	419.00	516.65
17/09/2018 AL 20/09/2018	17	16.30	0.59	9.617	116.99	144.26
	18	29.50	1.32	38.94	473.71	584.10
	19	31.00	1.30	40.3	490.25	604.50
	20	28.50	1.29	36.765	447.25	551.48
06/10/2018 AL 10/10/2019	21	15.80	0.59	9.322	113.40	139.83
	22	27.20	1.32	35.904	436.77	538.56
	23	25.50	1.30	33.15	403.27	497.25
	24	26.10	1.29	33.669	409.58	505.04

Formato 11: Costo de Mano de obra real (Fuente: Propia)

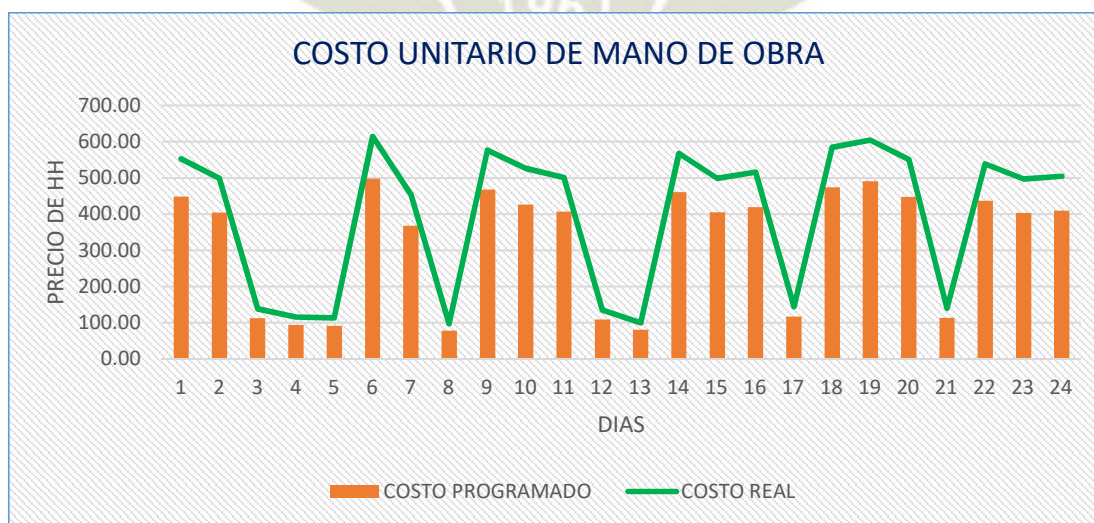


Figura 48: Precio HH vs Días (Fuente: Propia)

K. Programación semanal (Last Planner).

La programación semanal se obtiene a través de la expansión de la planificación intermedia o Lookahead, en nuestro caso las programaciones semanales se realizaban todos los viernes en una reunión entre el Ingeniero Residente y los encargados de otras áreas del proyecto. El ingeniero residente es el responsable de elaborar el Lookahead mientras que el Ingeniero asistente es el responsable de gestionar los recursos y asignar los responsables para el levantamiento de restricciones, por consiguiente, en cada reunión se establecían las actividades que se programaran en la semana teniendo en cuenta que ya se hayan levantado las restricciones previas.

Se debe considerar la importancia de lograr buenos resultados y estos se lograrán mediante el cumplimiento de la mayor parte de los programas semanales, además se debe considerar todas las características fundamentales para lograr este propósito. Como ejemplo se puede dar que para vaciar la losa del 5to nivel se debe prever liberar toda restricción correspondiente al concreto premezclado, equipos de vibrado y el tiempo de vaciado.



Figura 49: Vaciado de concreto $F'c=210$ kg/cm² en losa y viga 5to piso, Obra Residencial Palermo

(Fuente: Propia)

Una vez determinadas cuales son las actividades libres de restricciones se procede a establecer la cantidad de trabajo que se asignará a cada cuadrilla en la semana, esta cantidad de trabajo ya fue definida anteriormente en el Lookahead, pero debe ser verificada nuevamente porque a veces cambian las condiciones de trabajo (menor mano de obra, más avance solicitado, etc.)

PLAN SEMANAL						ESTRUCTURAS										
NOMBRE DEL PROYECTO: RESIDENCIAL PALERMO						Revisión:	0									
						Fecha:	2/07/2018									
RESIDENCIAL PALERMO						CODIGO:										
						1										
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	METRADO TOTAL	METRADO PROGR.	% AVANCE	JULIO										
						L 02	M 03	M 04	J 05	V 06	S 07	D 08				
1.2.4	COLUMNAS ESTRUCTURALES															
1.2.4.3	TERCER PISO															
1.2.4.3	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,728.57	1,728.57	100%								576.2	576.2		
1.2.4.3	ENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS 0.50X0.50X2.40 m	m2	71.43	71.43	100%											
1.2.4.3	CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3	8.90	8.90	100%											
1.2.5	PLACAS															
1.2.5.3	TERCER PISO															
1.2.5.3	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,102.00	2,102.00	100%								700.7	700.7		
1.2.5.3	ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS	m2	146.75	146.75	100%											
1.2.5.3	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS f'c=210 kg/cm2	m3	20.41	20.41	100%											
1.2.6	VIGAS															
1.2.6.2	SEGUNDO PISO															
1.2.6.2	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	3,796.51	0.00	100%											
1.2.6.2	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m2	126.33	31.58	100%	31.58										
1.2.6.2	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES f'c=210 kg/cm2	m3	29.79	29.79	100%				29.79							
1.2.6.3	TERCER PISO															
1.2.6.3	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	3,796.51	3,796.51	100%											
1.2.6.3	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m2	126.33	94.75	75%											
1.2.6.3	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES f'c=210 kg/cm2	m3	29.79	0.00	0%											
1.2.7	LOSAS ALIGERADAS															
1.2.7.2	SEGUNDO PISO															
1.2.7.2	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	906.93	0.00	100%											
1.2.7.2	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	140.54	46.85	100%	46.85										
1.2.7.2	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2	m3	15.14	15.14	100%		15.14									
1.2.7.3	TERCER PISO															
1.2.7.3	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	906.93	906.93	100%											
1.2.7.3	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	140.54	140.54	100%											
1.2.7.3	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2	m3	15.14	0.00	0%											
1.2.8	LOSAS MACIZAS															
1.2.8.2	SEGUNDO PISO															
1.2.8.2	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	176.96	0.00	100%											
1.2.8.2	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL DE LOSAS MACIZAS	m2	12.73	0.00	100%											
1.2.8.2	LOSAS MACIZAS, CONCRETO f'c=210 KG/CM2	m3	2.28	2.28	100%				2.28							
1.2.8.3	TERCER PISO															
1.2.8.3	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	176.96	176.96	100%											
1.2.8.3	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL DE LOSAS MACIZAS	m2	12.73	12.73	100%											
1.2.8.3	LOSAS MACIZAS, CONCRETO f'c=210 KG/CM2	m3	2.28	2.28	100%											
1.2.9	ESCALERAS															
1.2.9.2	SEGUNDO PISO															
1.2.9.2	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	192.86	192.86	100%	192.9										
1.2.9.2	ENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m2	12.86	12.86	100%		12.9									
1.2.9.2	CONCRETO PREMEZCLADO ESCALERA f'c=210 kg/cm2	m3	3.21	3.21	100%				3.21							
1.2.9.3	TERCER PISO															
1.2.9.3	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	192.86	192.86	100%											
1.2.9.3	ENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m2	12.86	12.86	100%											
1.2.9.3	CONCRETO PREMEZCLADO ESCALERA f'c=210 kg/cm2	m3	3.21	3.21	100%											

Formato 12: Programación semanal (Fuente propia con referencia Curso Productividad-Maestría en Gerencia de la construcción-UCSM. (2018))

4.5.3.3. Fase Analizar.

L. Grafico Dispersión.

En base a la información de los costos diarios de encofrado se puede determinar la tendencia de dispersión.

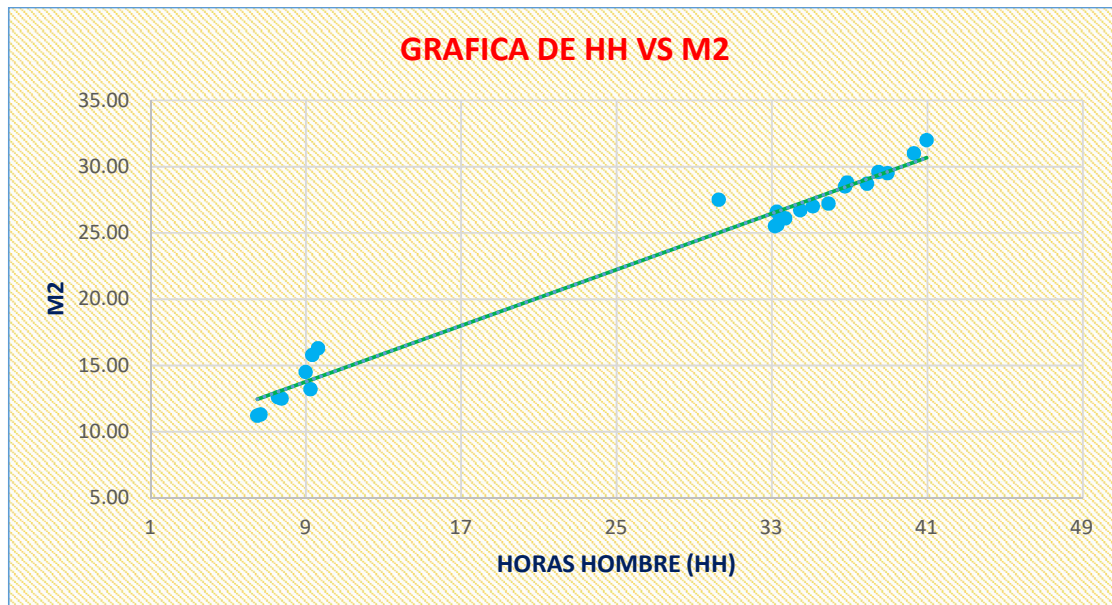


Figura 50: Diagrama de dispersión, Obra Residencial Palermo (Fuente: Propia)

De la figura, se puede observar que la correlación entre los datos de HH y M2 avanzados es bastante alta, ya que al consumir más HH esta se compensa con la cantidad de metrado ejecutado. También podemos observar que la línea de regresión de por si se ve reducida en su pendiente por estar el rendimiento un poco por debajo del esperado, y con los datos de costo diario se puede deducir rápidamente que estos resultados son producto de un rendimiento no tan bueno en los encofrados o de retrabajos hechos que hacen parecer que el avance es menor a lo trabajado durante la jornada.

M. Diagrama de Ishikawa.

A partir de la gráfica obtenida del levantamiento de datos se convocó a una reunión con los encargados de la obra para realizar en conjunto un diagrama de Ishikawa respecto a los principales problemas que causan esta constante fluctuación en los costos unitarios diarios del proceso y en los rendimientos del encofrado obteniéndose el diagrama que se muestra a continuación:

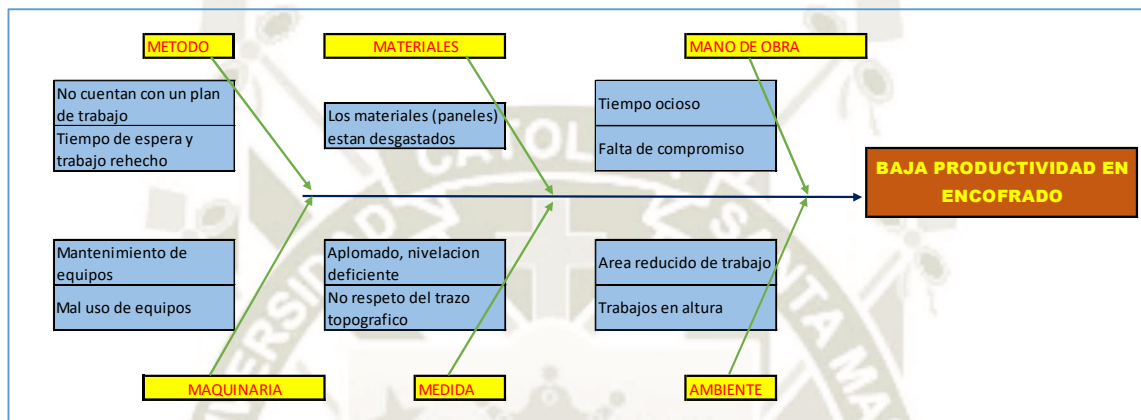


Figura 51: Diagrama de Ishikawa (Fuente: Propia)

N. Capacitación de personal.

Este es un proceso en el cual se debe tener como objetivo el cliente, el criterio a seguir en la capacitación tiene que ser en los puntos que tienen fallas los trabajadores, esto debe adecuarse también al ciclo DMAIC, para que paso a paso, una vez elegida la capacitación que quiera realizarse, esto pueda mejorar la productividad, la eficacia y minimizar los defectos que pudieran generar costos extras en el futuro.

La orientación al cliente se enfoca en aportar el valor producido como consecuencia de un seguimiento eficiente, y que frene que los posibles defectos lleguen al cliente, pero no como resultado de una corrección, sino más bien como resultado de un trabajo comprometido y responsable que permita adelantarse a ellos y permita un progreso hacia la mejora continua.

Se presenta a continuación un formato en donde se presenta la capacitación a dar, dando una descripción del porque se tiene que realizar, los encargados de ella, las áreas involucradas, todo esto con el objetivo de registrar como documentación a futuro, y que pueda servir como ejemplo para futuros planes de implementación.



CAPACITACION DE PERSONAL PARA MEJORAR

PRODUCTIVIDAD EN OBRA

DESCRIPCION DE LA CAPACITACION			
Título de la capacitación			
ENCOFRADOS METALICOS			
Motivo de la capacitación al personal			
BAJO RENDIMIENTO CON ENCOFRADOS TRADICIONALES			
Fecha	Área encargada	Profesional Encargado	
06 07 20 1 8	PRODUCCION	INGENIERO CIVIL OMAR MACEDO	
Temas a tratar en la capacitación:			
-MANEJO DE ENCOFRADOS METALICOS			
-PARTES DE UN ENCOFRADO METALICO			
-HERRAMIENTAS A UTILIZAR			
-MONTAJE DE ENCOFRADO METALICO			
Cronograma de la capacitación:			
LUNES:8AM A 11AM			
MARTES: :8AM A 11AM			
MIERCOLES: :8AM A 11AM			
Participantes:	Categoría	Edad	Fecha de Ingreso a
-JUAN ANTONIO CHURA	-OPERARIO	-36	obra
-JOSE AMARGO PEÑA	-OPERARIO	-40	12/05/2018



-LUIS CORNEJO SANTOS	-OPERARIO	-42	20/05/2018
-ANTONIO CASAPIA CHURATA	-OFICIAL	-33	20/05/2018 22/05/2018
INFORMACIÓN SOBRE EL PLAN Y PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN, ADIESTRAMIENTO Y PRODUCTIVIDAD			
Objetivos del plan de capacitación Señalar del 1 al 5 en donde 1 es el más importante		Modalidad de la capacitación Marcar con una X la modalidad correspondiente	
Actualizar y perfeccionar conocimientos y habilidades y proporcionar información de nuevas tecnologías	<input checked="" type="checkbox"/>	Plan y programas específicos de la empresa	<input type="checkbox"/>
Prevenir riesgos de trabajo	<input checked="" type="checkbox"/>	Plan y programas para mejorar la productividad	<input checked="" type="checkbox"/>
Incrementar la productividad en obra	<input type="checkbox"/>	Plan de identificación y prevención de errores	<input checked="" type="checkbox"/>
Mejorar el ambiente de trabajo	<input type="checkbox"/>		
Muestreo y cuantificación de errores	<input checked="" type="checkbox"/>		
Áreas que participan en la capacitación:	Periodo de vigencia de la capacitación		
PRODUCTIVIDAD	Año	Mes	Día
Número de etapas de la capacitación	Año	Mes	Día
1	De	al	
	2 0 1 8	0 7 1 0	2 0 1 8 1 1 2 0
La capacitación realizada y los participantes de ella están sujetos que deben mejorar cada vez que reciben esta capacitación			
_____ Nombre y firma del Profesional responsable de la capacitación			
_____ Lugar y Fecha de capacitación			
Año Mes Día			
2 0 1 8 0 7 0 8			

Formato 13: Capacitación de personal (Fuente Propia)

O. Porcentaje de Plan cumplido (Last Planner).

El PPC, es un indicador que se programa en la obra y representa la cantidad de actividades que cumplieron con todo lo programado en la semana respecto del total de actividades programadas en esa semana.

Entre otras palabras, el PPC nos indica hasta que nivel fue exitosa planificación, haciendo uso de las herramientas adecuadas, a fin de que los trabajos a realizarse en la semana sean completados al 100%.



ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO															ESTRUCTURAS		
NOMBRE DEL PROYECTO: RESIDENCIAL PALERMO															Revisión:	0	
															Fecha:	2/07/2018	
															CODIGO:	1676	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	JUNIO							METRADO				ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO			
			L 25	M 26	M 27	J 28	V 29	S 30	D 01	PROGR.	EJEC.	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA	
1.2.4	COLUMNAS ESTRUCTURALES																
1.2.4.3	TERCER PISO																
1.2.4.3.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg															
1.2.4.3.2	ENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS 0.50X0.50X2.40 m	m2															
1.2.4.3.3	CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3															
1.2.5	PLACAS																
1.2.5.3	TERCER PISO																
1.2.5.3.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg															
1.2.5.3.2	ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS	m2															
1.2.5.3.3	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS f'c=210 kg/cm2	m3															
1.2.6	VIGAS																
1.2.6.2	SEGUNDO PISO																
1.2.6.2.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	632.8	632.8	632.8	632.8	632.8	632.8		3,796.51	2,523.12						
1.2.6.2.2	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m2				31.58	31.58	31.58		94.75	94.75	X					
1.2.6.2.3	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES f'c=210 kg/cm2	m3															
1.2.6.3	TERCER PISO																
1.2.6.3.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg															
1.2.6.3.2	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m2															
1.2.6.3.3	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES f'c=210 kg/cm2	m3															
1.2.7	LOSAS ALIGERADAS																
1.2.7.2	SEGUNDO PISO																
1.2.7.2.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		453.47	453.47					906.93	906.93	X					
1.2.7.2.2	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2							93.70	46.85		X					
1.2.7.2.3	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2	m3															
1.2.7.3	TERCER PISO																
1.2.7.3.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg															
1.2.7.3.2	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2															
1.2.7.3.3	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2	m3															
1.2.8	LOSAS MACIZAS																
1.2.8.2	SEGUNDO PISO																
1.2.8.2.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg						176.96		176.96	176.96	X					
1.2.8.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE LOSAS MACIZAS	m2							12.73	12.73		X					
1.2.8.2.3	LOSAS MACIZAS, CONCRETO f'c=210 KG/CM2	m3															
1.2.8.3	TERCER PISO																
1.2.8.3.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg															
1.2.8.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE LOSAS MACIZAS	m2															
1.2.8.3.3	LOSAS MACIZAS, CONCRETO f'c=210 KG/CM2	m3															
1.2.9	ESCALERAS																
1.2.9.2	SEGUNDO PISO																
1.2.9.2.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg															
1.2.9.2.2	ENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m2															
1.2.9.2.3	CONCRETO PREMEZCLADO ESCALERA f'c=210 kg/cm2	m3															
1.2.9.3	TERCER PISO																
1.2.9.3.1	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg															
1.2.9.3.2	ENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m2															
1.2.9.3.3	CONCRETO PREMEZCLADO ESCALERA f'c=210 kg/cm2	m3															
PPC TOTAL											66.7%	4.00	2.00				
TIPOS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO																	
PROG	PROGRAMACION	Errores en la programación, restricciones no identificadas de manera oportuna, errores en el cálculo de recursos.															
LOG	LOGISTICA	Toda falta de herramientas o materiales que han sido requeridos oportunamente por producción.															

Formato 14: Análisis de PPC (Fuente propia con referencia Curso Productividad-Maestría en Gerencia de la construcción-UCSM. (2018))

P. Evolución del PPC (Last planner)

Se hizo seguimiento del PPC a lo largo de la ejecución de los trabajos, aquí se puede apreciar que los cumplimientos son más del 60% en casi todas las semanas por lo que la aplicación del Last Planner System estuvo efectivo.

EVOLUCION DEL PORCENTAJE DEL PLAN CUMPLIDO					ESTRUCTURAS	
					Revision:	0
					Fecha:	19/09/2018
SEMANA	TRABAJO PROG.	PROG ACUMULADO	TRABAJO REALIZADO	REALIZADO ACUMULADO	SEMANTAL	ACUMULADO
7	5	5	4	4	80.0%	80.0%
8	6	11	4	8	66.7%	72.7%
9	10	21	8	16	80.0%	76.2%
10	6	27	4	20	66.7%	74.1%
11	10	37	8	28	80.0%	75.7%
12	5	42	4	32	80.0%	76.2%
13	6	48	5	37	83.3%	77.1%
14	10	58	9	46	90.0%	79.3%
15	6	64	4	50	66.7%	78.1%
16	6	70	5	55	83.3%	78.6%
17	10	80	8	63	80.0%	78.8%

Formato 15: Evolución del PPC (Fuente: Propia)

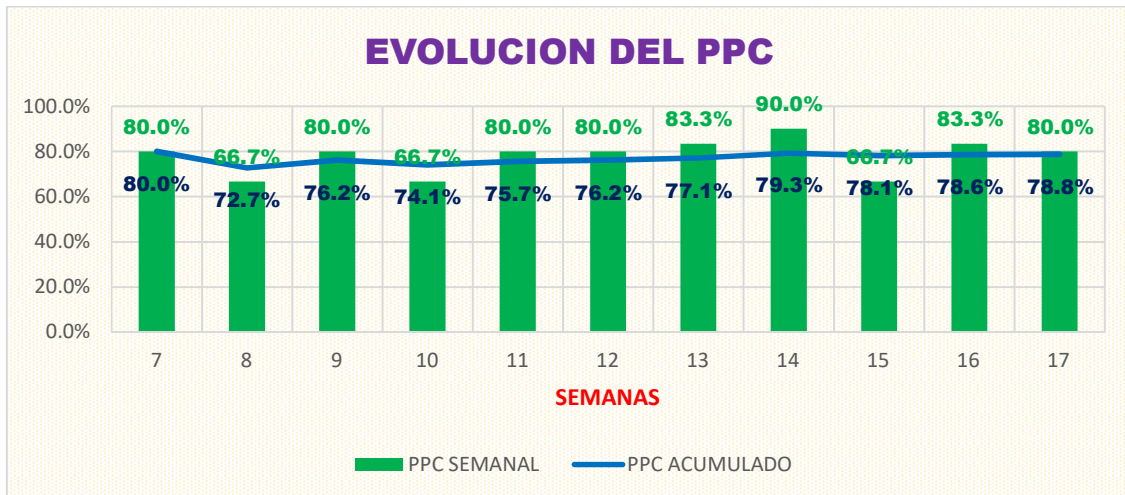


Figura 52: Evolución del PPC (Fuente: Propia)



Figura 53: Cumplimiento de plan semanal de trabajo en el proyecto, Obra Residencial Palermo

(Fuente: Propia)

4.5.4. Procesos Eficientes de Producción.

4.5.4.1. *Cartas Balance*

Las cartas de balance permiten resolver la necesidad de describir formalmente el proceso de una operación de construcción, de una manera detallada. También, con la utilización de esta herramienta, se consigue importante información para un análisis de productividad.

La carta de balance es un gráfico de barras verticales, que tiene una ordenada de tiempo, y una abscisa en la que se indican los recursos (hombre, maquina, etc.) que participan en la actividad que se estudia, asignándole una barra vertical a cada recurso. Tal barra 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 graficado en el mismo periodo de tiempo, la relación de estos se puede observar mediante una comparación de líneas horizontales de referencia, pudiendo descubrirse patrones comunes que indican en los ciclos de trabajo.

El objetivo de esta técnica es analizar la eficiencia del método constructivo empleado, más que la eficiencia de los obreros, de modo que no se pretende conseguir que trabajen más duro, sino en forma más inteligente.

La frecuencia aconsejada de muestreo es de un minuto, con no menos de treinta observaciones (30 minutos) en total, o las que sean necesarias para observar dos ciclos seguidos completos. Vale la pena recordar que una persona difícilmente puede muestrear el trabajo consecutivo de más de ocho personas o recursos.

La técnica de carta de balance es una de las técnicas más recomendadas para estructurar las relaciones entre los recursos componentes de las cuadrillas y especialmente para la mano de obra.

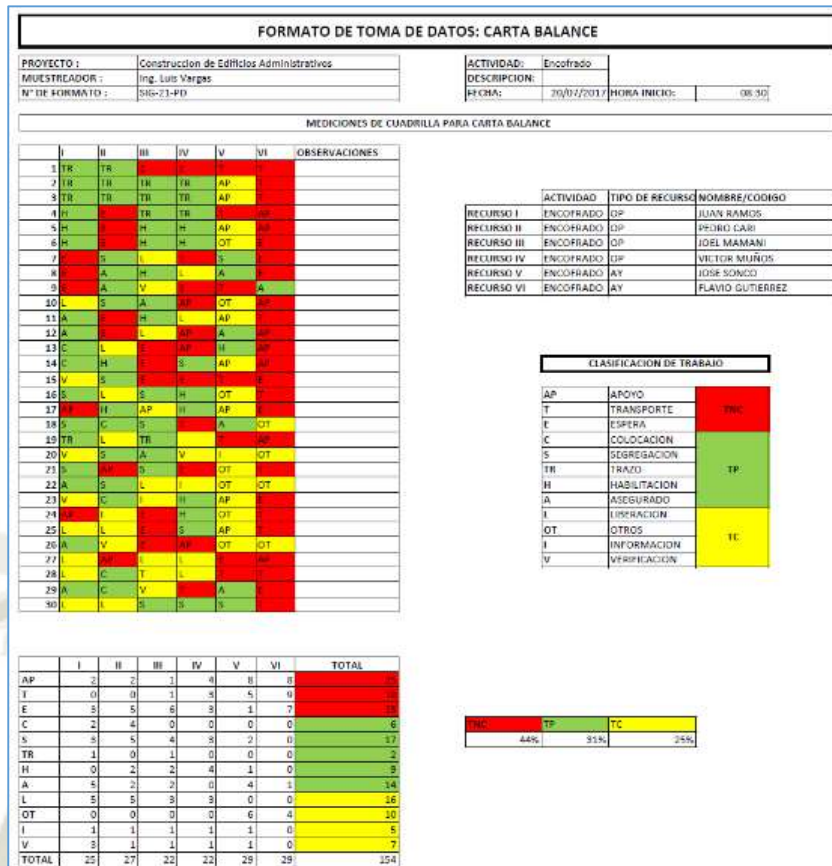


Figura 54: Modelo de Carta Balance (Fuente: Propia)

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Encofrado de escalera 3er nivel

FECHA: 21/07/2018

PROYECTO: Residencial Palermo

HORA DE INICIO: 3:00 pm

CM	<i>Colocación de madera</i>	TM	<i>Traslado de materiales</i>	TR	<i>Trabajo rehecho</i>
AA	<i>Colocación de grapas</i>	RM	<i>Realizar mediciones</i>	TO	<i>Tiempo ocioso</i>
AP	<i>Aplomado de estructura</i>	LE	<i>Limpieza del encofrado</i>	NF	<i>Necesidades fisiológicas</i>
AN	<i>Apuntalamiento</i>	CD	<i>Colocación de desmoldante</i>	VI	<i>Viaje improductivo</i>
RI	<i>Recibir instrucciones</i>	TE	<i>Tiempo de espera</i>		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES			
1	RM	AA	TE	TM				CODIGO	CATEGORIA	
2	RM	AA	TE	TM				1	OPERARIO 1	
3	RM	AA	TE	TM				2	OPERARIO 2	
4	RM	AA	TE	TM				3	OPERARIO 3	
5	TM	LE	TE	TE				4	OPERARIO 4	
6	TM	LE	TM	TE				5		
7	TM	LE	TM	TE				6		
8	CM	LE	TM	TE						
9	CM	CD	TM	TE						
10	CM	CD	CM	TR						
11	CM	CD	CM	TR						
12	LE	CD	CM	TR				CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
13	LE	CD	CM	RI						
14	LE	TE	CM	RI				CODIGO	CANTID	TIPO
15	LE	TE	AA	RI				CHI	2	CHICHONES
16	AA	TE	AA	AA				DESN	4	DESNIVELADO

17	AA	TE	AA	AA				DESG	3	DESGASTADO
18	AA	CM	AA	AA						
19	AA	CM	AA	AA						
20	AA	CM	AA	AA						
21	AP	CM	TM	AN						
22	AP	AN	TM	AN						
23	AP	AN	TM	AN						
24	AP	AN	TO	AN						
25	AN	AN	TO	AN						
26	AN	AN	TO	AN						
27	AN	AN	VI	LE						
28	AN	TR	VI	LE						
29	AA	TR	VI	LE						
30	AA	TR	CM	LE						
31	TE	TR	CM	LE						
32	TE	TE	CM	CM						
33	TE	TE	AN	CM						
34	TE	TE	AN	CM						
35	TM	RM	AN	CM						
36	TM	RM	AN	CM						
37	TM	RM	RM	CM						
38	TM	RM	RM	CD						
39	VI	CD	RM	CD						
40	VI	CD	LE	CD						
41	VI	CM	LE	CD						
42	VI	CM	LE	AN						
43	VI	CM	LE	AN						

44	RI	CM	CD	AN							
45	RI	AA	CD	AN							
46	RI	AA	CD	AN							
47	RI	AA	CD	TO							
48	AP	AA	CD	TO							
49	AP	AN	CM	TO							
50	AP	AN	CM	TO							
51	AP	AN	CM	TM							
52	AN	TO	AN	TM							
53	AN	TO	AN	TM							
54	AN	TO	AN	CM							
55	AA	AN	AN	CM							
56	TO	AN	AN	CM							
57	TO	AA	AN	CM							
58	TO	AA	AN	CM							
59	TO	AA	AN	CM							
60	TO	AA	AN	CM							
TOTAL											
CM	36	AP	8	RI	7	RM	11	CD	16	TR	7
AA	31	AN	42	TM	21	LE	17	TE	21	TO	15
NF	0										
VI	8										

Formato 16: Carta balance (Fuente Propia)

4.5.4.2. Fase Mejorar.

Q. Prueba de hipótesis.

Una prueba de hipótesis es una regla que especifica si se puede aceptar o rechazar una afirmación acerca de una población dependiendo de la evidencia proporcionada por una muestra de datos.

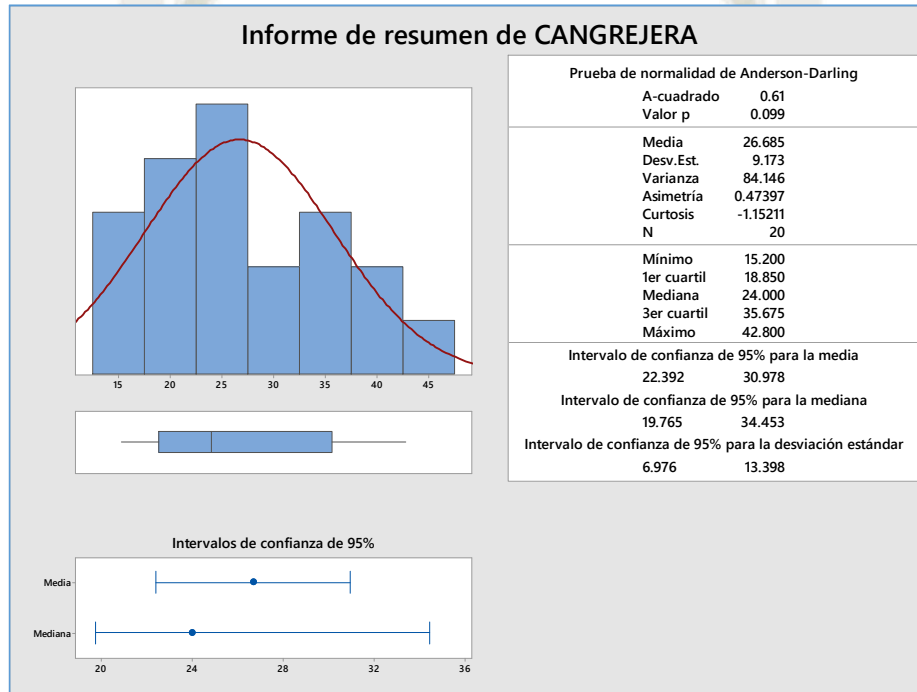


Figura 55: Prueba de Hipótesis (Fuente: Propia)

R. Diagrama de Flujo de Mejoramiento de procesos.

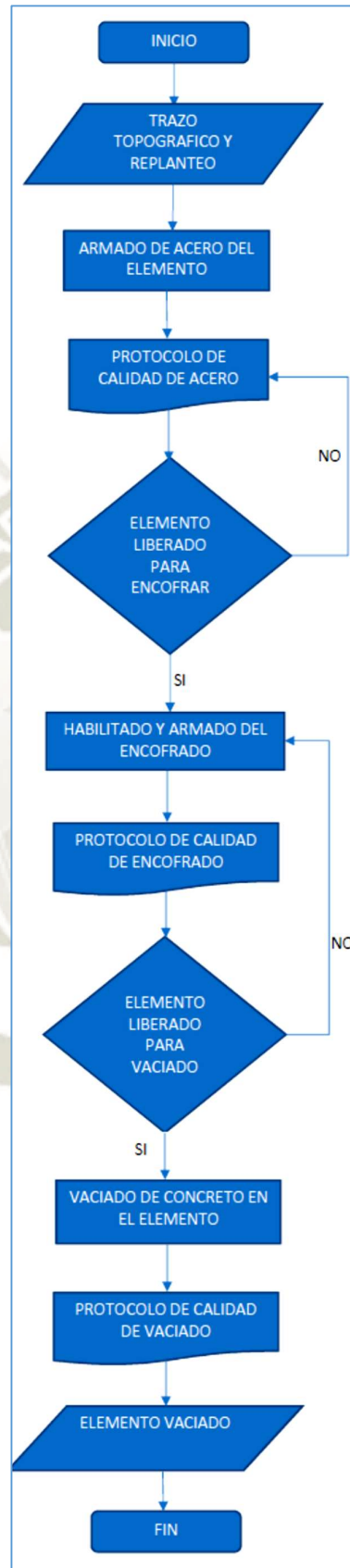


Figura 56: Diagrama de Flujo-Mejoramiento de procesos (Fuente: Propia)

4.5.4.3. Fase Control.

Se logró estabilizar el proceso como se muestra a continuación en el informe semanal de producción, evitando los picos generados por los retrabajos consecuencia del incorrecto planeamiento que se llevaba hasta esa fecha.

FECHA	CUADRILLA	M2/DIA	COSTO/M2	PROD ACUM
6/06/2018	4op+1 ayud	26.00	21.15	26.00
7/06/2018	3op+1 ayud	22.00	19.55	48.00
8/06/2018	3op+1 ayud	18.00	23.89	66.00
9/06/2018	3op+1 ayud	19.00	22.63	85.00
28/06/2018	4op+1 ayud	25.00	22.00	110.00
29/06/2018	3op+1 ayud	20.00	21.50	130.00
30/06/2018	2op	15.00	20.67	145.00
2/07/2018	2op	14.00	17.14	159.00
19/07/2018	2op	13.00	18.46	172.00
20/07/2018	4op+1 ayud	30.00	18.33	202.00
21/07/2018	3op+1 ayud	18.00	23.89	220.00
23/07/2018	2op	16.00	15.00	236.00
8/08/2018	4op+1 ayud	32.00	17.19	268.00
9/08/2018	4op+1 ayud	30.00	18.33	298.00
10/08/2018	3op+1 ayud	24.00	17.92	322.00
11/08/2018	2op	16.00	15.00	338.00
28/08/2018	2op	14.00	17.14	352.00
29/08/2018	4op+1 ayud	26.00	21.15	378.00
30/08/2018	4op+1 ayud	28.00	19.64	406.00
31/08/2018	4op+1 ayud	31.00	17.74	437.00

17/09/2018	2op	12.00	20.00	449.00
18/09/2018	4op+1 ayud	29.00	18.97	478.00
19/09/2018	4op+1 ayud	27.00	20.37	505.00
20/09/2018	4op+1 ayud	30.00	18.33	535.00
6/10/2018	2op	15.00	16.00	550.00
7/10/2018	4op+1 ayud	28.00	19.64	578.00
8/10/2018	4op+1 ayud	26.00	21.15	604.00
9/10/2018	4op+1 ayud	32.00	17.19	636.00

Formato 17: Informe de producción (Fuente: Propia)

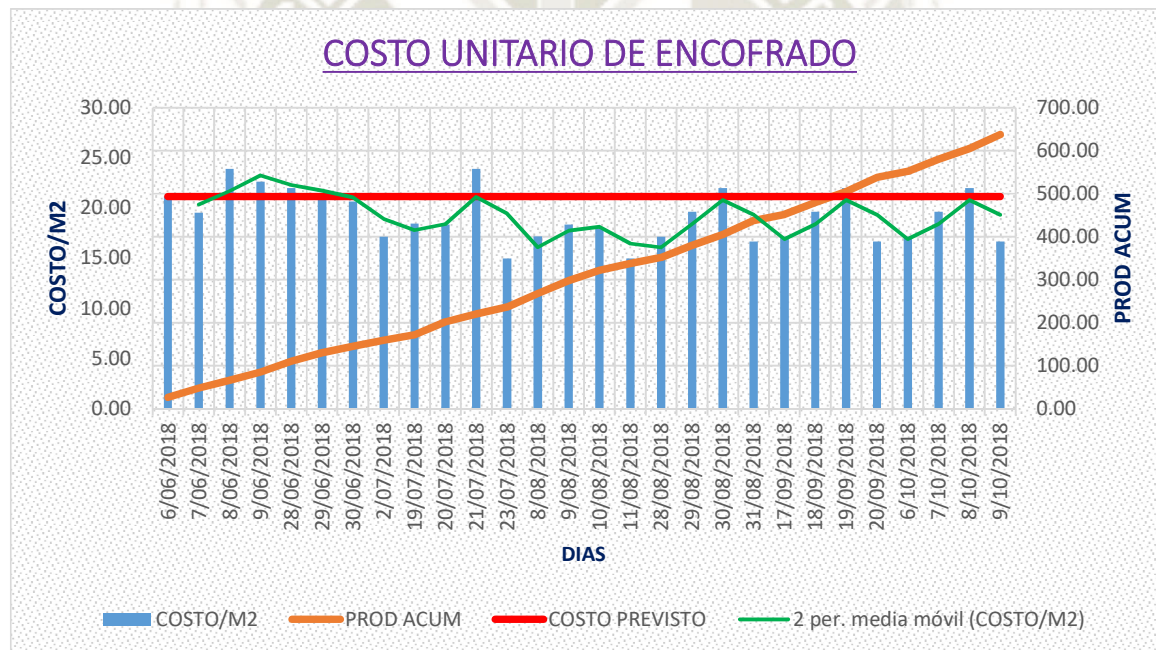


Figura 57: Costo real vs Días (Fuente: Propia)



Figura 58: Mano de obra en encofrado de placas y columnas, Obra Residencial Palermo

(Fuente: Propia)

S. Cuantificación de defectos.

La optimización debe ser el objetivo de la filosofía six sigma y del lean construction, así como de la ejecución de los trabajos en obra, se debe concentrar esfuerzos en hacer de este principio un dogma de trabajo. Entender que los trabajos ejecutados sin errores no es un costo si no un ahorro, y este es un paso muy importante para implementar las filosofías lean y six sigma. Ahora el six sigma se basa en un enfoque empresarial que se apoya datos y hechos, y esto sirve para exponer la real magnitud del valor aportado de una ejecución de trabajo sin defectos o errores. Cada partida ejecutada que no cumpla con los requisitos y condiciones demandados por el cliente, provoca costos adicionales que cuando se cuantifica siempre resulta muy superior a la peor de las previsiones, y esto además del valor incalculable que es tener a un cliente insatisfecho con los trabajos que se le ha hecho.

CUANTIFICACION DE DEFECTOS/ENCOFRADOS				
CODIGO	CANTID	%	% ACUM	TIPO
DESN	53	43.44%	43.44%	DESNIVELADO
CHI	35	28.69%	72.13%	CHICHONES
DESG	34	27.87%	100.00%	DESGASTADO

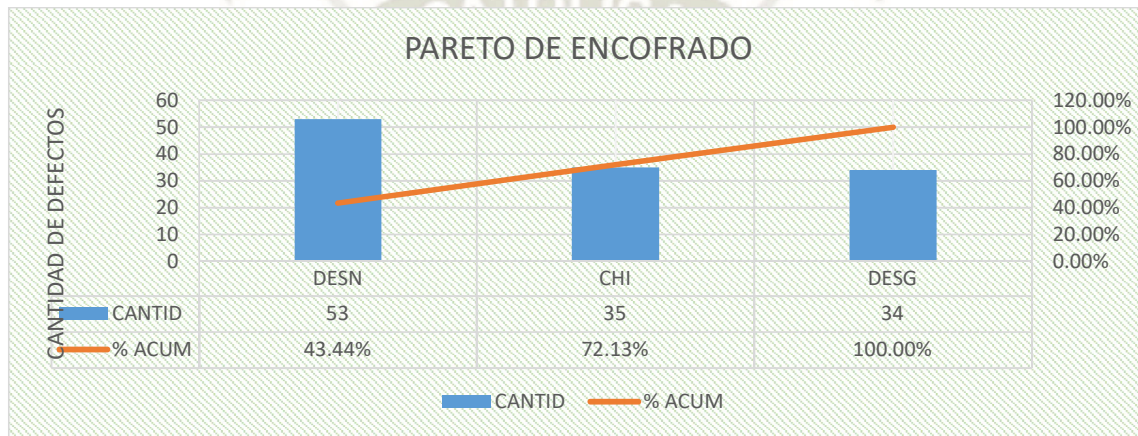


Figura 59: Diagrama de Pareto encofrado (Fuente: Propia)

CUANTIFICACION DE DEFECTOS/CONCRETO				
CODIGO	CANTID	%	% ACUM	TIPO
BUR	43	35.54%	35.54%	BURBUJAS DE AIRE
CAN	33	27.27%	62.81%	CANGREJERA
SEG	27	22.31%	85.12%	SEGREGACION
DESP	18	14.88%	100.00%	DESPLOMADO

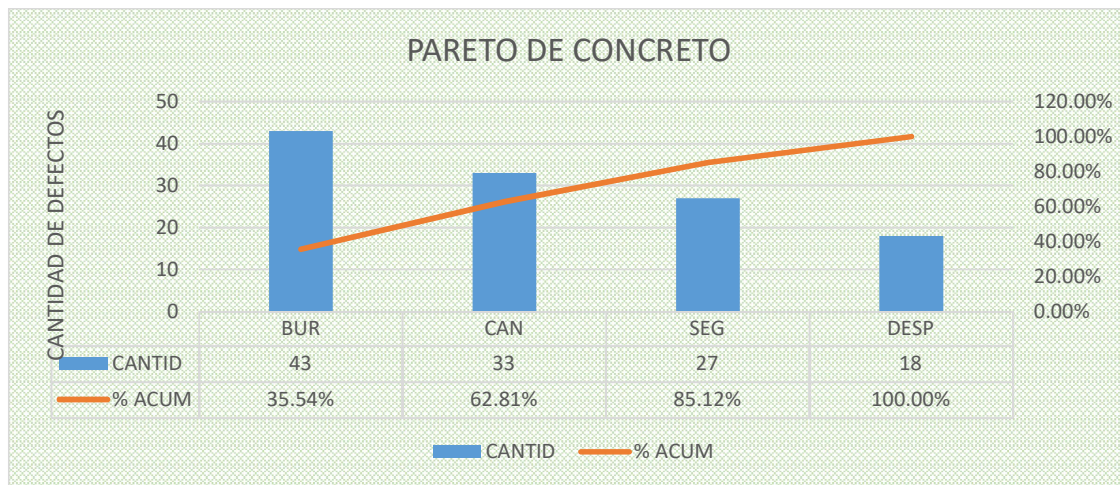


Figura 60: Diagrama de Pareto concreto (Fuente: Propia)



Figura 61: Defectos en el vaciado de concreto en obra, Obra Residencial Palermo (Fuente: Propia)

4.6. Gestión de la obra

Además de todo lo expuesto anteriormente es necesario hacer presente que la gestión de obra es muy importante para poder sacar adelante todo proyecto, tiene que entenderse que la gestión articula y aglutina todas las acciones encaminadas hacia el correcto desarrollo y finalización del propio proceso constructivo.

Por tanto, desde que empezamos a planificar un proyecto hasta cuando se termina, debemos ser capaces reunir todas las herramientas necesarias y basarnos en la estrategia

empresarial. Al fin y al cabo, todo proyecto incluidos las obras civiles deben manejarse orientados al éxito empresarial, debemos considerar principios que le dan forma y sentido.

- **Orientación al Cliente.** Todos y cada uno de los agentes y sus competencias deben estar orientadas hacia el cliente. La satisfacción del cliente y el valor añadido que se le aporta es la base del éxito empresarial.
- **Enfoque Basado en Datos y Hechos.** Para el correcto control y avance de todos los procesos se debe recopilar la mayor cantidad de datos útiles posibles. Toda gestión que se incluya dentro de la ejecución de la obra necesita de una información para que se pueda realizar de manera efectiva.
- **Fijación en el proceso.** La mejora continua se consigue a través de una buena gestión y administración. Por tanto, los procesos deben actuar como guías para todas la tareas y actividades que se suceden en la Gestión de la Obra.
- **Trabajo Proactivo.** Se debe tener una actitud positiva que permita adelantarse a los problemas y acontecimientos, esto debe hacerse un habito, logrando incentivos que puedan permitir prioriza los objetivos trazados.
- **Trabajo en equipo.** Este es un punto muy importante ya que todos los participantes deben buscar el mismo objetivo, áreas diferentes, escalafones superiores e inferiores, directivos, mandos intermedios, todos deben colaborar y apoyarse permitiendo el flujo de conocimientos.



Figura 62: Propuesta de gestión en obra (Fuente: Propia)

Capítulo V: Presentación de Resultados

5.1. Productividad de metodología tradicional

La productividad de la metodología constructiva tradicional muestra la cantidad de HH necesarias para completar los metrados que se plantearon al realizar la planificación a mediano y corto plazo.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	METRADO TOTAL	RATIO PROG	TOTAL HH PROG	CUADRILLA	FECHA: 09/06/2018		
							RATIO REAL	HH REALES	% VARIACION
07.04	COLUMNAS 1ER NIVEL (3 COLUMNAS)								
07.04.0	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	250.00	0.08	21.00	2 op+1 peon	0.11	26.25	25.00%
07.04.0	ENCOFRADO NORMAL COLUMNAS	m2	17.40	2.10	36.54	2 op+1 peon	2.30	40.02	9.52%
07.04.0	CONCRETO EN COLUMNAS fc=210 kg/cm2	m3	2.09	8.50	17.77	3 op+ 6 peon	9.20	19.23	8.24%
07.05	PLACAS 1ER NIVEL (2 PLACAS)								
07.05.0	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	844.00	0.08	70.90	3 op+1 peon	0.11	88.62	25.00%
07.05.0	ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS	m2	21.81	2.10	45.80	2 op+1 peon	2.30	50.16	9.52%
07.05.0	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS fc=210 kg/cm2	m3	4.34	8.50	36.89	3 op+ 6 peon	9.20	39.93	8.24%
07.06	VIGAS 1ER NIVEL (4 VIGAS)								
07.06.0	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	552.86	0.08	46.44	3 op+1 peon	0.11	58.05	25.00%
07.06.0	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m2	45.00	1.50	67.50	4 op+1 peon	1.85	83.25	23.33%
07.07	LOSAS ALIGERADAS 1ER NIVEL (30 % DE A. TOTAL)								
07.07.0	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	302.28	0.08	25.39	3 op+1 peon	0.11	31.74	25.00%
07.07.0	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	46.84	1.20	56.20	4 op+1 peon	1.40	65.58	16.68%
							PROMEDIO		17.55%

Figura 63: Productividad modelo constructivo tradicional

Como se puede observar, en las actividades que se analizaron como sujeto de prueba se estableció la cantidad de metrado planeado a ejecutar en el primer nivel, también se consideró el ratio teórico dado por los análisis de precios unitarios (hh/kg, hh/m², hh/m³), dándonos una cantidad de HH que se debía requerir para poder completar la actividad, pero a la hora de realizar los trabajos se pudo observar un sobredimensionamiento de las cuadrillas para poder cumplir con las metas dadas, esto nos mostró que el ratio real de trabajo era mayor al planificado, y en consecuencia las HH utilizadas también eran superiores a lo preestablecido; toda esta variación que se presenta en el método tradicional constructivo repercute en mayores costos en mano de obra y por ende en menor rentabilidad del proyecto.

A continuación, se realiza un paralelismo entre variación de productividad del método tradicional con la propuesta metodológica planteada, tomando de referencia las mismas partidas que se analizaron, pero considerando los elementos y metrados que quedaron como saldo en el primer nivel del proyecto en estudio.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	TOTAL HH PROG	FECHA: 10/06/2018		% VARIACION
				HH M.TRAD	HH M. PROP.	
07.04	COLUMNAS 1ER NIVEL (3 COLUMNAS)					
07.04.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	21.00	26.25	22.30	15.05%
07.04.02	ENCOFRADO NORMAL COLUMNAS	m2	36.54	40.02	36.82	8.00%
07.04.03	CONCRETO EN COLUMNAS fc=210 kg/cm2	m3	17.77	19.23	16.55	13.93%
07.05	PLACAS 1ER NIVEL (2 PLACAS)					
07.05.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	70.90	88.62	70.33	20.64%
07.05.02	ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS	m2	45.80	50.16	44.79	10.71%
07.05.03	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS fc=210 kg/cm2	m3	36.89	39.93	35.22	11.79%
07.06	VIGAS 1ER NIVEL (4 VIGAS)					
07.06.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	46.44	58.05	51.33	11.58%
07.06.02	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m2	67.50	83.25	76.38	8.25%
07.07	LOSAS ALIGERADAS 1ER NIVEL					
07.07.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	25.39	31.74	27.16	14.43%
07.07.02	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	56.20	65.58	59.42	9.39%
				PROMEDIO		12.38%

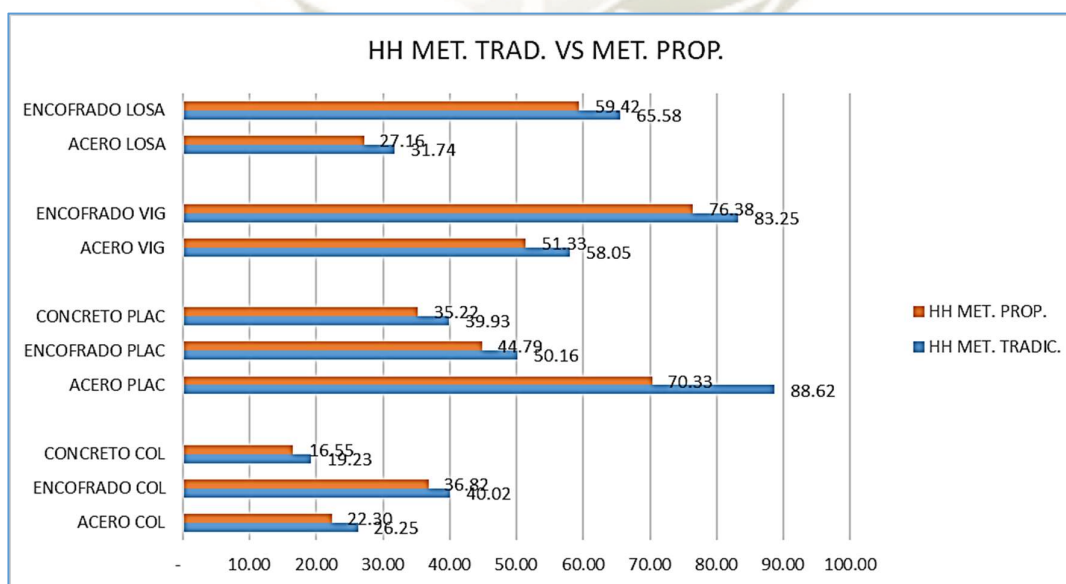


Figura 64: Comparación metodología tradicional y propuesta

5.2. Análisis de la productividad

A continuación, se presenta la relación que existe entre el nivel sigma y el trabajo productivo, así como el detalle de la productividad de cada partida evaluada en las cartas balance.

5.2.1. Six Sigma y la productividad

Tabla 1

Nivel sigma por niveles

Nivel	Sigma Encofrado	% Variación	Sigma Concreto	% Variación
1er nivel	1.10		1.12	
2do nivel	1.16	5.45%	1.20	7.14%
3er nivel	1.21	4.31%	1.25	4.17%
4to nivel	1.26	4.13%	1.32	5.60%
5to nivel	1.31	3.97%	1.38	4.55%
6to nivel	1.39	6.11%	1.47	6.52%
7mo nivel	1.48	6.47%	1.55	5.44%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla mostrada se deduce que el nivel sigma que se dio en cada nivel fue mejorando con el transcurrir del proyecto, aunque esta mejora fue bastante pequeña, promedio del 5.07% en el encofrado y de 5.57% en el concreto, esta nos sirvió para poder implementar las herramientas de mejora de procesos en que es el objetivo de la metodología DMAIC del Six sigma que aquí se integró con el Lean Construction de acuerdo al diseño de la propuesta metodológica. Todos estos resultados se encuentran dentro del rango de “Necesita mejorar”, por lo que esto demuestra que se requiere mayores mejoras y mayor control de los procesos para tratar de llegar al Six Sigma que es la meta.

A continuación, se presenta una muestra de la correlación que existe entre la mejora de procesos del Six sigma y la utilización de HH para la ejecución de los trabajos, la cual nos

permite ver que tanto apporto en la mejora de la productividad mediante la metodología propuesta.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	SIGMA ENCOFRADO	SIGMA CONCRETO	HH PLANIF	HH REAL	VAR HH
01.01	TERMINO A NIVEL DE PROYECCTO					
01.01.01	AL PRIMER NIVEL	1.10	1.12	1,151.05	1,115.36	3.10%
01.01.02	AL TERCER NIVEL	1.21	1.25	5,591.88	5,120.77	8.42%
01.01.03	AL QUINTO NIVEL	1.31	1.38	9,127.01	7,224.40	20.36%

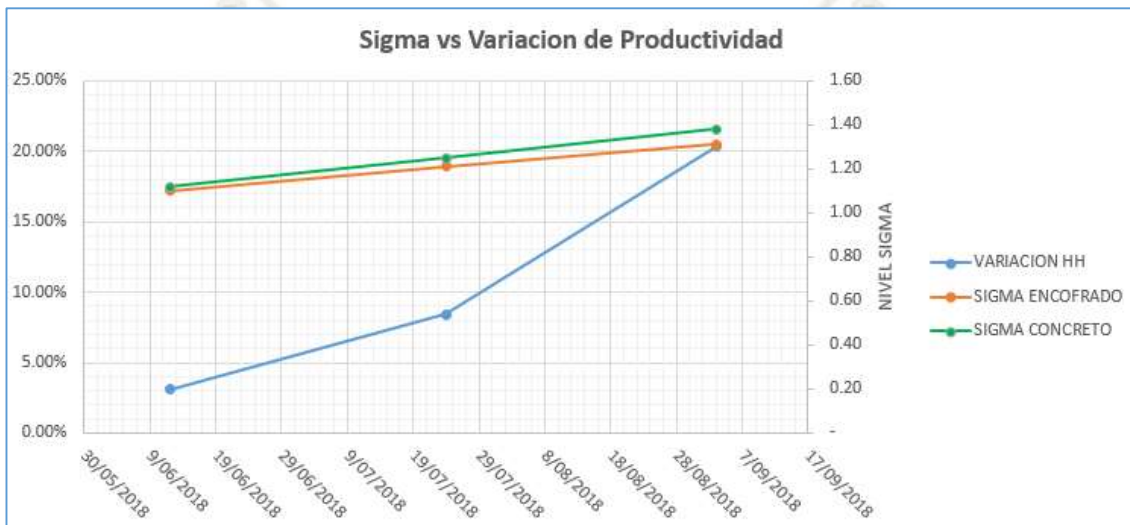


Figura 65: Relación de six sigma con las HH trabajadas (Fuente Propia)

Como se ve en cuadro adjunto el nivel sigma mantiene una relación directa con la mejora de la optimización de las HH y por ende en la productividad de los procesos que estuvieron involucrados, aquí se puede decir que la mejora de los procesos mediante las herramientas utilizadas fue positiva logrando que al final contribuyera a mejorar la productividad.

5.2.2. Análisis de Productividad del Acero

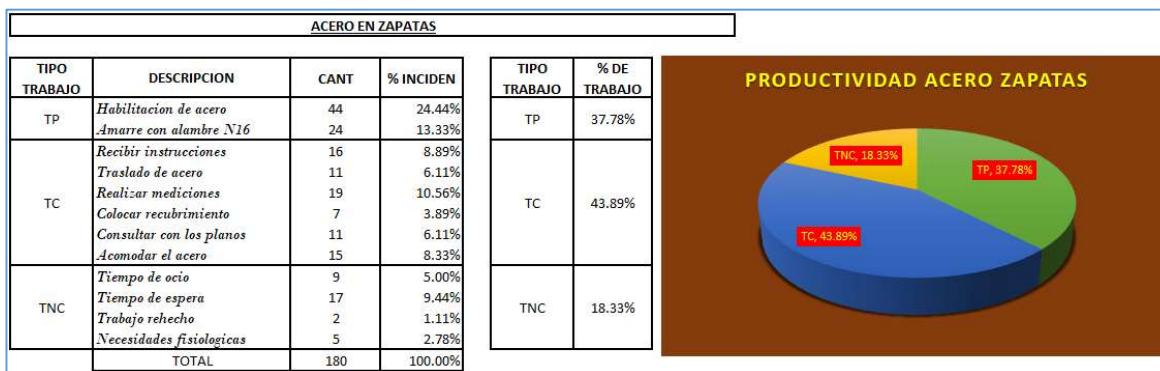


Figura 66: Productividad acero zapatas (Fuente: Propia)

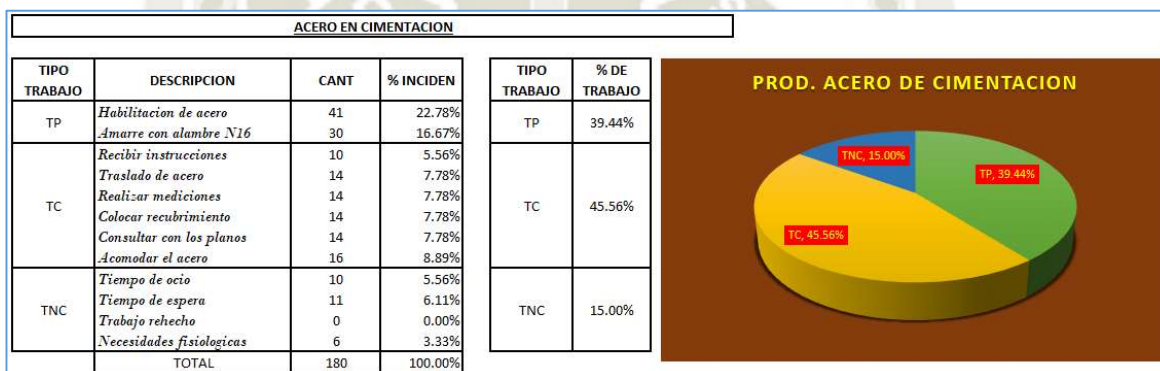


Figura 67: Productividad acero cimentación (Fuente: Propia)

En estas graficas se representa las actividades que se hicieron para lograr realizar la partida descrita, y además poder clasificarla dentro de un tipo de trabajo ya sea TP, TC, o TNC. Las partidas mostradas son zapatas y cimentación en el cual se identifica que el TC es mayor al TP y este al TNC, esto nos indica que el trabajo contributorio tiene un peso importante en las partidas de armado de acero.

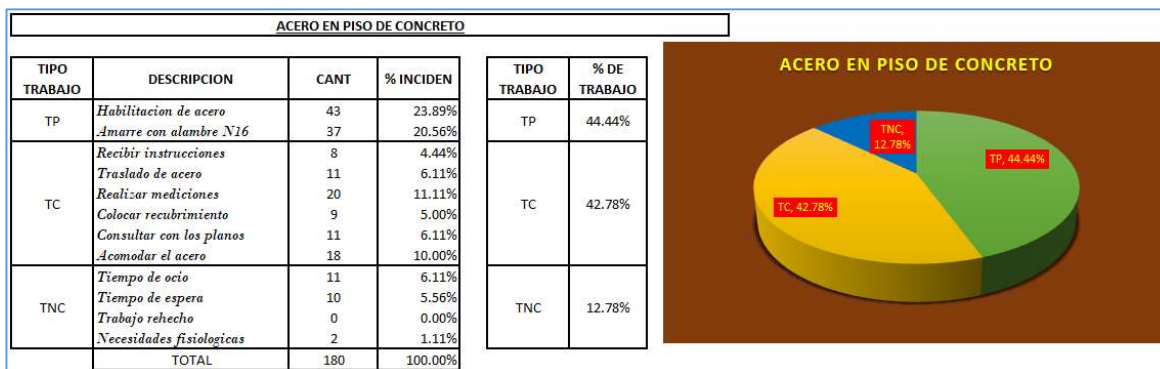


Figura 68: Productividad acero piso (Fuente: Propia)

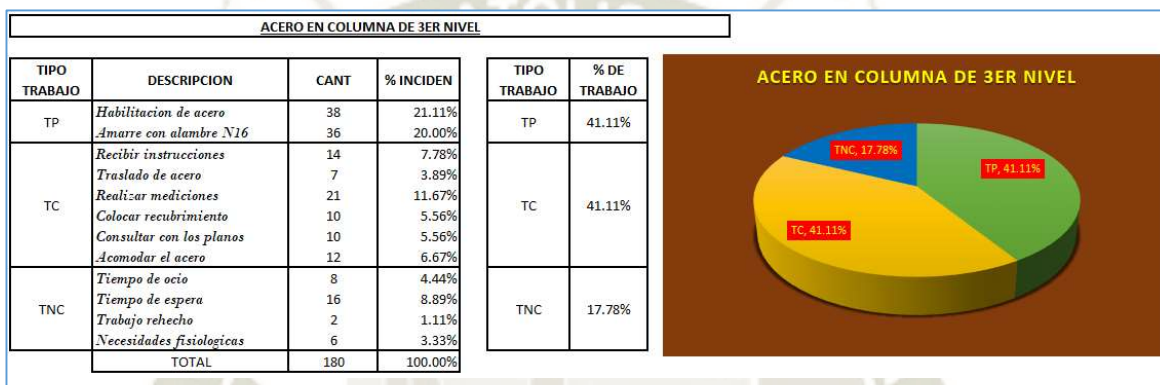


Figura 69: Productividad acero columnas (Fuente: Propia)

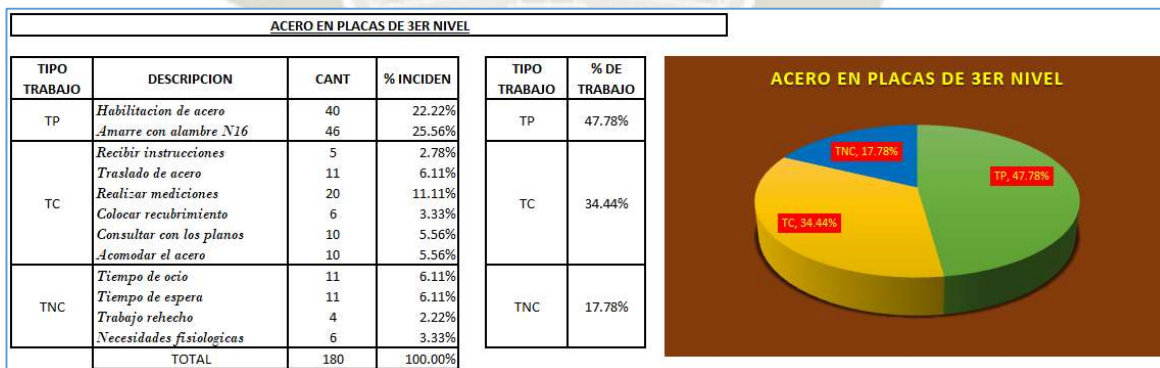


Figura 70: Productividad acero placas (Fuente: Propia)

Se continua con el detalle de las actividades que se realizaron para completar las partidas de habilitación del acero en los elementos descritos, aquí además se observa que el TP es ligeramente mayor al TC y mayor al TNC, y esto se debe a que al ser elementos verticales repetitivos se logró mejorar el rendimiento mediante la curva de aprendizaje.

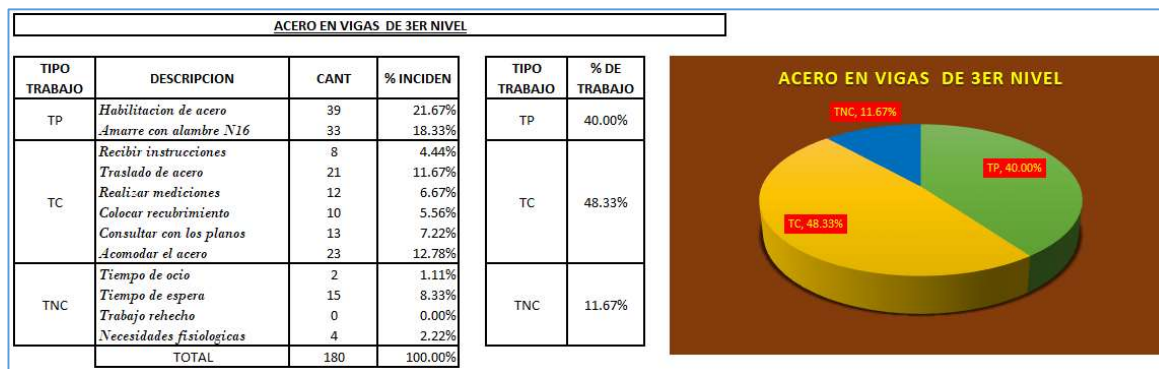


Figura 71: Productividad acero vigas (Fuente: Propia)

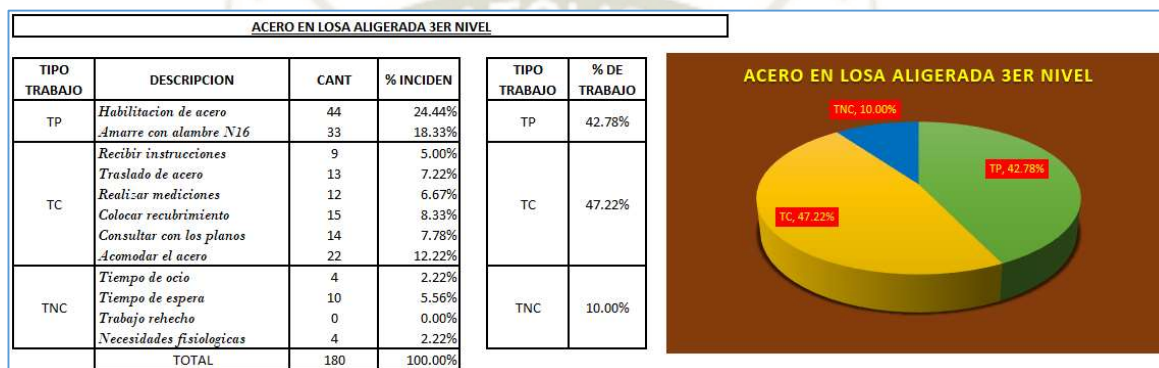


Figura 72: Productividad acero losa aligerada (Fuente: Propia)

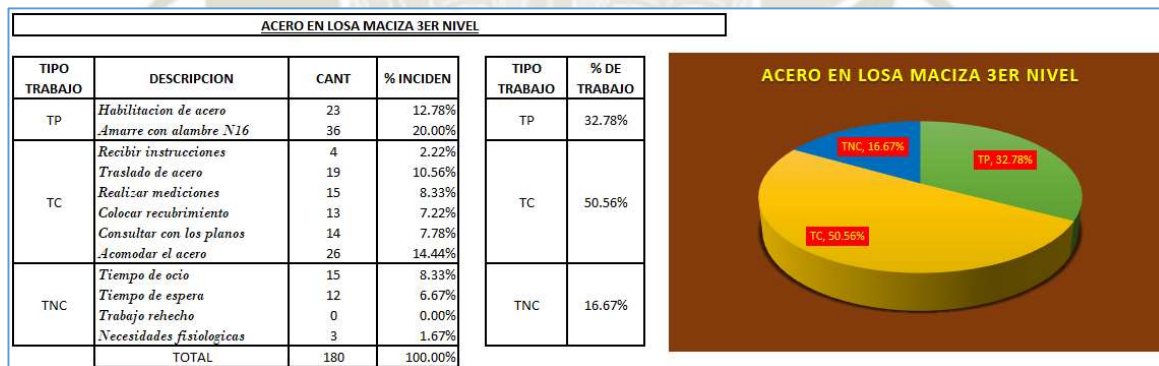


Figura 73: Productividad acero losa maciza (Fuente: Propia)

En los presentes gráficos se muestra las actividades que se realizaron para completar las partidas de habilitación de acero, pero se observa que el TC es mayor al TP y al TNC, esto a consecuencia de que a ser estructuras en elevación tienden a tener más complejidad a la hora de habilitar el acero, por lo que se requiere más apoyo y coordinación para completar el trabajo.

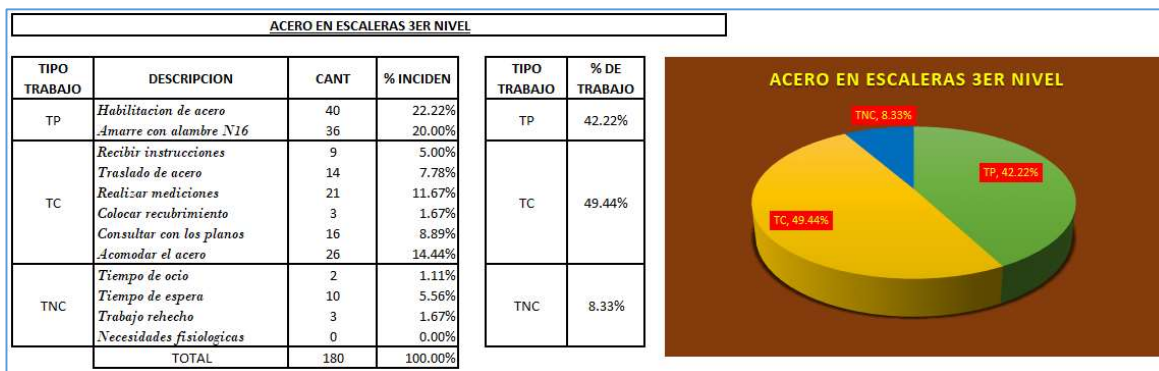


Figura 74: Productividad acero escalera (Fuente: Propia)

5.2.3. Análisis de Productividad de Encofrado

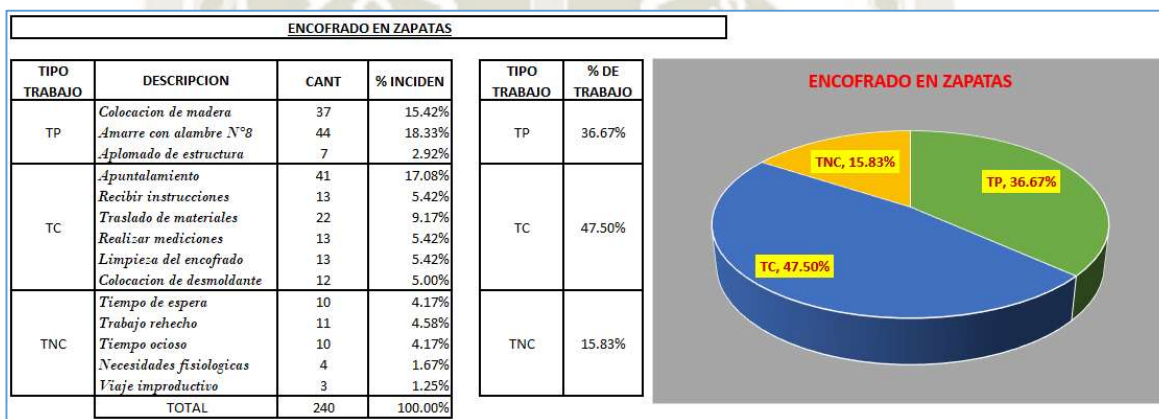


Figura 75: Productividad encofrado zapatas (Fuente: Propia)

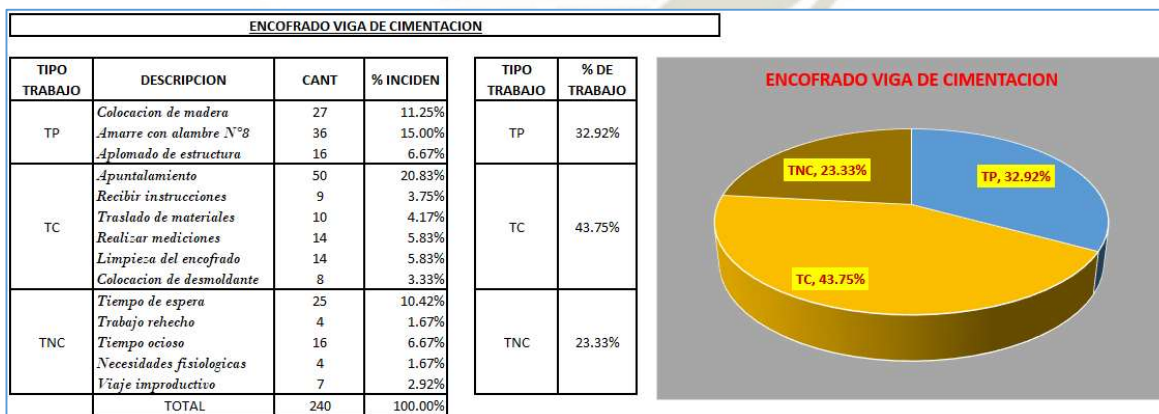


Figura 76: Productividad encofrado cimentación (Fuente: Propia)

En esta sección se comienza a analizar las partidas de encofrado, de igual manera se detalla las actividades que se realizaron para completar el trabajo, así como el TP, TC y TNC.

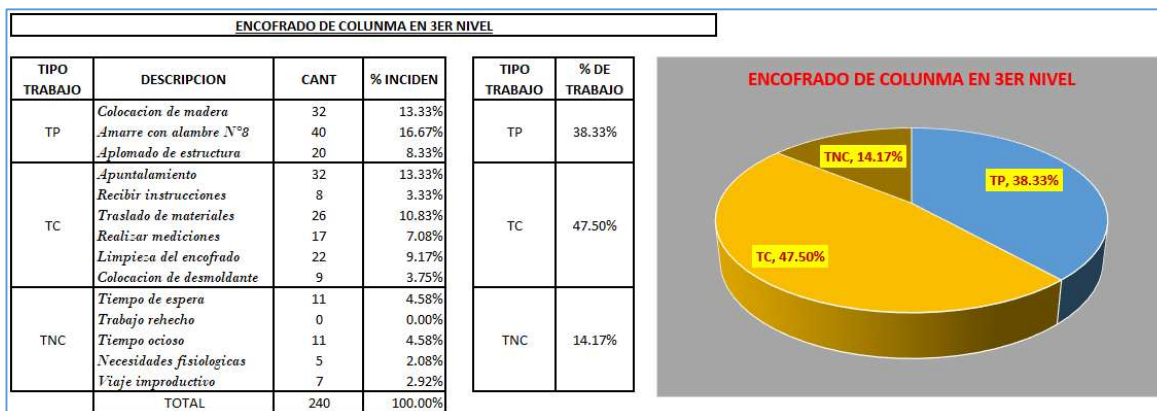


Figura 77: Productividad encofrado columnas (Fuente: Propia)

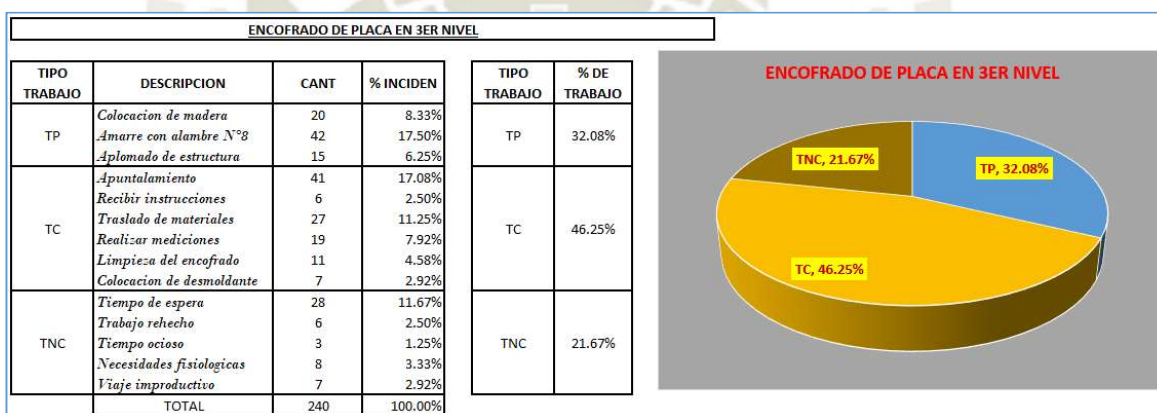


Figura 78: Productividad encofrado placas (Fuente: Propia)

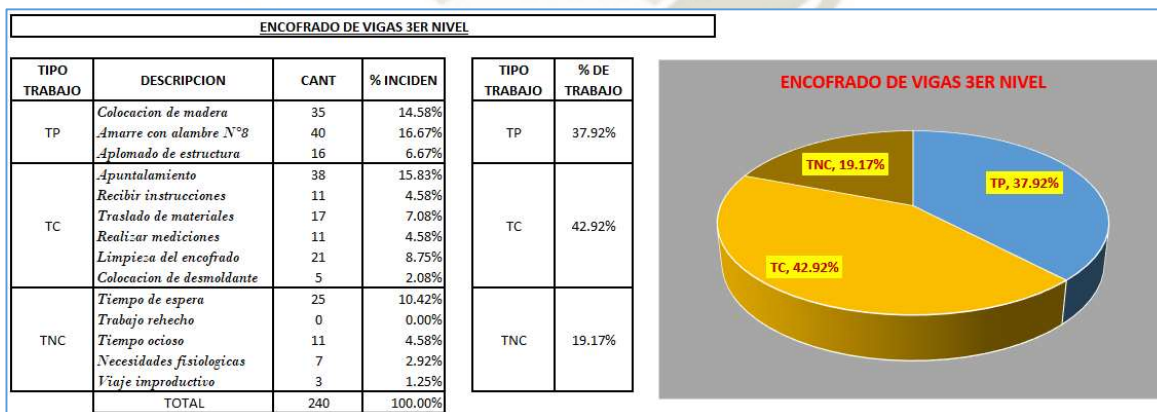


Figura 79: Productividad encofrado vigas (Fuente: Propia)

En los gráficos presentes se sigue mostrando que el TC sigue siendo mayor al TP y al TNC, esto es debido a que el encofrado de los elementos descritos requiere mayor precisión.

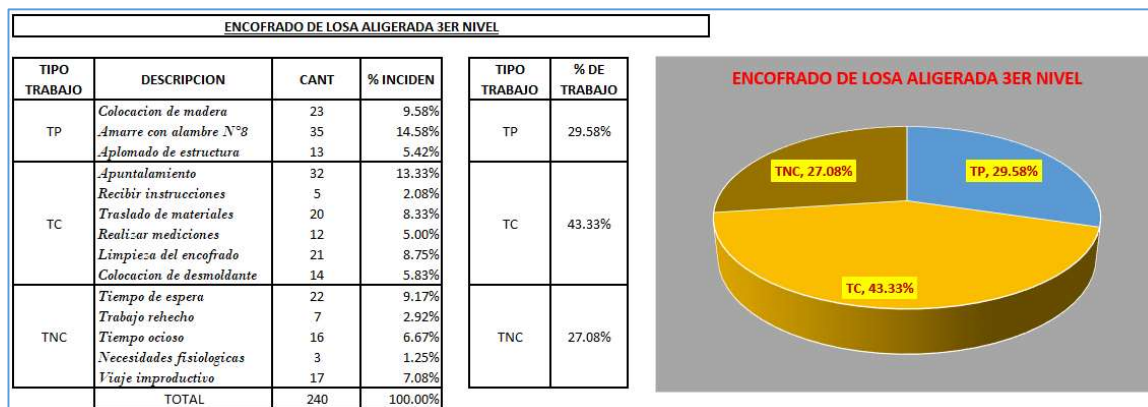


Figura 80: Productividad encofrado losa aligerada (Fuente: Propia)

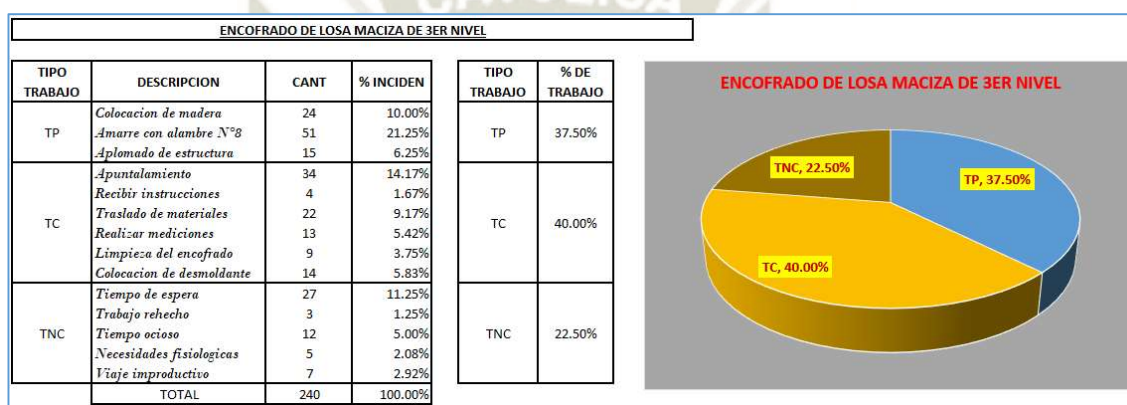


Figura 81: Productividad encofrado losa maciza (Fuente: Propia)

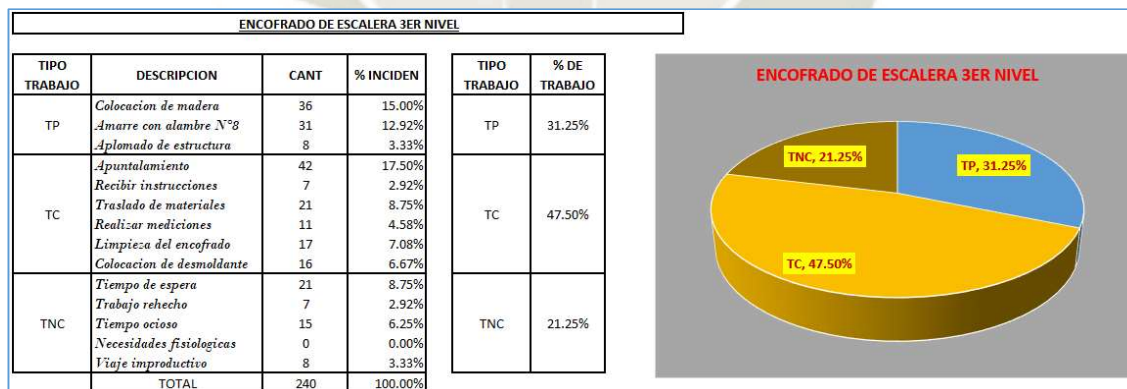


Figura 82: Productividad encofrado escalera (Fuente: Propia)

Igual a lo descrito antes, las partidas de habilitación de encofrado deben hacerse con mayor precisión, por lo que aquí el TC sigue siendo mayor al TP y al TNC y en los elementos que se presentan con mayor razón ya que presentan además un riesgo de seguridad al personal.

5.2.4. Análisis de Productividad de Concreto

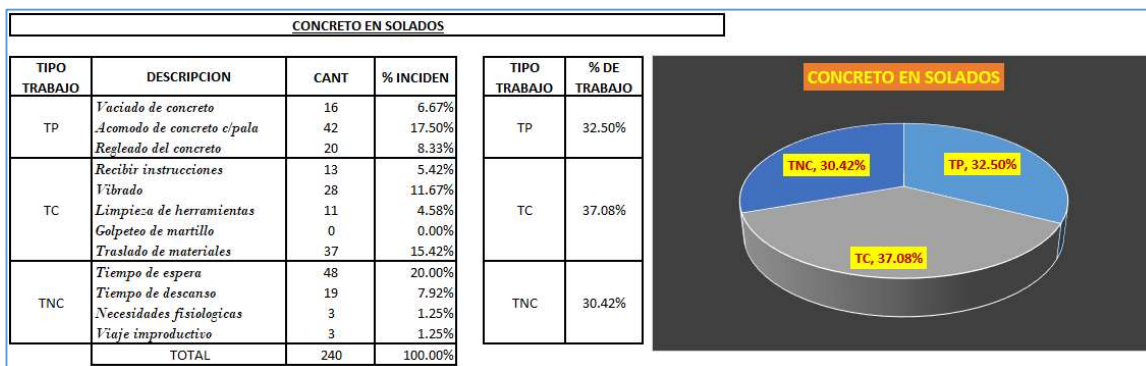


Figura 83: Productividad concreto solados (Fuente: Propia)

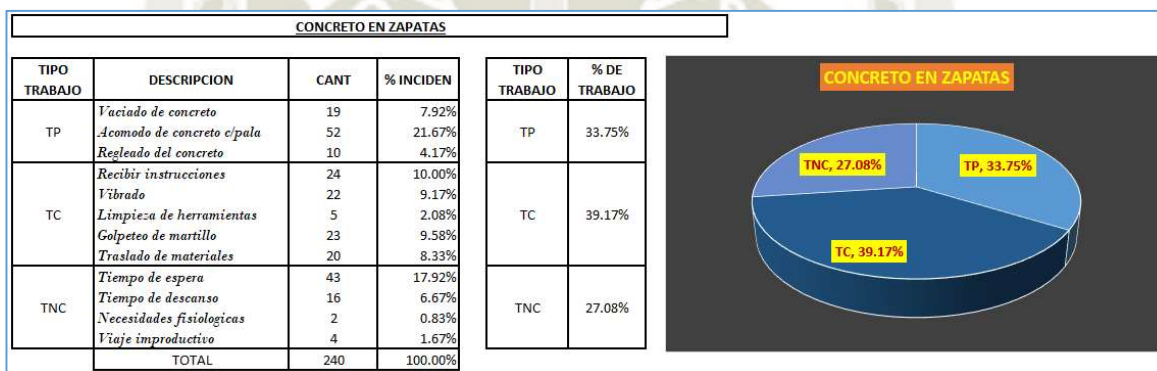


Figura 84: Productividad concreto zapatas (Fuente: Propia)

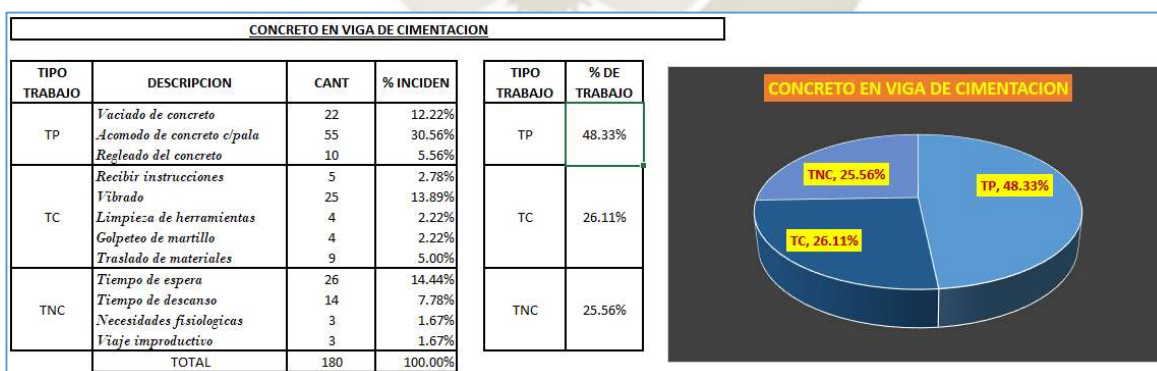


Figura 85: Productividad concreto viga de cimentación (Fuente: Propia)

Las partidas de vaciado de concreto en los elementos analizados nos muestran que el TP es similar al TC y a veces es mayor, esto a causa de que el vaciado se realiza con concreto premezclado puesto en obra, evitando problemas que pudieran suscitarse con la preparación.

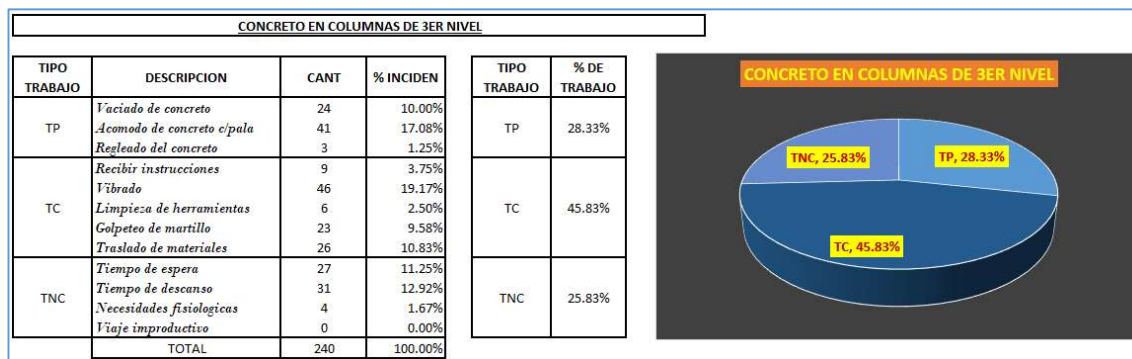


Figura 86: Productividad concreto columnas (Fuente: Propia)

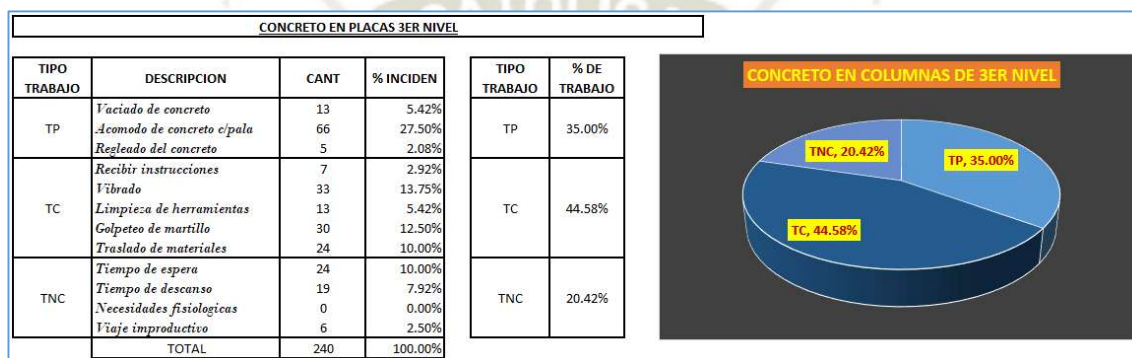


Figura 87: Productividad concreto placas (Fuente: Propia)

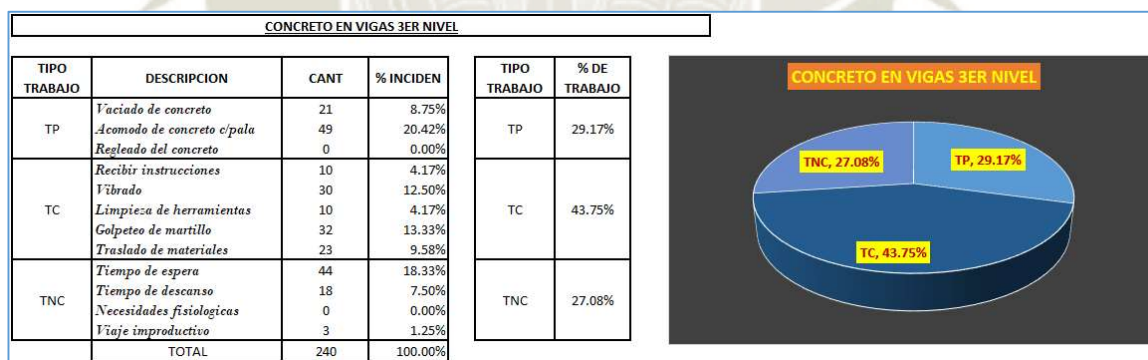


Figura 88: Productividad concreto vigas (Fuente: Propia)

Aquí las partidas de vaciado de concreto en los elementos mostrados tienen mayor incidencia el TC seguido del TP y TNC, esto debido a que los elementos verticales siempre deben ser vaciados con cuidado ya que se deben evitar cangrejeras o segregación que más tarde puedan comprometer a la estructura, esto también aplica a las vigas ya que al ser elementos de gran longitud se debe cuidar su uniformidad de vaciado.

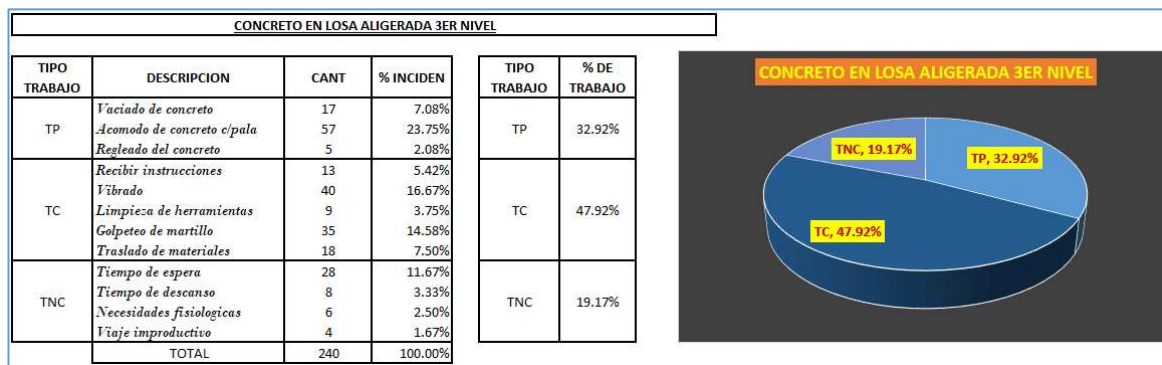


Figura 89: Productividad concreto losa aligerada (Fuente: Propia)

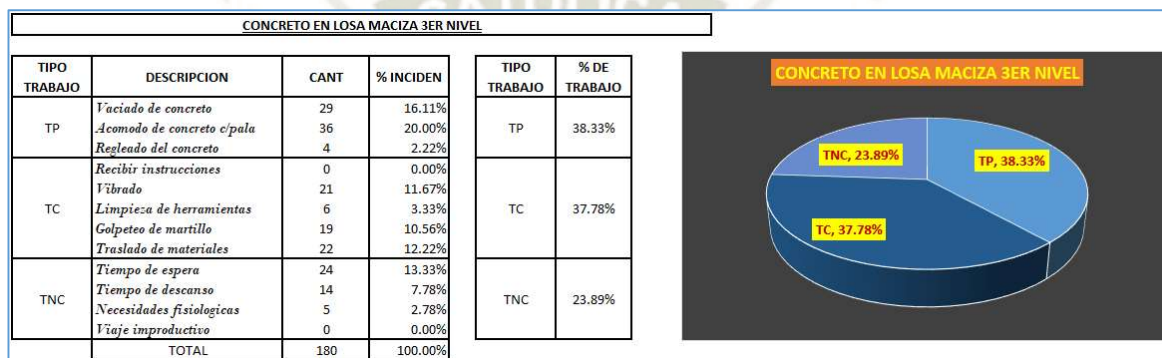


Figura 90: Productividad concreto losa maciza (Fuente: Propia)

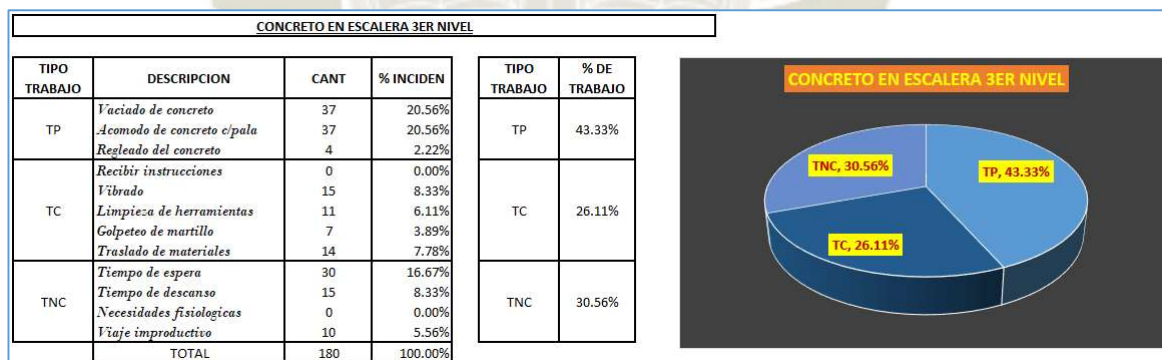


Figura 91: Productividad concreto escalera (Fuente: Propia)

Se continua con el detalle de las actividades que participan en las partidas de vaciado de concreto, el TC sigue siendo mayor al TP y al TNC, ya que en los elementos mostrados se debe tener en consideración la uniformidad de concreto las viguetas de la losa aligerada y la garganta de la escalera, todo esto repercute en la incidencia del tipo de trabajo.

5.3. Resumen de la productividad

5.3.1. Productividad del Acero.

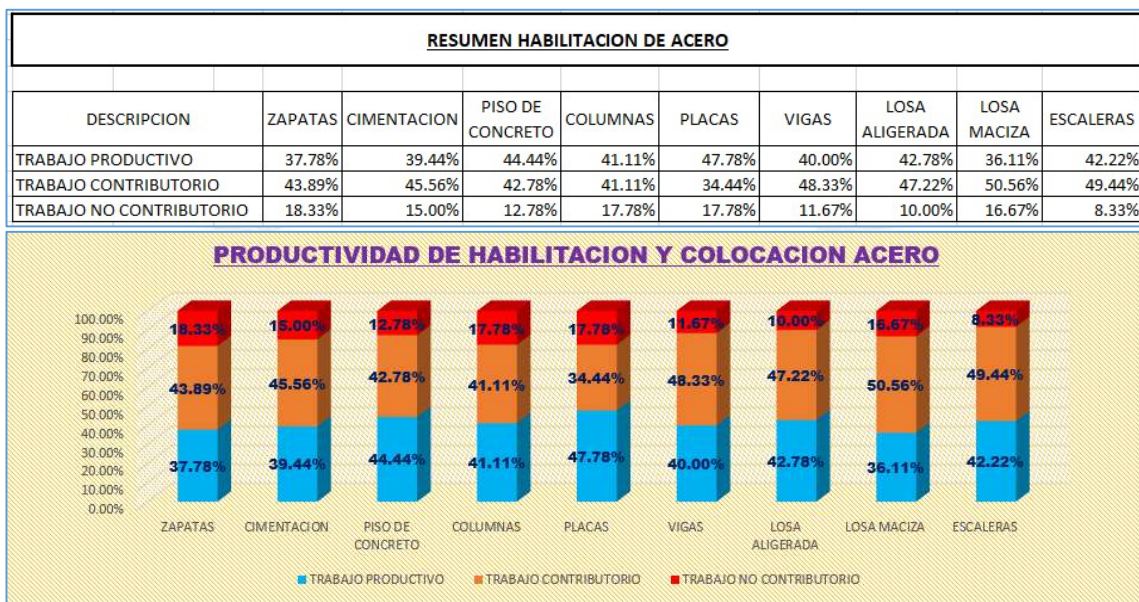


Figura 92: Análisis habitación acero (Fuente: Propia)

5.3.2. Productividad del Encofrado.

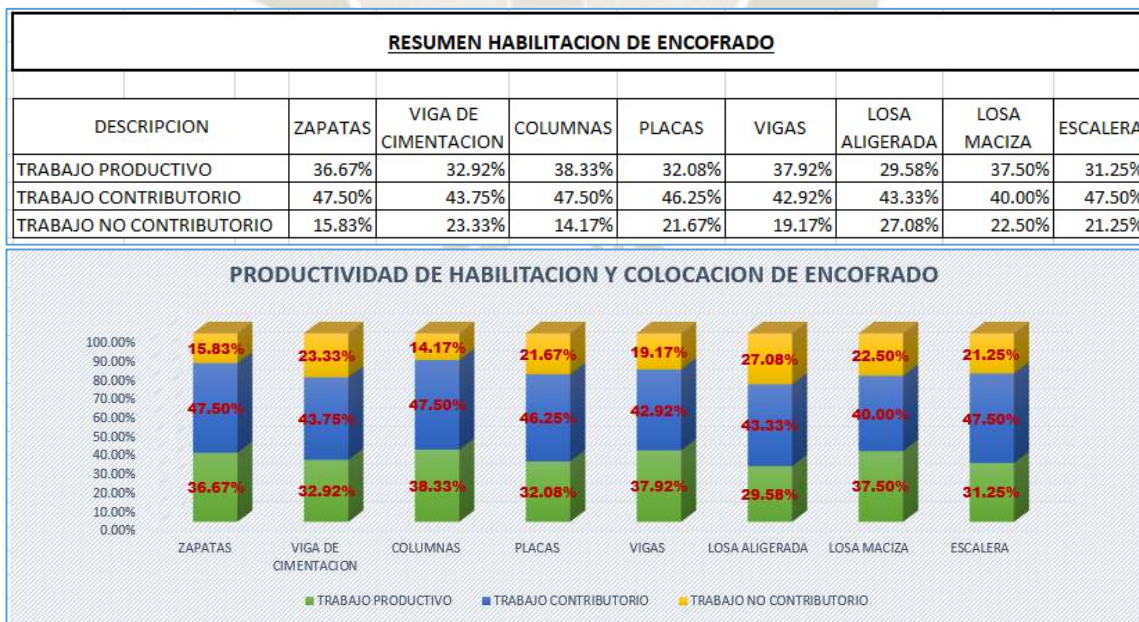


Figura 93: Análisis habitación encofrado (Fuente: Propia)

5.3.3. Productividad del Concreto.

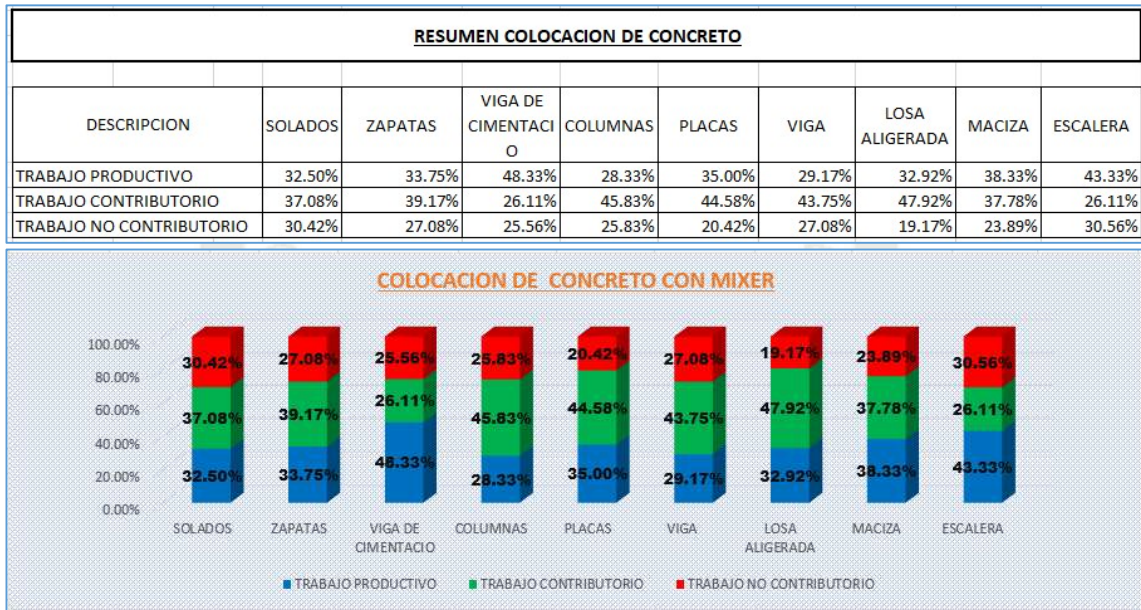


Figura 94: Análisis colocación concreto (Fuente: Propia)

5.3.4. Resultados Finales de Productividad.

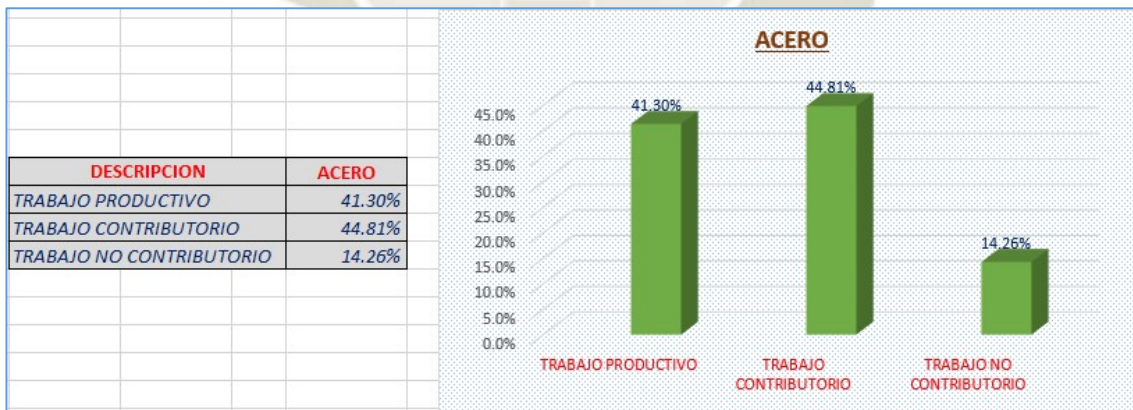


Figura 95: Productividad final acero (Fuente: Propia)

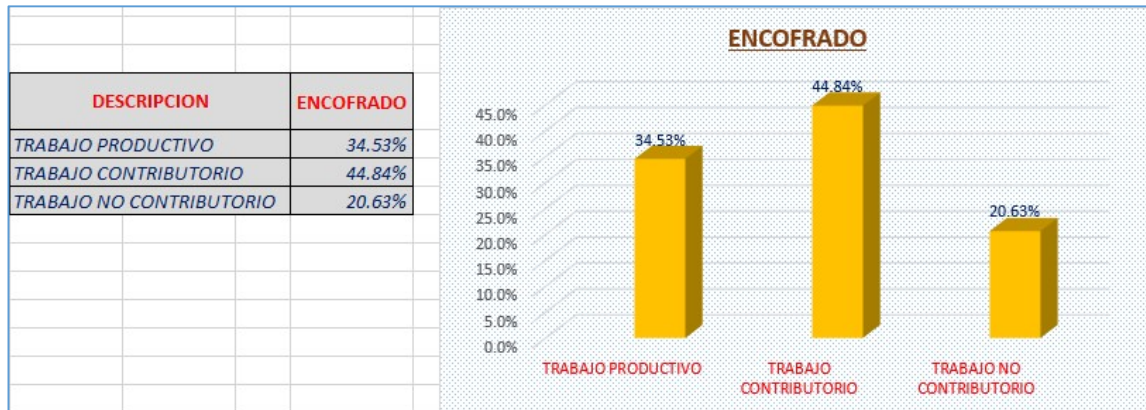


Figura 96: Productividad final encofrado (Fuente: Propia)

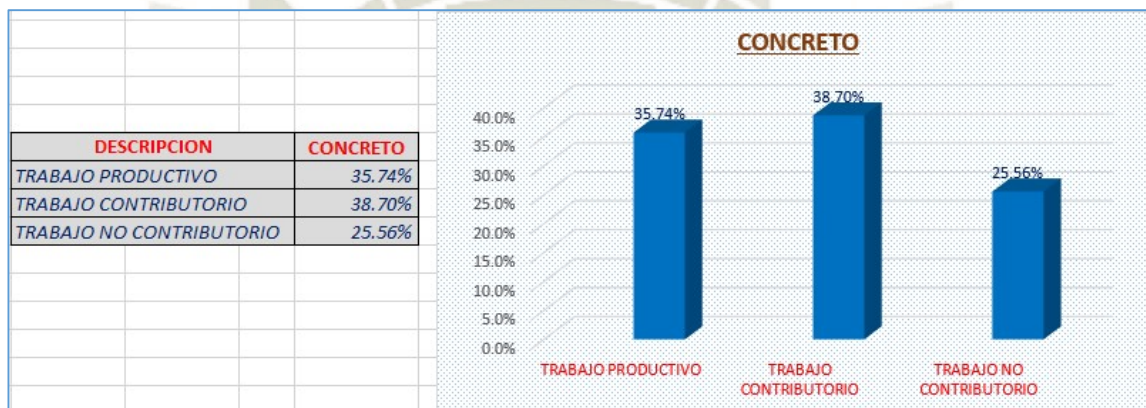


Figura 97: Productividad final concreto (Fuente: Propia)

5.4. Evolución de la productividad

La productividad de las actividades que se realizaron hasta nivel de estructuras nos presenta una mejora a medida que se avanza en el proyecto, ya que al ir familiarizándose con los trabajos estos se vuelven más eficientes, logrando cumplir la curva del aprendizaje que se dan en todo proyecto.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	METRADO TOTAL	RATIO PROG	TOTAL HH	A FECHA DE: 28-05-2018		
						HH PROGRAM	HH REALES	% VAR PRODUCT
07.01	ZAPATAS							
07.01.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	4,068.23	0.08	341.73	341.73	314.81	8.55%
07.01.02	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	32.62	1.40	45.67	45.67	43.66	4.61%
07.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2	m3	101.10	0.91	92.00	92.00	94.88	-3.03%
07.02	VIGA DE CIMENTACION							
07.02.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,721.84	0.08	228.63	228.63	210.47	8.63%
07.02.02	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION	m2	54.94	1.40	76.92	76.92	81.22	-5.29%
07.02.03	CONCRETO PREMEZCLADO VIGA DE CIMENTACION f'c=210 kg/cm2	m3	8.97	0.91	8.16	8.16	8.34	-2.07%
07.03	PISO DE CONCRETO REFORZADO							
07.03.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	633.06	0.08	53.18			
07.03.02	CONCRETO PRMEZCLADO LOSA PISO f'c=210 kg/cm2	m3	21.17	0.91	19.26			
07.04	COLUMNAS ESTRUCTURALES							
07.04.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	9,092.90	0.08	763.80	152.76	143.20	6.68%
07.04.02	ENCOFRADO NORMAL COLUMNAS	m2	315.45	2.10	662.45			
07.04.03	CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3	32.48	1.82	59.11			
07.05	PLACAS							
07.05.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	14,713.97	0.08	1,235.97	247.19	230.25	7.36%
07.05.02	ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS	m2	1,027.25	2.10	2,157.23			

07.05.03	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	142.88	1.21	173.36			
07.06	VIGAS							
07.06.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	26,575.54	0.08	2,232.35			
07.06.02	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m ²	884.32	1.68	1,485.66			
07.06.03	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	208.53	1.21	253.01			
07.07	LOSAS ALIGERADAS							
07.07.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	6,348.51	0.08	533.27			
07.07.02	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	983.80	1.20	1,180.46			
07.07.03	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	106.01	1.21	128.62			
07.08	LOSAS MACIZAS							
07.08.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	1,238.71	0.08	104.05			
07.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE LOSAS MACIZAS	M ²	89.10	1.68	149.69			
07.08.03	LOSAS MACIZAS, CONCRETO $f_c=210$ KG/CM ²	M ³	15.95	0.91	14.51			
07.09	ESCALERAS							
07.09.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	588.16	0.08	49.41			
07.09.02	ENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m ²	83.84	2.58	216.70			
07.09.03	CONCRETO PREMEZCLADO ESCALERA $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	12.83	0.71	9.11			

PRODUCTIVIDAD	3.18%
----------------------	--------------

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	METRADO TOTAL	RATIO PROG	TOTAL HH	A FECHA DE: 23-07-2018		
						HH PROGRAM	HH REALES	% PRODUCT
07.01	ZAPATAS							
07.01.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	4,068.23	0.08	341.73			
07.01.02	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	32.62	1.40	45.67			
07.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2	m3	101.10	0.91	92.00			
07.02	VIGA DE CIMENTACION							
07.02.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,721.84	0.08	228.63			
07.02.02	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION	m2	54.94	1.40	76.92			
07.02.03	CONCRETO PREMEZCLADO VIGA DE CIMENTACION f'c=210 kg/cm2	m3	8.97	0.91	8.16			
07.03	PISO DE CONCRETO REFORZADO							
07.03.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	633.06	0.08	53.18	53.18	46.89	11.83%
07.03.02	CONCRETO PREMEZCLADO LOSA PISO f'c=210 kg/cm2	m3	21.17	0.91	19.26	19.26	16.59	13.86%
07.04	COLUMNAS ESTRUCTURALES							
07.04.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	9,092.90	0.08	763.80	381.90	320.44	16.09%
07.04.02	ENCOFRADO NORMAL COLUMNAS	m2	315.45	2.10	662.45	331.22	301.59	8.95%
07.04.03	CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3	32.48	1.82	59.11	29.56	26.78	9.39%
07.05	PLACAS							
07.05.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	14,713.97	0.08	1,235.97	617.99	543.16	12.11%
07.05.02	ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS	m2	1,027.25	2.10	2,157.23	1,078.61	1,028.52	4.64%

07.05.03	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	142.88	1.21	173.36	86.68	82.22	5.14%
07.06	VIGAS							
07.06.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	26,575.54	0.08	2,232.35	1,116.17	1,004.28	10.02%
07.06.02	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m2	884.32	1.68	1,485.66	742.83	701.18	5.61%
07.06.03	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES $f_c=210$ kg/cm ²	m3	208.53	1.21	253.01	126.50	116.56	7.86%
07.07	LOSAS ALIGERADAS							
07.07.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	6,348.51	0.08	533.27	266.64	230.08	13.71%
07.07.02	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	983.80	1.20	1,180.46	590.23	563.15	4.59%
07.07.03	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	106.01	1.21	128.62	64.31	58.49	9.05%
07.08	LOSAS MACIZAS							
07.08.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	1,238.71	0.08	104.05	52.03	45.83	11.91%
07.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE LOSAS MACIZAS	M2	89.10	1.68	149.69	74.84	69.11	7.66%
07.08.03	LOSAS MACIZAS, CONCRETO $f_c=210$ KG/CM ²	M3	15.95	0.91	14.51	7.26	6.57	9.47%
07.09	ESCALERAS							
07.09.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	588.16	0.08	49.41	24.70	21.23	14.06%
07.09.02	ENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m2	83.84	2.58	216.70	108.35	102.41	5.48%
07.09.03	CONCRETO PREMEZCLADO ESCALERA $f_c=210$ kg/cm ²	m3	12.83	0.71	9.11	4.55	4.06	10.86%

PRODUCTIVIDAD	9.62%
----------------------	--------------

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	METRADO TOTAL	RATIO PROG	TOTAL HH	A FECHA DE : 03-09-2018		
						HH PROGRAM	HH REALES	% PRODUCT
07.01	ZAPATAS							
07.01.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	4,068.23	0.08	341.73			
07.01.02	ENCOFRADO DE ZAPATAS	m2	32.62	1.40	45.67			
07.01.03	CONCRETO PREMEZCLADO ZAPATAS f'c=210 kg/cm2	m3	101.10	0.91	92.00			
07.02	VIGA DE CIMENTACION							
07.02.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2,721.84	0.08	228.63			
07.02.02	ENCOFRADO VIGAS DE CIMENTACION	m2	54.94	1.40	76.92			
07.02.03	CONCRETO PREMEZCLADO VIGA DE CIMENTACION f'c=210 kg/cm2	m3	8.97	0.91	8.16			
07.03	PISO DE CONCRETO REFORZADO							
07.03.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	633.06	0.08	53.18			
07.03.02	CONCRETO PRMEZCLADO LOSA PISO f'c=210 kg/cm2	m3	21.17	0.91	19.26			
07.04	COLUMNAS ESTRUCTURALES							
07.04.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	9,092.90	0.08	763.80	611.04	480.19	21.41%
07.04.02	ENCOFRADO NORMAL COLUMNAS	m2	315.45	2.10	662.45	529.96	437.44	17.46%
07.04.03	CONCRETO PREMEZCLADO COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3	32.48	1.82	59.11	47.29	39.23	17.05%
07.05	PLACAS							
07.05.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	14,713.97	0.08	1,235.97	988.78	800.66	19.03%
07.05.02	ENCOFRADO NORMAL EN PLACAS	m2	1,027.25	2.10	2,157.23	1,725.78	1,353.70	21.56%

07.05.03	CONCRETO PREMEZCLADO PLACAS $f_c=210$ kg/cm ²	m3	142.88	1.21	173.36	138.69	111.08	19.90%
07.06	VIGAS							
07.06.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	26,575.54	0.08	2,232.35	1,785.88	1,338.78	25.04%
07.06.02	ENCOFRADO NORMAL DE VIGAS INTEGRADA A LOSA	m ²	884.32	1.68	1,485.66	1,188.53	969.69	18.41%
07.06.03	CONCRETO PREMEZCLADO EN VIGAS Y CORTES $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	208.53	1.21	253.01	202.41	166.99	17.50%
07.07	LOSAS ALIGERADAS							
07.07.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	6,348.51	0.08	533.27	426.62	326.88	23.38%
07.07.02	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m ²	983.80	1.20	1,180.46	944.37	772.66	18.18%
07.07.03	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	106.01	1.21	128.62	102.90	85.71	16.70%
07.08	LOSAS MACIZAS							
07.08.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	1,238.71	0.08	104.05	83.24	60.19	27.69%
07.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE LOSAS MACIZAS	M ²	89.10	1.68	149.69	119.75	95.77	20.03%
07.08.03	LOSAS MACIZAS, CONCRETO $f_c=210$ KG/CM ²	M ³	15.95	0.91	14.51	11.61	8.90	23.35%
07.09	ESCALERAS							
07.09.01	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	588.16	0.08	49.41	39.52	30.42	23.03%
07.09.02	ENCOFRADO NORMAL EN ESCALERA	m ²	83.84	2.58	216.70	173.36	140.11	19.18%
07.09.03	CONCRETO PREMEZCLADO ESCALERA $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	12.83	0.71	9.11	7.29	6.00	17.67%

Formato 18: Índice de productividad (Fuente: Propia)

PRODUCTIVIDAD	20.36%
----------------------	---------------

Capítulo VI: Interpretación de resultados

6.1. Curva S y Valor ganado

La curva S es una herramienta grafica que representa el avance real de un proyecto respecto a lo planificado en un periodo acumulado hasta la fecha de corte determinada; esto nos permitirá tener un control adecuado del avance real físico de la obra el cual se traducirá en cada una de las valorizaciones que se hicieron quincenalmente en el proyecto, además la curva S nos dio un mejor alcance de cómo la mejora de la productividad se vio reflejado en una mayor rentabilidad del proyecto.

También utilizaremos la técnica del valor ganado el cual nos dio un mayor enfoque de los resultados que se produjeron durante la investigación, el valor ganado es una técnica de gestión de proyectos, el cual permite controlar la ejecución de un proyecto mediante su presupuesto y cronograma de ejecución, además compara la cantidad de trabajo ya completado en un momento dado con la estimación realizada antes del comienzo del proyecto. De este modo, se tiene una medida de cuánto trabajo se ha realizado, cuanto queda para finalizar el proyecto y extrapolando a partir del esfuerzo invertido en el proyecto.

Esto permite realizar un control integro de cómo estamos llevando a cabo el proyecto, de como la mejora de la productividad como consecuencia de la implementación del lean construction y six sigma genera más utilidades.

A continuación, se presenta conceptos de la gestión del valor ganado:

- **Variación del costo** (Cost Variance: CV): $CV=EV-AC$

La variación del costo al final del proyecto será la diferencia entre el presupuesto hasta la conclusión (Budget at completion: BAC) y la cantidad realmente gastada.

Un valor del $CV>0$ indica que el proyecto está gastando según lo presupuestado.

Un valor del $CV < 0$ indica que el proyecto está gastando de más.

- **Variación del cronograma** (Schedule Variance: SV): $SV = EV - PV$

La variación del cronograma finalmente será igual a cero cuando se complete el proyecto, porque ya se habrán todos los valores planificados.

Un valor del $SV > 0$ indica que el proyecto está adelantado en fecha.

Un valor del $SV < 0$ indica que el proyecto está atrasado en fecha.

- **Índice de desempeño del costo** (Cost Performance Index: CPI): $CPI = EV / AC$

Un valor del $CPI < 1$ indica un sobrecosto con respecto a las estimaciones.

Un valor del $CPI > 1$ indica un costo inferior con respecto a las estimaciones.

- **Índice del desempeño del cronograma** (SCHEDULE PERFORMANCE INDEX: SPI):

$$SPI = EV / PV$$

El SPI se utiliza, además del estado del cronograma, para predecir la fecha de la conclusión y a veces se utiliza en combinación con el CPI para predecir las estimaciones de conclusión del proyecto.

Un valor del $SPI < 1$ indica un retraso con respecto a las estimaciones.

Un valor del $SPI > 1$ indica un adelanto con respecto a las estimaciones. (Acero R. (2018). *Apuntes de Maestría en Gerencia de la construcción, Productividad en la construcción*. UCSM, Lima, Perú)

6.2. Evaluación de resultados

Conforme al análisis de las partidas en donde se trabajó con el método constructivo tradicional se pudo apreciar en primera instancia que estas tuvieron un sobredimensionamiento que afectó al rendimiento, y esto se debió a que el maestro de obra o el encargado designan a diario el personal al frente de trabajo sin tener un plan a largo plazo. Seguidamente también se apreció que el ratio real de cada actividad es mayor al ratio previsto, lo cual influyó en la

cantidad de HH reales sobre las HH planificadas, esto se detalló para cada actividad que estuvo dentro del análisis, y al final nos dio un promedio de 17.55% de variación del avance productivo con respecto a lo que se había previsto. Después se realizó una comparación entre las partidas del primer nivel en las que se evaluó unas en el método tradicional y otras con la metodología propuesta dándonos como resultado una variación promedio de 12.38% en detrimento de la metodología tradicional lo cual nos indica que al utilizar la construcción tradicional no permite un flujo continuo y adecuado a la hora de distribuir el trabajo.

Después se presenta la evaluación de la productividad mostrada en el presente trabajo bajo la implementación lean construction y six sigma, y teniendo en cuenta las partidas en cuales se ha realizado la evaluación, se observa que el trabajo en el acero es bastante simétrico por los resultados mostrados ya que el trabajo productivo (41.3%) y el trabajo contributorio(44.81%) oscilan alrededor del 85% y el trabajo no contributorio representa el 15% restante, esto se traduce que la habilitación y colocación de acero fue muy efectiva, ya que esta actividad no presenta muchos defectos o inconvenientes que puedan retrasar el trabajo, y además el material de trabajo ya viene hecho de acuerdo a normas técnicas.

En lo que se refiere a productividad en los encofrados también se puede visualizar que el trabajo productivo (34.53%) y el trabajo contributorio (44.84%) bordean el 80% mientras que el trabajo no contributorio representa el 20% restante, aquí podemos acotar que para lograr este nivel de productividad se contó con operarios de experiencia, además de tener paneles, tablas y cuarterones en buen estado, todo esto permite que se reduzcan defectos o inconvenientes a la hora de los trabajos, y por último en los vaciados de concreto se tuvo un trabajo productivo (35.74%) y contributorio (38.70%) alrededor del 75% y un trabajo no contributorio del 25%, aquí se tuvo un incremento del porcentaje de trabajo no contributorio por las esperas y demoras que tienen los camiones de concreto premezclado (mixer), ya que estos tienen que adecuarse al espacio disponible y la manipulación de las mangueras de bombeo.

En la parte del six sigma se puede apreciar que nuestro nivel sigma en el caso del encofrado es de 1.48 y en el caso del concreto es de 1.55, el cual según los gráficos nos indica que se debe mejorar de acuerdo al rendimiento tenido, aquí también se nos indica que los defectos mayormente encontrados en la muestra tanto en el encofrado y concreto son el desnivelado en un 43% y las burbujas de aire en un 35% respectivamente de todos los defectos de su categoría; todo esto nos da una perspectiva de que se debe realizar muchas correcciones además de las que se han implementado, y también se muestra que la productividad de la partida de encofrado que es la más compleja ha tenido un crecimiento casi lineal sin muchas desviaciones logrando que el costo promedio de mano de obra sea de S/ 19.29/m², el cual es menor a lo establecido en el ACU del proyecto, logrando de esta manera plasmar mejorar en la rentabilidad a través de mejorar la productividad.

Ahora como resultado de la implementación de las metodologías lean y six sigma, esta nos muestra la forma de como la productividad fue mejorando a lo largo de la ejecución de los trabajos, ya que la mayoría de las actividades que fueron evaluadas son repetitivas, propia de construcción de edificios apoticados, además los trabajadores tuvieron una curva de aprendizaje rápida, y esto queda plasmado en la optimización casi lineal de la productividad pasando a principios del proyecto de 3.18% a 20.36% donde casi se está finalizando el proyecto a nivel de estructuras, esto también se puede comparar con las valorizaciones correspondientes.

Todos los procesos mostrados tanto en el lean construction así como en el six sigma tuvieron este impacto positivo en la productividad del proyecto y por ende en las utilidades de la empresa el cual es el objetivo final de una constructora, por lo que a continuación se presentará una comparación del cronograma valorizado base con el avance real valorizado tomando como referencia fechas de valorización cada 15 días y también se presentará el análisis del valor ganado el cual nos presentará de manera más objetiva como se fue llevando a cabo el manejo financiero y control de avance de la obra hasta la finalización a nivel de estructuras.

PERIODO	VALORIZACIONES PROGRAMADAS				VALORIZACIONES EJECUTADAS			
	SUMA	ACUMULADO	%		SUMA	ACUMULADO	%	
			Parc.	ACUM.			PARC.	ACUM.
14/05/2018	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.00%
28/05/2018	40,253.88	40,253.88	5.97%	5.97%	42,897.17	42,897.17	6.36%	6.36%
11/06/2018	55,689.41	95,943.29	8.25%	14.22%	48,111.38	91,008.55	7.13%	13.49%
25/06/2018	75,569.36	171,512.65	11.20%	25.42%	68,543.22	159,551.77	10.16%	23.65%
9/07/2018	85,423.44	256,936.09	12.66%	38.08%	88,989.77	248,541.54	13.19%	36.83%
23/07/2018	90,236.44	347,172.53	13.37%	51.45%	92,473.04	341,014.58	13.70%	50.54%
6/08/2018	85,479.21	432,651.74	12.67%	64.12%	96,781.58	437,796.16	14.34%	64.88%
20/08/2018	75,693.22	508,344.96	11.22%	75.34%	92,444.23	530,240.39	13.70%	78.58%
3/09/2018	74,222.51	582,567.47	11.00%	86.34%	85,288.97	615,529.36	12.64%	91.22%
17/09/2018	60,423.00	642,990.47	8.95%	95.29%	59,239.11	674,768.47	8.78%	100.00%
11/10/2018	31,778.00	674,768.47	4.71%	100.00%				
COSTO DIRECTO	674,768.47				674,768.47			

Formato 19: Informe de valorización (Fuente: Propia)

VALOR GANADO-S12

VAL. PLANIFICADA SEMANA 12	S/ 432,651.74
VALORIZACION HASTA SEMANA 12	S/ 437,796.16
GASTOS REALES HASTA SEMANA 12	S/ 388,426.12
PRESUPUESTO	S/ 674,768.47

VALOR PLANIFICADO	S/ 432,651.74
VALOR GANADO	S/ 437,796.16
COSTO REAL	S/ 388,426.12
BAC	S/ 674,768.47
CV	S/ 49,370.04
CPI	1.13
SV	S/ 5,144.42
SPI	1.01
EAC	S/ 598,675.19
ETC	S/ 210,249.07
VAC	S/ 76,093.28

VALOR GANADO-S16

VAL. PLANIFICADA SEMANA 16	S/ 582,567.47
VALORIZACION HASTA SEMANA 16	S/ 615,529.36
GASTOS REALES HASTA SEMANA 16	S/ 510,870.55
PRESUPUESTO	S/ 674,768.47

VALOR PLANIFICADO	S/ 582,567.47
VALOR GANADO	S/ 615,529.36
COSTO REAL	S/ 510,870.55
BAC	S/ 674,768.47
CV	S/ 104,658.81
CPI	1.20
SV	S/ 32,961.89
SPI	1.06
EAC	S/ 560,037.20
ETC	S/ 49,166.65
VAC	S/ 114,731.27

VALOR GANADO-S18

VAL. PLANIFICADA SEMANA 18	S/ 642,990.47
VALORIZACION HASTA SEMANA 18	S/ 674,768.47
GASTOS REALES HASTA SEMANA 18	S/ 520,475.18
PRESUPUESTO	S/ 674,768.47

VALOR PLANIFICADO	S/ 642,990.47
VALOR GANADO	S/ 674,768.47
COSTO REAL	S/ 520,475.18
BAC	S/ 674,768.47
CV	S/ 154,293.29
CPI	1.30
SV	S/ 31,778.00
SPI	1.05
EAC	S/ 520,475.18
ETC	S/ -
VAC	S/ 154,293.29

Figura 98: Análisis del Valor Ganado (Fuente: Propia)

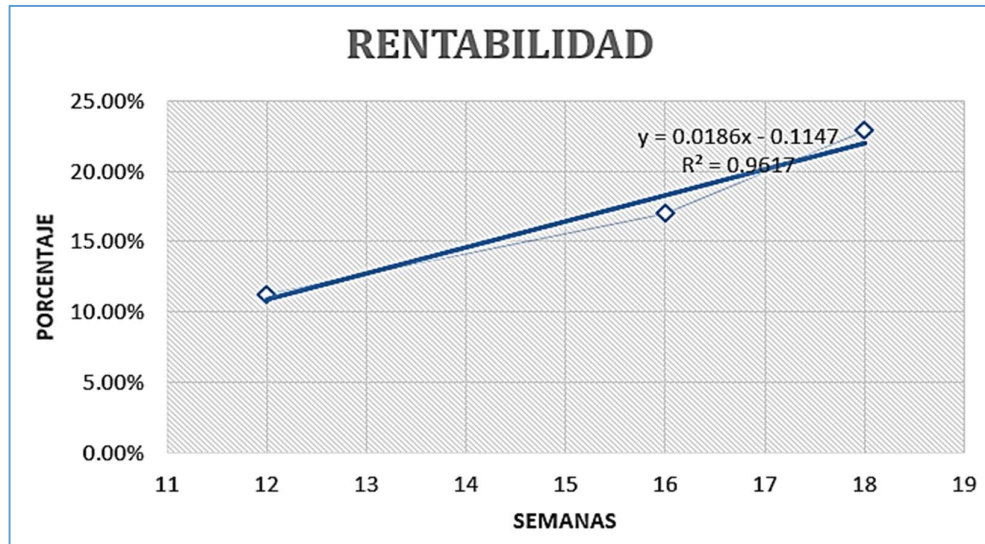


Figura 99: Evolución de la rentabilidad (Fuente: Propia)

Porcentaje de Rentabilidad desde la semana 12 hasta la finalización a nivel de estructuras

Tabla 2

Rentabilidad

Tipo variable	Valor ganado	Gasto real	Utilidad	% de rentabilidad
12	S/ 437,796.16	S/ 388,426.12	S/ 49,370.04	11.28%
16	S/ 615,529.36	S/ 510,870.55	S/ 104,658.81	17.00%
18	S/ 674,768.47	S/ 520,475.18	S/ 154,293.29	22.87%

Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de relación de Pearson es de 0.9617, el cual es muy cercano a 1, por lo que su correlación entre las variables de productividad y la implementación metodológica propuesta es bastante alta, ya que la productividad tiene una relación directamente proporcional a la rentabilidad.

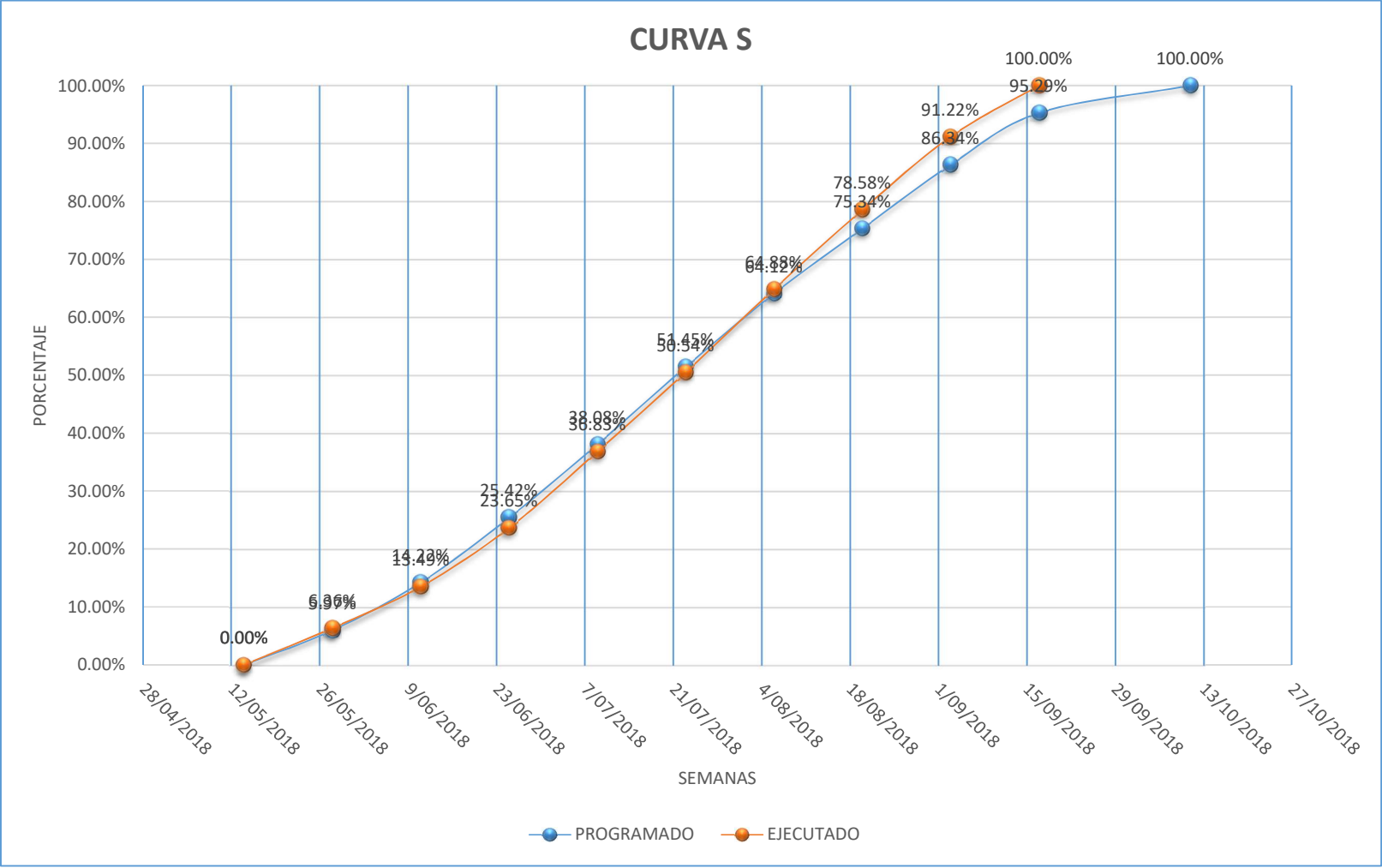


Figura 100: Curva S (Fuente: Propia)

Como se puede observar en los cuadros mostrados, se nos presenta que a lo largo de los trabajos se tuvo un parámetro similar entre lo planificado base y lo ejecutado, pero a partir de la fecha 06 de agosto se muestra un quiebre que representa un mejor comportamiento del avance del proyecto, esto se ve reflejado en la valorización acumulada hasta esa fecha con un monto de S/. 437,796.16 respecto a valorización planificada acumulada de S/. 432,651.74, esta diferencia de +0.76% a favor de valorización ejecutada se va haciendo mayor a partir de ese punto a medida que la obra avanza, y esto contribuye a mejorar al final la rentabilidad del proyecto. Ahora utilizando de igual manera la técnica del valor ganado para poder analizar si la mejora en la productividad afecta a la mejora de utilidades es que se evalúa hasta una fecha de corte, mostramos como sujeto de prueba la rentabilidad evaluada hasta la fecha 06 de agosto (semana 12) el cual logra una mejora del 11.28% con un margen de utilidades de S/. 49,370.04, y esto continua hasta la finalización (semana 18) con un margen positivo de S/. 154, 293.29 el cual representa 22.87%. También podemos detallar como les fue a los otros indicadores del valor ganado para tener una visión más amplia del manejo del proyecto, el cual nos dice que el resultado del CPI del proyecto a la semana 12 es de 1.13 el cual nos indica que se está ganando 1.13 soles por cada 1 sol que se gastó en el proyecto hasta la semana de corte indicada; y ahora comparando esto con el CPI de la semana 18 que es casi cuando se finaliza el proyecto a nivel de estructuras este es de 1.30 (se está ganando 1.30 soles por cada 1 sol que se gastó) el cual es superior al CPI registrado en la semana 12, todos estos resultados nos explica que mediante la aplicación de la metodología permitió una constante mejora en la productividad del proyecto, el cual es positivo para la empresa constructora.

Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones

1. De la presente investigación, se verifica que la metodología propuesta permitió mejorar la productividad en obra, ya que tomando como referencia 3 fechas de análisis mostrados en la investigación, este paso de 3.18% a 9.62% y finalmente a 20.36%, con lo cual se tuvo un incremento de 17.18%, esto debido a que los trabajos se repiten en cada nivel del edificio por lo que el aprendizaje es más rápido.
2. La metodología propuesta en la presente investigación permitió optimizar la productividad en obra, y esto se dio porque el análisis se contempló a nivel de estructuras ya que son actividades repetitivas y tienen la facilidad de aprendizaje rápido; esto se puede replicar en otros proyectos de características similares (actividades que se repiten), ya que esta metodología está basada en el principio del Lean Construction y el Six sigma, además los procesos y herramientas utilizados permiten un control adecuado a la hora de manejar el proyecto, los cuales pueden implementarse de manera rápida.
3. Al implementarse la metodología DMAIC del six sigma nos muestra que el nivel Sigma del proyecto es de 1.48 y 1.55 en los procesos de encofrado y concreto respectivamente, también se nos indica que la variación en porcentaje del sigma fue de alrededor del 5.07% y 5.57% en encofrado y concreto respectivamente desde el primer nivel hasta el 7mo nivel; todo esto nos muestra que se debe mejorar los procesos de control de defectos para poder tener una línea trabajo el cual seguir y que finalmente logremos controlar los procesos evitando defectos y desviaciones, y mejorando la productividad.
4. El análisis de la productividad debido a la propuesta metodológica dio como resultado que el TP y TC bordea el 86.11% y el TNC 14.26% en el acero; el TP y TC da 79.38% y el TNC 20.63% en el encofrado; el TP y TC da 74.44% y el TNC 25.56% en el concreto, esto implica que se logró mejorar los tiempos en las partidas evaluadas como resultado

de la metodología propuesta y esto se traduce en una mayor rentabilidad del proyecto a nivel de estructuras en un 22.87%; también se debe indicar además que realizando el paralelismo de esta metodología con el método tradicional constructivo en las partidas analizadas se desprende que, las horas hombre utilizadas para alcanzar la misma meta con el método tradicional es mayor en una variación del 12.38%, lo que significa que el alcance de su productividad es menor en comparación a la de la metodología propuesta.

5. El grado de correlación entre la optimización de la producción en obra y la integración de las metodologías Lean Construction y Six Sigma está supeditado a la rentabilidad ya que esta mejora a medida que se avanza en el proyecto, por lo que de acuerdo a esto el grado de relación es alto con un coeficiente de 0.9617 (Correlación de Pearson).

7.2. Recomendaciones

1. Se recomienda que, para proyectos de mayor envergadura, se utilicen más formatos de control de productividad que vean convenientes implementar además de los propuestos en esta investigación.
2. Es recomendable que todo el personal ya sea obreros o administrativos, tengan capacitaciones de las herramientas del lean construction y six sigma, realizando diferentes difusiones con el objetivo de que sean entendidas por todos.
3. Se recomienda ponerle mayor énfasis a la recopilación de datos y experiencias (aciertos y errores), ya que estas nos ayudaran a no cometer fallas durante el proceso constructivo, dando mejores resultados en la ejecución del proyecto.
4. Es recomendable establecer una adecuada comunicación realizando reuniones mensuales, semanales y diarias, para coordinar e informar el avance, errores, restricciones y darle seguimiento a todo el proceso propuesto.

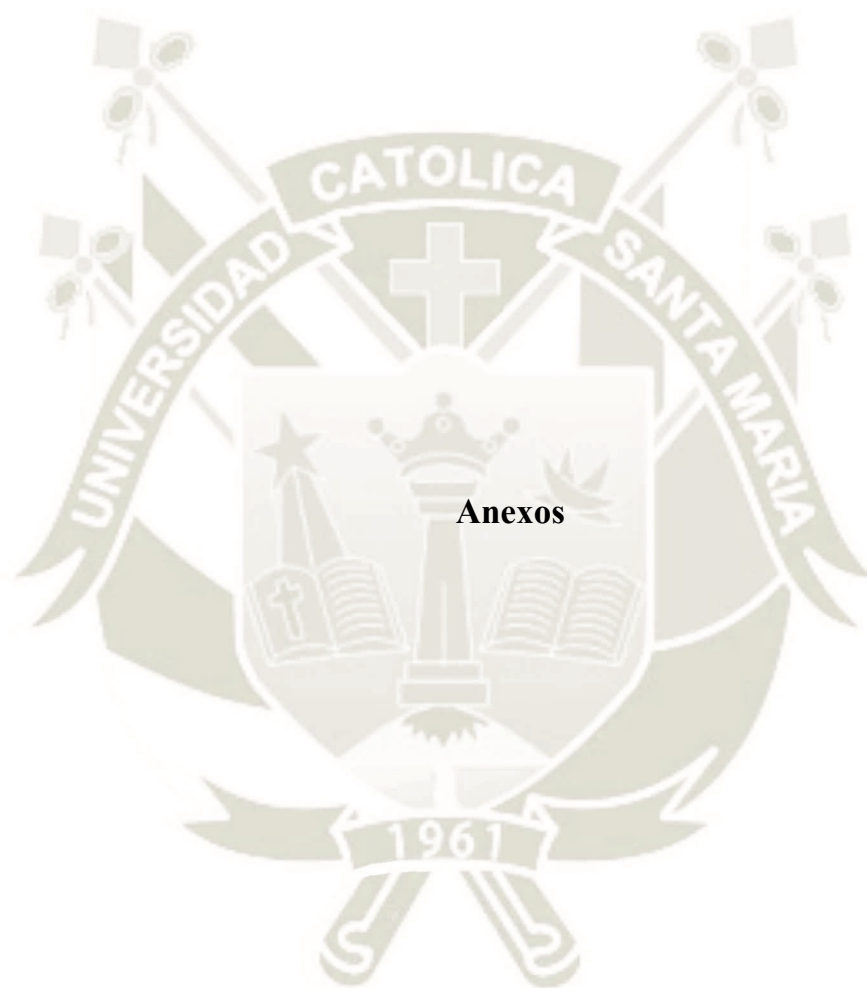
5. Se recomienda que el personal tanto obrero como administrativo, deberá ser muy capacitado para poder desarrollar sus actividades correspondientes de manera efectiva.

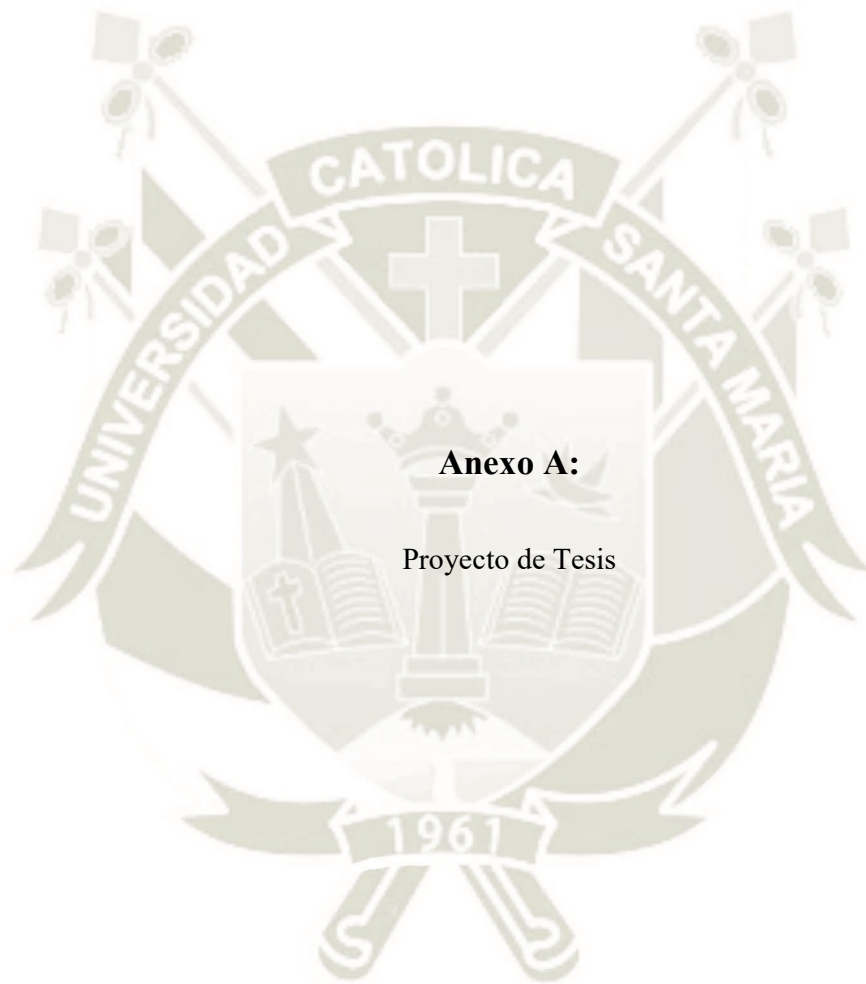
Referencias Bibliográficas

- Alfredo Serpell (2002) *Administración De Operaciones De Construcción (2da Edición)*. México: Alfa omega.
- Almudeber, C. (2012), *Implementación de la filosofía Six Sigma en la construcción*, Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia.
- Alarcón L.F. (2012). *Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Arriola, B. Denis, A; Rodríguez, S. (2018), *Evaluación inicial de un método para adoptar eventos kaizen en el sector de la construcción*. Lima, Perú, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Burneo, L. (2013). *Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando la filosofía Lean Construction*. Piura, Perú: Universidad de Piura.
- Caña, C. F. y Escajadillo P.A. (2010). *Diagnóstico y evaluación de la relación entre el tipo estructural y la integración de los contratistas con el nivel de productividad en obras de construcción*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Echevarría L. A. (2010), *Aplicación de la Metodología Seis Sigma para el Control de Variación en el Envasado de Pinturas*. Guayaquil, Ecuador.

- Escobar, R.E. (2016). *Mejora de procesos de encofrado y vaciado en muros de ductilidad limitada*. Tesis de ingeniero no publicada, UNI, Lima, Perú.
- Flores, E., Ramos, M. (2018). *Análisis y evaluación de la productividad en obras de construcción vial en la ciudad de Arequipa*. Tesis de ingeniero no publicada, UNSA Arequipa, Perú.
- Gómez, A., Quintana, N., y Ávila, J. (2014). *Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Gutiérrez Pulido, H. y De la Vara Salazar, R (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*, México, D.F.: McGraw-Hill.
- Huaroto, E.D. (2015). *Gestión de la calidad para el control de obras de saneamiento*. Tesis de ingeniero no publicada, UNI, Lima, Perú.
- LucidChart (2014). *Que es un diagrama de flujo*. Recuperado de <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>
- Miranda D. (2012). *Implementación del sistema Last Planner en una habilitación urbana*. Lima Perú: PUCP.
- Moreno R. (2012), *Productividad eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2011*. Bogotá, Colombia.
- Neyra, A.D. y Rodríguez, E.A. (2018). *Análisis y adecuación de herramientas Six sigma y metodología LBMS para el control y mejora de procesos en carreteras*. Tesis de Ingeniero no publicada, UCSM, Arequipa, Perú.
- Rojas, Miguel; Henao, Mariana; Valencia, María (2017). *Lean construction – LC bajo pensamiento Lean*. Medellín, Colombia: Universidad de Medellín.

- Shariq, J. y Gangha, G. (2017), *Lean six-sigma methodology for the improvement of the road construction projects*. Kattankulathur, India: SRM University.
- Solís R., Arcudia C., González J. (2011). *Modelo de los factores para el estudio de la productividad en la construcción masiva de vivienda*, Lima Perú: PUCP
- Ribes, F. (2014). *Six Sigma Implementation within the Building Construction Industry. A Case Study Of The Research Building Construction*, Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, pp 2,58.
- Pons, J.F. (2014), *Introducción a Lean Construction*, Madrid, España: Fundación Laboral de la construcción.
- Pérez M., A. (2005). *Seis Sigma - Kaizen. Rompiendo Paradigmas*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pons J., F. (2014). *Last Planner System*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/juanfelipeponsachell1/last-planner-system>
- Treviño, E.G. 2004, *Proyecto Seis Sigma*, Tesis de Arquitecto no publicado, UANL, León, España.
- Yepes, V. (2015). *Aplicación de metodología Six Sigma*, Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.







**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
ESCUELA DE POST GRADO DE LA UCSM**

MAESTRÍA EN GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO DE TESIS



**“PROPUESTA METODOLOGICA PARA IMPLEMENTACION DE
PROCESOS PARA OPTIMIZACION DE PRODUCCION EN OBRA”**

**Presentado por el Bachiller:
Mullisaca Atamari, Denis Herzen**

**Asesor:
Dr. Velarde Bedregal, Hector Raul**

AREQUIPA - PERÚ

2019

Título de la investigación:

Propuesta de implementación de procesos para optimización de producción en obra mediante la integración de las metodologías Lean Construcción y Six Sigma en el proyecto Residencial Palermo.

1.-Preambulo

El mercado de la construcción en el Perú es bastante amplio, por lo cual predispone a las empresas constructoras a ser más competitivas y mejor preparadas, en el Perú se tiene empresas dedicadas al rubro de la construcción de gran envergadura, que ejecutan proyectos de varios millones de dólares los cuales implementan en sus sistemas de trabajo metodologías para poder optimizar su producción a la hora de ejecutar proyectos y poder generar mayores ingresos y que a la vez puedan cumplir todas las expectativas del cliente. Pero también se tiene medianas y pequeñas empresas que comienza a operar en este mercado bastante competitivo, los cuales al iniciar se encuentran con bastantes problemas que tienen que ir solucionando a medida que van adentrándose en este mercado, y este es un gran inconveniente que se tiene actualmente, estas empresas medianas y pequeñas del sector construcción en general tienen bastantes deficiencias que podemos englobarla en lo que respecta a financiamiento y experiencia en ejecución de obras, lo cual le genera costos adicionales, ampliaciones de plazo y terminan en muchos casos obras con una calidad muy discutible. Y aquí es donde surge la idea de dar una propuesta de implementar procesos mediante una metodología que combine el LEAN CONSTRUCTION y el SIX SIGMA que pueda mejorar la productividad con altos estándares de calidad en obras de construcción de empresas pequeñas y medianas.

Se implementarán estos procesos de optimización de producción en obra en un proyecto específico “Residencial Palermo”, el cual es un edificio de departamentos de 7 niveles, y ejecutado por una empresa mediana del sector construcción COPROIN SAC, la cual como toda empresa que recién comienza tiene muchas deficiencias que deben ser solucionadas, como son

la productividad y la calidad, lo cual se espera que debe mejorar mediante la implementación de dichos procesos.

2.-Planteamiento Teórico

Los proyectos de construcción que son ejecutados por empresas pequeñas o medianas en la ciudad de Arequipa, siempre presentan diversos problemas que pueden impactar en el normal desarrollo de estas obras, lo cual genera deficiencias en la productividad y la calidad, todo esto repercute en sobrecostos y mayores plazos de ejecución. Para este problema se está planteando una propuesta que pueda implementar procesos que puedan mejorar los niveles de productividad en obras sin descuidar la calidad con la que deben ser ejecutados. La mayoría de estas empresas pequeñas y medianas no tienen una metodología adecuada que permita optimizar los trabajos que realizan, ya que estas empresas en muchos casos tienen desconocimiento de estos métodos, u en otros casos no le dan importancia necesaria, creyendo que solo aumentarían los costos del proyecto. Aquí es donde se propone implementar procesos para la optimización de la producción en obra en este proyecto específico de edificio de departamentos “Residencial Palermo” que es desarrollado por la empresa “COPROIN SAC” en la ciudad de Arequipa, estos procesos serán el resultado de una metodología que combine las filosofías del LEAN CONSTRUCTION y el SIX SIGMA. Esto dará como resultado un enfoque diferente de cómo podría llevarse a cabo la ejecución de proyectos de construcción en empresas pequeñas o medianas, en los cuales se optimice la producción sin descuidar la calidad de los trabajos que se realizan, logrando mejores resultados tanto en el proyecto como para la empresa.

2.1. Problema de Investigación

Como se mencionó líneas arriba esta problemática de baja productividad en obra repercute en muchos aspectos (sobrecostos, baja calidad, plazos y alcances), y esta se genera principalmente por una deficiente planificación y control en los diferentes procesos de ejecución del proyecto, ya que la mayoría de estas obras son ejecutados con una metodología tradicional basado en la experiencia en la cual solo hay referencia de planificación en la etapa inicial del proyecto (documentos como presupuestos, cronogramas básicos), estas no poseen y/o utilizan una metodología adecuada que pueda prevenir o corregir cualquier variación que pueda producirse y que afecte al proyecto en su desarrollo. Al tener estas deficiencias se genera variaciones en el cronograma y una mala planificación, que pueden derivar en la no disponibilidad de recursos, perdidas por discontinuidad en el flujo de trabajo, sobre estimación de recursos, y finalmente en la calidad de los trabajos entregados. Esto dará como consecuencia que se generen incrementos significativos en costos de trabajos adicionales y retrabajos, la no disponibilidad de recursos influenciara en el incumplimiento de plazos contractuales y por ende ampliaciones de plazo, también se generara paralizaciones, controversias y reclamos, y al final en la suspensión o cancelación del proyecto debido a que dejan de ser rentables y sostenibles para la empresa ejecutora y el cliente, toda esta problemática mencionada debe tratar de mejorarse en la ejecución de nuevas obras de construcción en los cuales se pueda implementar estas metodologías y se genere mayor rentabilidad y sostenibilidad, lo cual es el objetivo final de todo proyecto.

2.1.1. Preguntas de Investigación

¿Cómo influye la implementación de procesos que integren las metodologías Lean Construction y Six Sigma en la optimización de la productividad en obra?

¿Cuáles son los procesos del proyecto que ocasionan mayor número de no cumplimientos de metas de productividad?

¿Cómo diseñar e implementar los procesos que integren las metodologías de Lean Construcción y Six sigma que optimicen la productividad en obra?

¿Cuál es el impacto que se tiene en la productividad en obra y la rentabilidad del proyecto con la integración de las metodologías Lean Construction y Six sigma?

¿Cuál es el grado de correlación entre la optimización de la productividad en obra y el aumento en la rentabilidad del proyecto?

2.1.2. Descripción del Problema.

2.1.2.1 Área científica a la que corresponde el problema.

Métodos innovadores para reducir tiempos de ejecución.

2.1.2.2 Análisis de las variables.

Tabla 1

Análisis de variables

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Técnica
Independiente: Integración de la metodología Six sigma	Six Sigma es una metodología que maximiza el valor.	DMAIC	Fases DMAIC
Metodología Lean Construction	Lean Construction es gestión de la producción en la construcción.	Porcentaje de Plan cumplido	Last Planner
Dependiente: Optimización de la Productividad en obra.	Se define la productividad como la capacidad para producir que presenta cualquier factor o combinación de factores.	Trabajo Productivo, Contributorio y no Contributorio	Carta Balance, Valor Ganado

Fuente: Elaboración propia

2.1.2.3 Tipo y nivel de investigación.

El tipo de investigación que se realizará será aplicada ya que parte de una situación problemática que requiere ser intervenida y mejorada; comenzando con la descripción sistemática de la situación deficitaria, esta se le enmarca en una teoría aceptada en la cual se exponen los conceptos más importantes y pertinentes. Se utilizarán técnicas de recolección de información, recabando datos, características y la situación del objeto de estudio. Y también será una investigación tecnológica, ya que después se evalúa toda la situación descrita, se dará secuencias de acción o posibles soluciones, los cuales nos dará las herramientas para poder proponer la implementación de procesos que se busca.

El nivel de la investigación que se realizará será exploratoria ya que se adecuarán estrategias y principios característicos de la industria de la construcción mediante la filosofía “LEAN CONSTRUCTION”, y “SIX SIGMA” la cual nos dará lugar a revisar toda la bibliografía relacionada con estas filosofías y que nos podrá dar las herramientas para planificar nuestra gestión de trabajo en esta investigación. También será descriptiva, ya que en ella se detallarán las características de cada proceso del caso a investigar y de acuerdo a ello se van a describir los pasos requeridos para la implementación la combinación de las metodologías “Lean Construcción” y “Six Sigma”, donde cada uno de sus elementos serán descritos y medidos con el fin de optimizar la productividad en la construcción. Y por último será correlacional, ya que considera el análisis de la relación entre 2 o más variables, las cuales nos podrá mostrar los resultados de cómo estas variables influyen en el objetivo final que es optimizar la producción en obra y de manera indirecta mejorar las ganancias de la empresa.

2.1.3. Justificación del Problema.

El motivo por el cual se desarrolla esta investigación es poder dar una propuesta de implementación de procesos que combinen las metodologías del “Lean Construcción” y “Six Sigma” que permita mejorar y optimizar la productividad logrando mayor rentabilidad y que puedan utilizar las empresas pequeñas y medianas que recién comienzan en el rubro de la construcción en la ciudad de Arequipa, como se mencionó la gran mayoría de empresas pequeñas y medianas en la ciudad no tienen una metodología de trabajo a la hora de ejecutar un proyecto lo cual conlleva a pérdidas económicas, retrasos en el plazo, mala calidad de los trabajos e inconveniencias con la cadena de suministro. Al poder implementar estos procesos de optimización de la producción en obra, se los podrá medir en un análisis cuantitativo y cualitativo, mediante la cual se podrá observar cómo afecta a la empresa en el aspecto financiero y ejecución técnica del proyecto. El gran beneficiario de este proyecto mediante la aplicación de estos procesos integrados serán empresas medianas y pequeñas del sector construcción que pueden adquirir la experiencia que pueda darse, para poder mejorar la productividad en las obras de la ciudad de Arequipa y evitar las pérdidas económicas, promoviendo de manera indirecta el crecimiento del sector construcción en la ciudad y región Arequipa. La aplicación y combinación de estas metodologías como son el “LEAN CONSTRUCTION” y “SIX SIGMA” en la optimización de la producción en obra en este proyecto específico de edificio de departamentos “Residencial Palermo”, nos mostrara como se mencionó, una ruta o línea de trabajo que provendrá de la experiencia real de ejecución de obra, la cual podrá ser replicado a la ejecución de otros proyectos llevados a cabo por empresas pequeñas y medianas. El proyecto en estudio específico “Residencial Palermo”, será la construcción de un Edificio de departamento de 7 niveles sobre un área de Aproximadamente de 230 m², y será financiado con los recursos de la empresa ejecutora COPROIN SAC, la cual requiere implementar este sistema para poder ver reflejados un mejor rendimiento de todas sus actividades en la obra y tener mayor crecimiento de la empresa en lo financiero y técnico.

2.1.3.1 Relevancia Humana.

El desarrollar esta investigación permitirá que los proyectos de construcción que decidan seguir como lineamientos los resultados encontrados, puedan tener un mejor desenvolvimiento cuando vayan a ejecutarse, lo cual evitara como en muchas obras de la ciudad, ya sea públicas o privadas, estén paralizadas por falta de presupuesto o deficiencias técnicas que son generadas en muchos casos por mala gestión de la obra, o su baja productividad, las cuales generan que los trabajadores sean los más perjudicados al quedarse parados laboralmente.

2.1.3.2 Relevancia Social.

Para la sociedad, los resultados que puedan darse de esta investigación serán beneficiosos ya que al poder seguir los parámetros y aplicarlos en otras obras de la ciudad o la región, estos optimizaran los procesos y los recursos que se empleen en la ejecución de las obras, generando mayores márgenes de rentabilidad por lo que podremos tener proyectos ejecutados de una manera correcta en costo, tiempo y calidad.

2.1.3.3 Relevancia Científica.

Las metodologías que proponemos para esta investigación no son novedosas si no que ya han sido desarrolladas, tanto el LEAN como el SIX SIGMA, fueron desarrollas por las empresas TOYOTA y MOTOROLA respectivamente, solo que comenzaron su aplicación en la industria manufacturera, donde se necesitaba tener flujos continuos minimizando defectos (mejor calidad). A nivel del Perú, la filosofía del LEAN fue aplicado en la construcción a inicios de la década del 2000 pero de manera muy lenta y muy precaria, mientras que la filosofía SIX SIGMA aun su utilización en la industria de la construcción es rudimentaria o casi nula; por lo que en esta investigación se podrá determinar hasta qué punto la combinación de las 2

metodologías pueden influir en la producción en obra conservando la calidad adecuada, y lograr la mayor rentabilidad posible.

2.1.3.4 Relevancia Contemporánea.

Uno de los grandes problemas que se tienen en el Perú y sobre todo en la Región sur, es la deficiencia de la ejecución de obras, las cuales generan pérdidas tanto en costo, tiempo y calidad, perjudicando a la sociedad, así como al estado; tener unos procesos metodológicos que puedan mejorar de alguna forma la manera de cómo se llevan las obras actualmente sería un gran beneficio de la cual todos saldrían beneficiados, ya que contribuiríamos al desarrollo regional y nacional.

2.1.3.5 Implicancias prácticas.

Ayudará a resolver los problemas que se generan al ejecutar las obras tanto privadas o públicas, mejorando la rentabilidad de estas en todos los aspectos tanto económicos, de gestión y técnicos, beneficiando a la población.

2.1.3.6 Viabilidad.

La viabilidad de la investigación está sustentada en el apoyo (técnico y financiero) y facilidades que nos brindará la empresa constructora COPROIN SAC quien ejecuta el proyecto en estudio, ya que nos basaremos en toda la información y datos que podamos recopilar de cómo se llevó a cabo la construcción, estos recursos humanos y materiales nos permitirá lograr los alcances establecidos de la investigación.

Los resultados y la propuesta metodológica que resulte de la investigación serán validados por la empresa constructora COPROIN SAC, mediante la constatación de la optimización de la productividad y rentabilidad del proyecto en estudio.

2.2. Marco Conceptual

La investigación se enfoca preferentemente en implementar procesos de optimización de producción en obra mediante la combinación de estas metodologías, por lo cual al utilizar la metodología LEAN se enfocará en la “disminución de los tiempos improductivos y aumentar los niveles de actividad real y de rendimiento obteniendo un sistema de flujo continuo disminuyendo las pérdidas” (Virgilio Ghio Castillo, 2001, p.27), para comprender se presenta a continuación los siguientes conceptos:

a) Productividad

Se entiende por productividad, la relación entre lo que se gasta y lo que se produce para realizar una acción. Alfredo Serpell (1994) define la productividad en la construcción como la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. (p.29).

b) Flujo de Trabajo

Alfredo Serpell (1994) lo define como el movimiento de información y materiales a través de la red de unidades de producción, cada uno de las cuales los procesa antes de dejarlos pasar a las unidades de corriente bajo. (p.38).

c) Desperdicios

Desperdicio se define como “cualquier pérdida producida por actividades que generan, directa o indirectamente, costos, pero no adicionan valor alguno al producto desde el punto de vista del cliente final” (Formoso, Issato, Hirota. Berkeley, California, Estados Unidos, 1999).

Mientras que la metodología SIX SIGMA se centra en la búsqueda y eliminación de causas de errores o defectos en los procesos enfocándose a los resultados que son de importancia crítica para el cliente. Usa herramientas estadísticas y de producción para lograr mejoras en la calidad y rentabilidad de los proyectos. A la vez que propone reducir la variación, tener un ahorro en costos de no calidad, tener un mínimo de defectos en los procesos.

Algunos de los conceptos que se dieron sobre el SIX SIGMA fueron:

“Six Sigma es un enfoque hacia la calidad orientado a resultados y enfocado a proyectos. Es una forma de medir y establecer metas para reducir los defectos en productos o servicios, que se relaciona directamente con los requerimientos de los clientes”. (Jay Arthur, 2003).

“Six Sigma es una metodología estadística que se basa en el método científico para conseguir reducciones significativas en las ratios de los defectos definidos por el cliente, en un esfuerzo de eliminar dichos defectos de cada uno de nuestros productos, procesos y servicios”. (Linderman, Shroeder, Zaheer, & Choo, 2003).

2.3. Estado del Arte

Lean Construction.

Macedo del Águila (2009) realizó una tesis que consistía en la aplicación del pensamiento Lean Construction en la gestión del mantenimiento rutinario y de emergencia en la carretera del tramo Dv. Olmos – Cavico 150.60 Km, la cual comprende los departamentos de Lambayeque, Piura y Cajamarca. El autor buscó mejorar la productividad y disminuir los costos en la ejecución de las siguientes actividades: limpieza de derrames de combustible, transporte de material, limpieza de cunetas, eliminación de maleza, desbroce de maleza con equipo, limpieza de cunetas sin revestir, limpieza de carpeta, bacheo en carpeta asfáltica, bacheo en bermas, reposición de concreto en cuneta, limpieza de derrumbes menores y mayores, conformación de talud, limpieza de cunetas con equipo, construcción de muros emboquillados de piedra, tratamiento de grietas y fisuras con Slurry Seal, reposición y reparación de guardavías, pintado de guardavías en campo, poda de árboles con equipo, limpieza de alcantarillas, limpieza de señales preventivas y reglamentarias, limpieza de señales informativas y por último, la confección de postes de concreto para señales verticales.

Para su investigación Macedo hizo mediciones del tiempo productivo que le tomaba a la cuadrilla realizar las actividades, para luego realizar un análisis comparativo pre y post de las actividades utilizando el pensamiento Lean Construcción. Como resultado se obtuvo un incremento de la productividad, incremento en los tiempos de trabajos contributorios y la disminución de los tiempos en trabajos no contributorios, lo que generó el uso de menos recursos obteniendo ratios óptimas de trabajo.

Una investigación sobre el estado de Lean en la Construcción en EE. UU. (2012) y otro informe más reciente de McGraw Hill Construction (2013) sobre la aplicación de Lean Construction en proyectos de edificación revelan que en aquellas empresas que ya han utilizado prácticas Lean entre el 70% y el 85% han alcanzado un nivel alto o medio sobre una amplia variedad de beneficios, entre los que se incluyen los indicados como, mejor cumplimiento del presupuesto, rendimiento más alto de entregas a tiempo, mayor entrega de valor al cliente. Este estudio confirma el hecho de que la implantación del sistema Lean proporciona numerosas mejoras y beneficios en un amplio número de aspectos de la empresa y al mismo tiempo pone de manifiesto la utilidad de Lean como apuesta clave para la competitividad de las empresas.

Burneo Panta (septiembre de 2013), presentó su tesis denominada “Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando la filosofía Lean Construction” para la conservación vial de la carretera Sullana – Puente Internacional. El trabajo presenta una metodología parecida al de Macedo del Águila, dividiendo las actividades en trabajos productivos, trabajos contributorios y trabajo no contributorios, y realizando una evaluación en campo a través de mediciones de tiempo de los trabajadores. Las actividades analizadas en este trabajo fueron: pintado de marcas en el pavimento, limpieza de cunetas y el roce de vegetación menor. Burneo buscó mejorar la productividad en las actividades de mantenimiento rutinario asegurando que los flujos no paren utilizando la herramienta Last Planner. Como resultados de su trabajo se obtuvo el mejoramiento de los tiempos productivos,

asimismo logró que el personal se involucre en las actividades, lo cual ayudó a vencer la barrera que se presentó a la hora de implementar la propuesta de mejora.

Six Sigma.

La investigación “Construction process measurement and improvement” (Picard, 2002), relata cuales son las claves para conseguir la mejora continua en la construcción a través de los procesos intervinientes. Su estudio se analiza a través del Project Manager, lo que quizás no es un enfoque puro de Six Sigma, pero sienta las bases de cómo aprovechar el empuje de la filosofía Six Sigma para gestionar el proceso constructivo.

Otro artículo que intenta demostrar las bondades de Six Sigma en el sector de la Construcción es “Implementing and Applying Six Sigma in Construction” (Pheng & Hui, 2004) que, mediante un caso práctico desarrollado junto al Instituto de la Vivienda y Desarrollo de Singapur, crean los pasos para desarrollar un plan de trabajo en la construcción de viviendas. Este caso práctico se centra especialmente en los agentes intervinientes, pero llegan a poner en práctica un proyecto piloto que incluye los acabados interiores de obra. Este proyecto piloto alcanzo una mejora de su Sigma del 2,66 con el que se partió, hasta el 3,95, que viene a significar hacer lo correcto el 99% del tiempo trabajado.

También existen algunos artículos, que junto con Six Sigma, estudian la gestión de la construcción mediante la combinación de todas las modalidades, intentando sumar esfuerzos y aprovechar lo mejor que cada una de los sistemas o filosofías pueden aportar, es el caso de “An exploration of the synergies between Six Sigma, total quality management, lean construction and sustainable construction” (Feng & Price, 2005).

Además, las últimas investigaciones se orientan hacia la búsqueda de la utilización de Six Sigma mediante la combinación de la tecnología, como pueda ser los Identificadores de Radio Frecuencia (RFID), más conocidos en las alarmas de los supermercados, “A Case Study for Integrating Lean Six Sigma and RFID Applications in Construction Processes through

Simulation Approach” (Chae, Yun, Han, & Kwon, 2010), trata de cómo utilizar dichos identificadores en los acopios de construcción para optimizar espacios y tiempos.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo General.

- b) Proponer la implementación de procesos para optimizar la productividad en obra mediante la integración de las metodologías Lean Construcción y Six Sigma en el proyecto Residencial Palermo.

2.4.2. Objetivos Específicos.

- c) Identificar los procesos del proyecto que ocasionen mayor número de no cumplimientos de metas de productividad.
- d) Diseñar e implementar los procesos que integren las metodologías Lean Construction y Six Sigma que optimicen la productividad en obra.
- e) Evaluar la productividad en obra y la rentabilidad del proyecto debido a la integración de las metodologías Lean Construction y Six sigma.
- f) Evaluar el grado de correlación entre la optimización de la producción en obra con el aumento de la rentabilidad del proyecto.

2.5. Hipótesis

Es probable que al implementar la integración de las metodologías del Lean Construction y Six Sigma en el proyecto en estudio, será factible optimizar la productividad en obra.

3.-Planteamiento Operacional

3.1. Técnicas, instrumentos y materiales de verificación

Tabla 2

Definición y operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumentos
Independiente: Implementación de la integración de las metodologías Lean Construction y Six Sigma	Lean Construction es gestión de la producción en la construcción y Six Sigma es una metodología que maximiza el valor.	Sigma	DPU (Defecto por unidad)	Índice SIX SIGMA	Informe de Variabilidad
		Elementos críticos(CTQ)	Porcentaje de incidencia, costos	Porcentaje de calidad	Informe de Calidad
		Lean	Porcentaje de Plan cumplido	Last Planner	Informe de productividad
		Trabajo productivo	Rendimiento, ratio, Porcentaje de Incidencia.	Carta Balance	Informe de productividad
Dependiente: Optimización de la Productividad en obra.	Se define la productividad como la capacidad para producir que presenta cualquier factor o combinación de factores.	Trabajo contributorio	Porcentaje de Incidencia, costos	Carta Balance,	Informe de productividad
		Trabajo no contributorio	Porcentaje de Incidencia, costos	Carta Balance	Informe de productividad

Fuente: Elaboración propia

3.2. Campo de Verificación

3.2.1. Ubicación Espacial.

La investigación se realizará en la Región Arequipa ciudad de Arequipa, en la zona de Umacollo.

3.2.2. Ubicación Temporal.

Este proyecto es de carácter coyuntural, ya que es una investigación que será realizada en el presente año. El levantamiento de la información requerida para el desarrollo de dicho modelo se llevará a cabo luego de la aprobación del presente proyecto, en el transcurso de los 3 a 4 meses siguientes, por lo que consideramos que el proyecto se desarrollará en un tiempo aproximado de 6 a 7 meses

3.2.3. Unidades de Estudio.

La unidad de estudio de la investigación es el Proyecto denominado “RESIDENCIAL PALERMO”, el cual es ejecutado por la empresa COPROIN SAC, el cual es un Edificio Multifamiliar, aquí se tomará las muestras de los diferentes trabajos que se llevan a cabo dentro de los procesos de construcción.

3.3. Estrategia de Recolección de Datos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizará como técnica de investigación, el “análisis de documentos” el cual recopila una serie de documentos como son cartas balance, Last Planner, informes de productividad e informe de variabilidad, y la observación para obtener información la cual nos conducirá a diseñar los procesos de optimización.

La aplicación de esta técnica permitirá recopilar y evaluar la información sobre la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto de construcción en estudio y los procesos

integrados de las metodologías mencionadas.

3.3.1. Organización.

Como participante del proyecto, estoy en pleno contacto con los directivos de la empresa COPROIN SAC, por lo que primeramente se conversara con el gerente general al cual se le informara sobre la investigación que se llevara a cabo tomando como objeto de estudio el proyecto en construcción, seguidamente se procederá a obtener la información necesaria del proyecto, ya que toda la documentación del proyecto se encuentra en el banco de datos de todos los responsables de la obra incluyendo mi persona.

3.3.2. Recursos.

3.3.2.1. Recursos Humanos.

Tabla 3
Recursos Humanos

Cantidad	Descripción	Monto S/.
1	INVESTIGADOR	1000.00
1	RECOPIACION DE DATOS	1000.00

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2. Recursos Físicos

Tabla 4
Recursos Físicos

Cantidad	Descripción	Monto S/.
1	LAPTOP	1000.00
2	UTILES	200.00
5	LIBROS	300.00
1	MOVIBILIDAD	300.00
1	MOBILIARIO	300.00

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.3. Recursos Económicos

Tabla 5
Recursos Económicos

Cantidad	Descripción	Monto S/.
1	RECOPIACION	600.00
1	INVESTIGACION	700.00
1	DISEÑO DE PROCESOS	600.00

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Validación del Instrumento.

La validación de los instrumentos que se realizara serán sobre Cartas Balance, Metodo del Last Planner, Porcentaje de Plan cumplido(PPC); estos son métodos estadísticos y analíticos que son utilizados por grandes empresas, en el caso de LEAN CONSTRUCCION se utiliza en compañías como Graña y Montero, COSAPI, etc. los cuales nos dan un alto grado de confiabilidad a la hora de implementarlos en nuestro proyecto. Y en lo que se refiere al SIX SIGMA este utiliza métodos estadísticos como desviación estándar, y porcentajes de cumplimientos de calidad, que son pruebas matemáticas utilizadas en proyectos donde se aplicó este sistema Six Sigma.

3.3.4. Criterios para manejos de resultados.

3.3.4.1. A nivel de sistematización.

Se procederá al iniciar la investigación un análisis de los procesos de cómo se llevó a cabo la ejecución de los trabajos bajo un enfoque constructivo tradicional en el proyecto en estudio, aquí se tendrá como referencia los rendimientos de productividad, los defectos que pueden haberse encontrado y todo esto recopilarlos en cuadros informativos.

Una vez que se tenga la información se procederá a analizar la aplicación de ambas metodologías LEAN CONSTRUCTION y SIX SIGMA, en cada uno de los procesos

constructivos, para luego llegar al diseño de implementación de procesos de optimización de la productividad bajo este enfoque nuevo, para finalmente exponer los resultados que puedan darse por medio de esta implementación.

3.3.4.2. A nivel de estudio de datos.

Se procederá a recolectar los datos de rendimientos y productividad de cada uno de los procesos que participan en la construcción, con esta información se procederá a aplicar e integrar las diferentes herramientas disponibles que nos da el LEAN y SIX SIGMA con la cual se podrá realizar comparaciones sobre la productividad de obra, así como la rentabilidad y sostenibilidad que puede llegar a alcanzar el proyecto con estas metodologías.

A continuación, se muestra cómo se procedería a plantear la programación de los procesos y herramientas del Lean Construcción en aplicación de los trabajos que se realizaran en el proyecto.



Figura 1: Procesos de planificación en obra metodología Lean



Figura 2: Sistema del último planificador

Y en lo que se refiere al SIX SIGMA se utilizarán diferentes herramientas estadísticas

como:

- Diagrama de Pareto

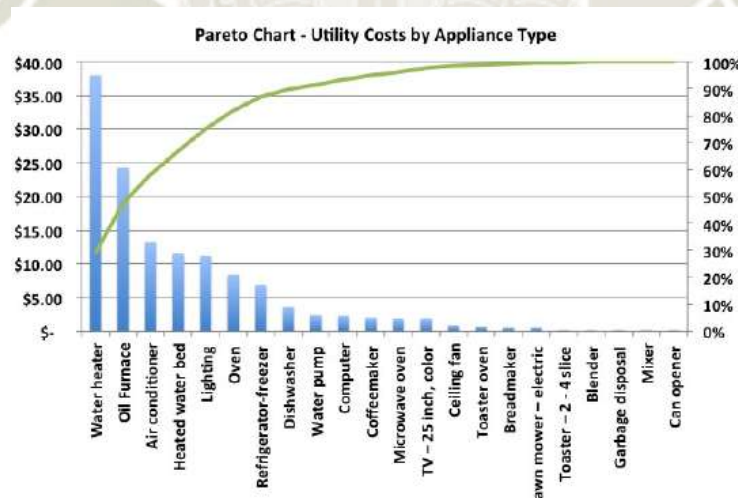


Figura 3: Diagrama de Pareto

- **Histogramas**

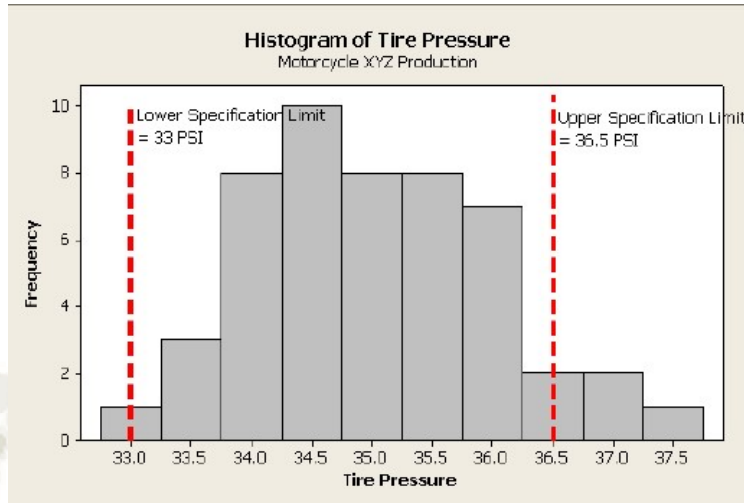


Figura 4: Histograma de frecuencias

3.3.4.3. A nivel de conclusiones.

Se procederán a utilizar herramientas del LEAN y SIX SIGMA que nos aportarán diferentes indicadores de productividad para poder mostrar las conclusiones.

Formato 1: Porcentaje de plan cumplido

ANÁLISIS DE PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO													P&C.CON.001					
NOMBRE DEL PROYECTO:													Revisión:	0				
Reparación e impermeabilización en reservorios y filtros de arena de la PTAP - "Miguel de la Cuba Ibarra" - Arequipa													Fecha:	03/10/2016				
													CODIGO:	1676				
ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND	SEMANA 40							METRADO		ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO						
			L	M	M	J	V	S	D	PROGR.	EJEC.	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIE	MEDIDA CORRECTIVA		
FILTRO 1																		
RETIRO DE RECUBRIMIENTO																		
1.00	Amolado de superficie inferior A	m ²	100							100.00	100.00	X						
2.00	Amolado de superficie inferior B	m ²	100							100.00	0.00		X	PROG	El subcontratista no dimensiono correctamente el trabajo a realizar y realizó cambios en su programación durante la ejecución	Se realizó una capacitación sobre programación de trabajos al subcontratista y apoyo en realizar la estimación de sus tiempos, recursos y programación		
NIVELACION DE SUPERFICIE																		
3.00	Nivelación de superficie inferior A	m ²	100							100.00	100.00	X						
4.00	Nivelación de superficie inferior B	m ²		100						100.00	0.00		X	PROG				
5.00	Nivelación de superficie superior A	m ²			150					150.00	150.00	X						
6.00	Nivelación de superficie superior B	m ²			150					150.00	0.00		X	PROG				
APLICACIÓN DE PRIMER																		
7.00	Aplicación de Primer Nivel inferior	m ²			200					200.00	100.00		X	PROG				
8.00	Aplicación de Primer Nivel superior	m ²				300				300.00	150.00		X	PROG				
APLICACIÓN DE POLYUREA																		
9.00	Aplicación de Polyurea Aromática I	m ²				200	300			500.00	250.00		X	PROG				
PPC TOTAL											33%	3.00	6.00					

Fuente: Tesis de maestría UCSM, Roberto Acero (2017)



Figura 6: Evolución del Porcentaje de plan cumplido

TIPO DE DEFECTO	DEFECTOS EN 284 VIVS	%	en 100 viv (proporcional)	observaciones
Estructural	2	0,70%	1	asentamiento diferencial apenas visible (grieta 45 grados)
Inst. hidr	8	2,82%	3	lugas detectadas previa entrega
Inst sanit	5	1,76%	2	taponamientos detectados previa entrega
Inst gas	0	0,00%	0	se realiza la prueba de hermeticidad previa entrega
Inst electricas	6	2,11%	2	se detectan previa entrega y se corrigen
Acabados interiores	12	4,23%	4	se detectan previa entrega y se corrigen
Exteriores	18	6,34%	6	se detectan previa entrega y se corrigen
Impermeabilizacion	0	0,00%	0	no se detecta hasta que esta en uso la vivienda y en lluvias
Canceleria	0	0,00%	0	lo comun son vidros quebrados que se reponen previa entrega
Banquetas y guarniciones	6	2,11%	2	se detectan previa entrega y se corrigen
	57		20	

Figura 7: Número y tipo de defectos en la construcción

CÁLCULO DEL ÍNDICE SEIS SIGMA

Función	Fraccionamiento	Fraccionamiento
Producto	Casa habitación	Casa habitación
Defecto	Ver lista	Ver lista
No. De defectos	57	20
Unidad	Cliente	Cliente
No. De Unidades	284	100
No. De Oportunidades	1	1

Indicador	Fórmula	Resultado
DPU= defectos por unidad	Defectos/Unidades	0,2
DPMC=defectos por millon de oportunidad	DPU*1000000/Oportunidades	200000
Porcentaje de error	DPU*100/Oportunidades	20%
NIVEL SIGMA	Tablas de distribución normal	2,341621042

Figura 8: Calculo de indice seis sigma

3.3.4.1. A nivel de recomendaciones

5. Referencias Bibliográficas

- Arias L., Portilla, L. M., & Castaño Benjumea, J. C. (2008). *Aplicación de Six Sigma en las Organizaciones*. Scientia et Technica. Año XIV, No 38, 265- 270.
- Alarcón L.F. (2012). *Un nuevo enfoque en la gestión: la construcción sin pérdidas*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Gómez A., Morales D. (2016) *Análisis de la productividad en la construcción de vivienda basada en rendimientos de mano de obra.*
- Kochendoerfer B., Adnan E., Abed K. (2014). *Tendencias para optimizar la productividad en los proyectos de construcción en palestina*.
- Miranda D. (2012). *Implementación del sistema Last Planner en una habilitación urbana*. Lima Perú: PUCP
- Moreno R. (2012), *Productividad eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2011*. Bogotá Colombia:
- Pontificia universidad católica de Chile. (2017). *Revista de la construcción - Indexado Scielo chile*
- Solís R., Arcudia C., González J. (2011). *Modelo de los factores para el estudio de la productividad en la construcción masiva de vivienda*. Lima Perú: PUCP
- Ost Patzlaff E., Stumpf M., Parisi A. (2013). *Evaluación de la sustentabilidad de la construcción en micro empresas o empresas pequeñas de la construcción – caso de estudio en el sur de Brasil*. Rio de janeiro Brasil:
- Echevarría L. A. (2010), *Aplicación de la Metodología Seis Sigma para el Control de Variación en el Envasado de Pinturas*. Guayaquil, Ecuador.

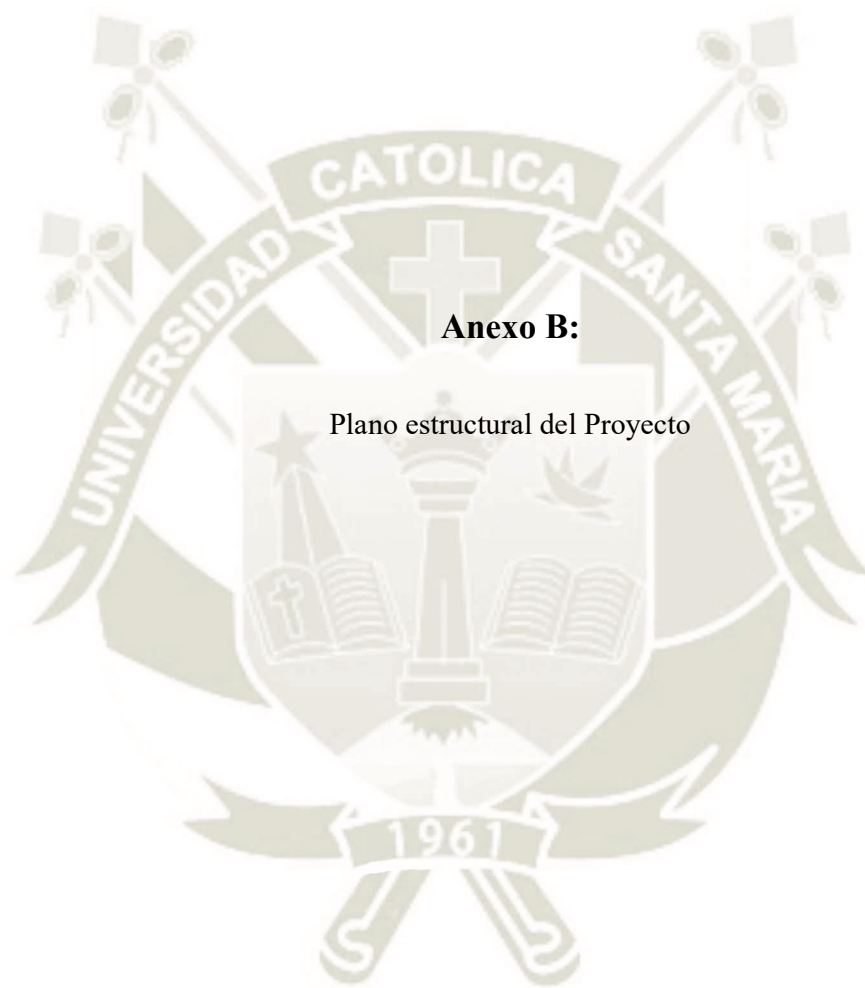
- Garret, D. F., & Lee, J. (2010). *Lean Construction Submittal Process, A Case Study. Quality Engineering, 23:1*
- Kumar, S., & Bauer, K. F. (2010). *Exploring the Use of Lean Thinking and Six Sigma in Public Housing Authorities. Quality Management Journal. Vol 17, No 1, 29-46.*
- Ochoa, J. J., Shen, L. Y., & Hao, J. (2009). *The use of Six Sigma and Lean Construction for Assesing the Prouction Planning Process of Sustainable Building Projects? Construction and Use Through Integrated Design Solutions, 302-319.*
- Jay, A. (2003). *Six Sigma Simplificado. México: Panorama*
- Caña, C. F. y Escajadillo P.A. (2010). *Diagnóstico y evaluación de la relación entre el tipo estructural y la integración de los contratistas con el nivel de productividad en obras de construcción. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.*
- Huacasi J.N. (2014). *Diagnóstico y Evaluación de la Productividad en el Proyecto "Los Parques del Agustino II" aplicando Lean Construction en las Torres F, G, K y propuesta de mejora. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín,*
- Díaz, D. (2007). *Aplicación del sistema de planificación "Last Planner" a la construcción de un edificio habitacional de mediana altura. Santiago de Chile: Universidad de Chile.*
- Pérez M., A. (6 de Julio de 2005). *Seis Sigma - Kaizen. Rompiendo Paradigmas. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México*

6. Anexos

A.-Índice de Productividad

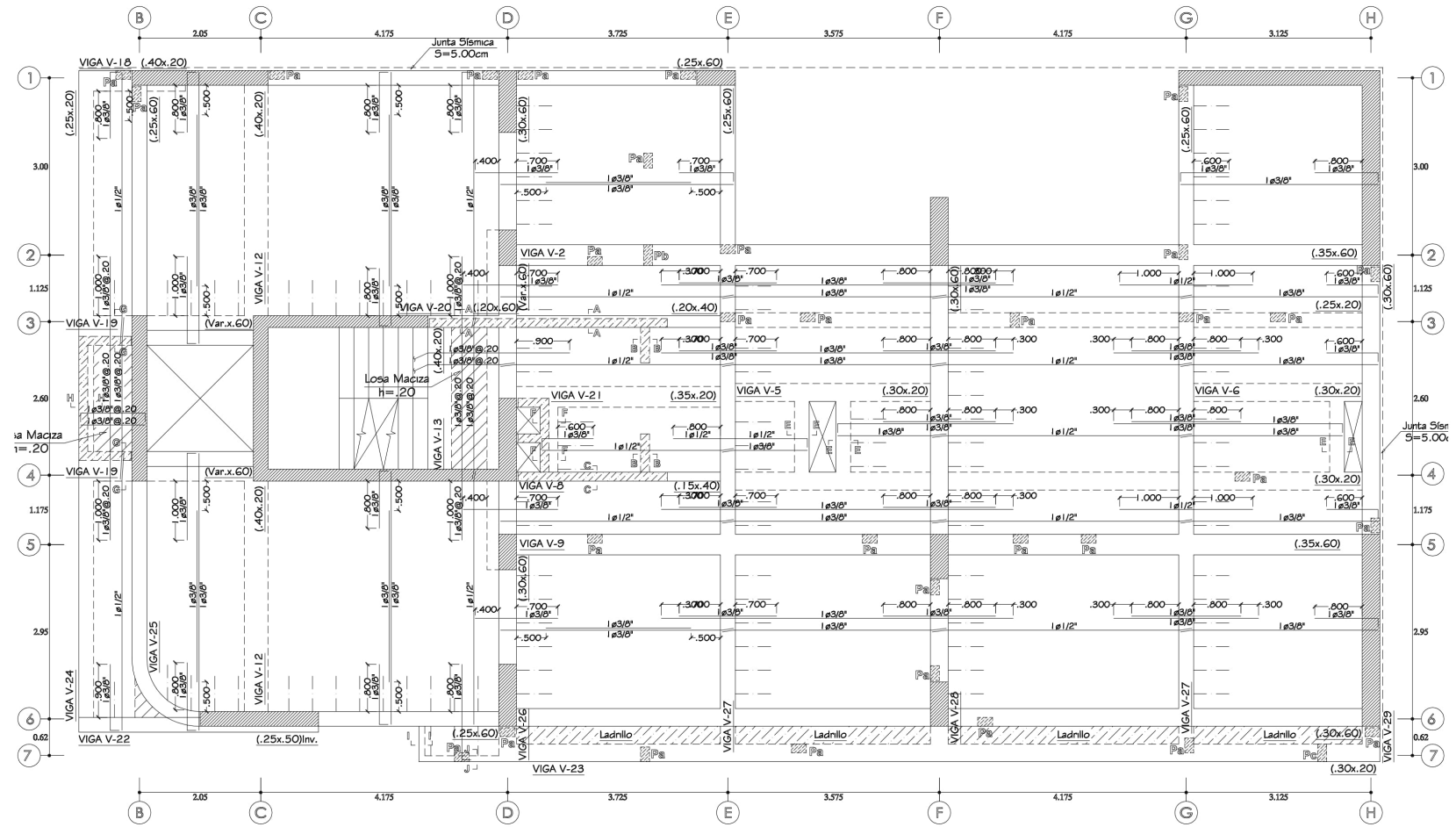
INDICES DE PRODUCTIVIDAD													P&C.CON#02			
													Revisión:			
													Fecha:			
FRENTE:	CIV		AVANCE			HORAS HOMBRE			PRODUCTIVIDAD (RATIO)			HH GANADAS Y PERDIDAS (ACUMULADO A LA FECHA)			SEMANA ACTUAL	US\$ GAN / PERD ACM REAL
			TOTAL PREVISTO A EJECUTAR	ACUM REAL	% ACUM	TOTAL PREVISTO A CONSUMIR	ACUM PREVISTO	ACUM REAL	META	ACUM REAL	PROY PARA SALDO	ACUM REAL	PROY PARA SALDO	TOTAL A FIN DE OBRA	HH GANADAS / PERDIDAS	S/ 15 / hh
1100	MOV. DE TIERRAS	M3	2,000.00	2,000.00	100%	2,000.00	2,000.00	2,494.50	1,000	1,247	1,000	-494.50		-494.50	1,799.00	-7,417.50
1200	ACERO DE REFUERZO	EG	200,000.00	16,140.84	8%	6,000.00	494.23	840.00	0.030	0.052	0.052	-355.77	-4,052.61	-4,408.38	-138.28	-5,336.62
1300	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	2,000.00	347.91	17%	4,000.00	695.82	532.00	2,000	1,529	1,529	163.82	777.93	941.76	84.70	2,457.36
1400	COLOCACION DE CONCRETO	M3	1,000.00	106.90	11%	2,500.00	267.25	154.50	2,500	1,448	1,448	112.75	941.97	1,054.72	52.25	1,691.25
1500	ALBAÑILERIA	M2	1.00	-		1.00	-	-	1,000	-	1,000					
1600	ENLUCIDO	M2	1.00	-		1.00	-	-	1,000	-	1,000					
1700	INST. ELECTRICAS Y SANTARIAS	GLB	1.00	-		1.00	-	-	1,000	-	1,000					
1800	ACABADOS Y ARQUITECTURA	GLB	1.00	-		1.00	-	-	1,000	-	1,000					
TOTAL						14,504.00	3,447.30	4,021.00	EFICIENCIA	85.7%	-873.70	-2,332.70	-2,906.40	-1.33	-8,695.81	

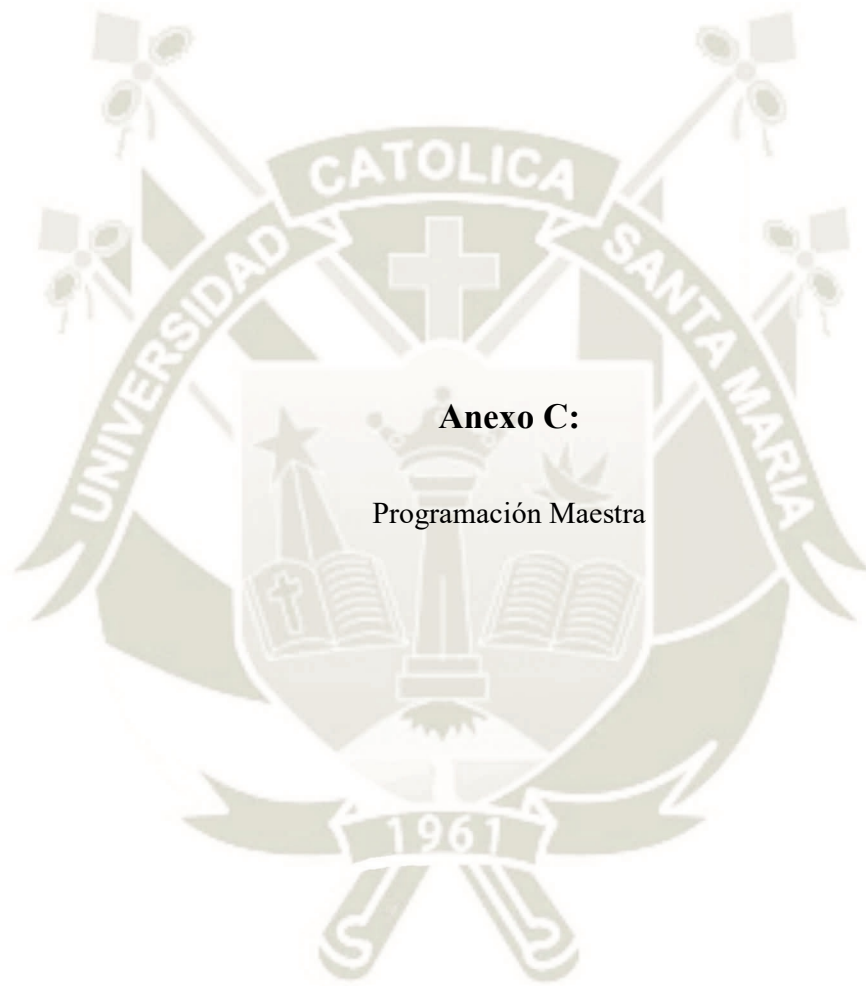
Figura 9: Formato de Índice de productividad (IP); Fuente: Tesis de Maestría UCSM, Roberto Acero (2017)

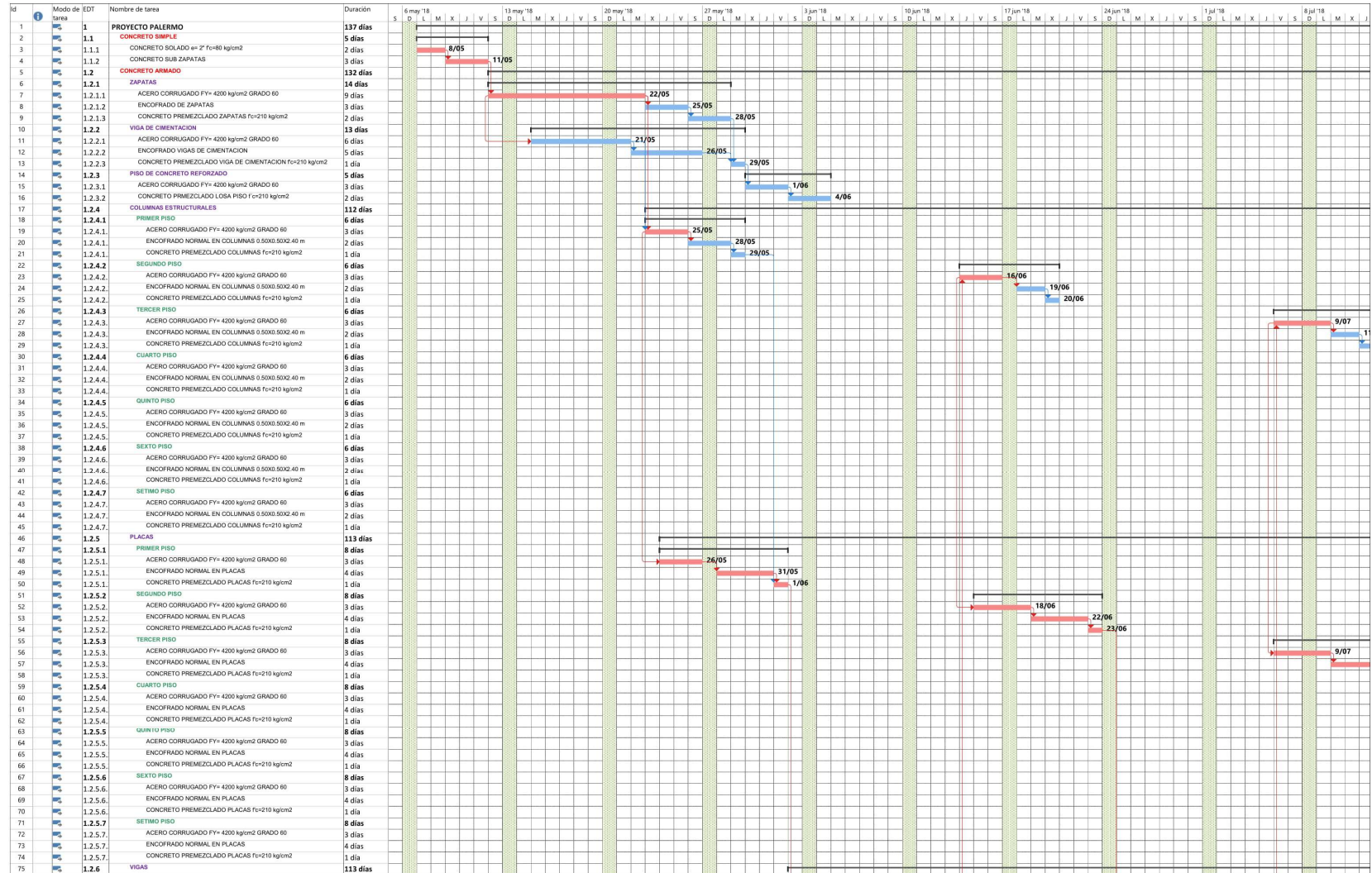


Anexo B:

Plano estructural del Proyecto

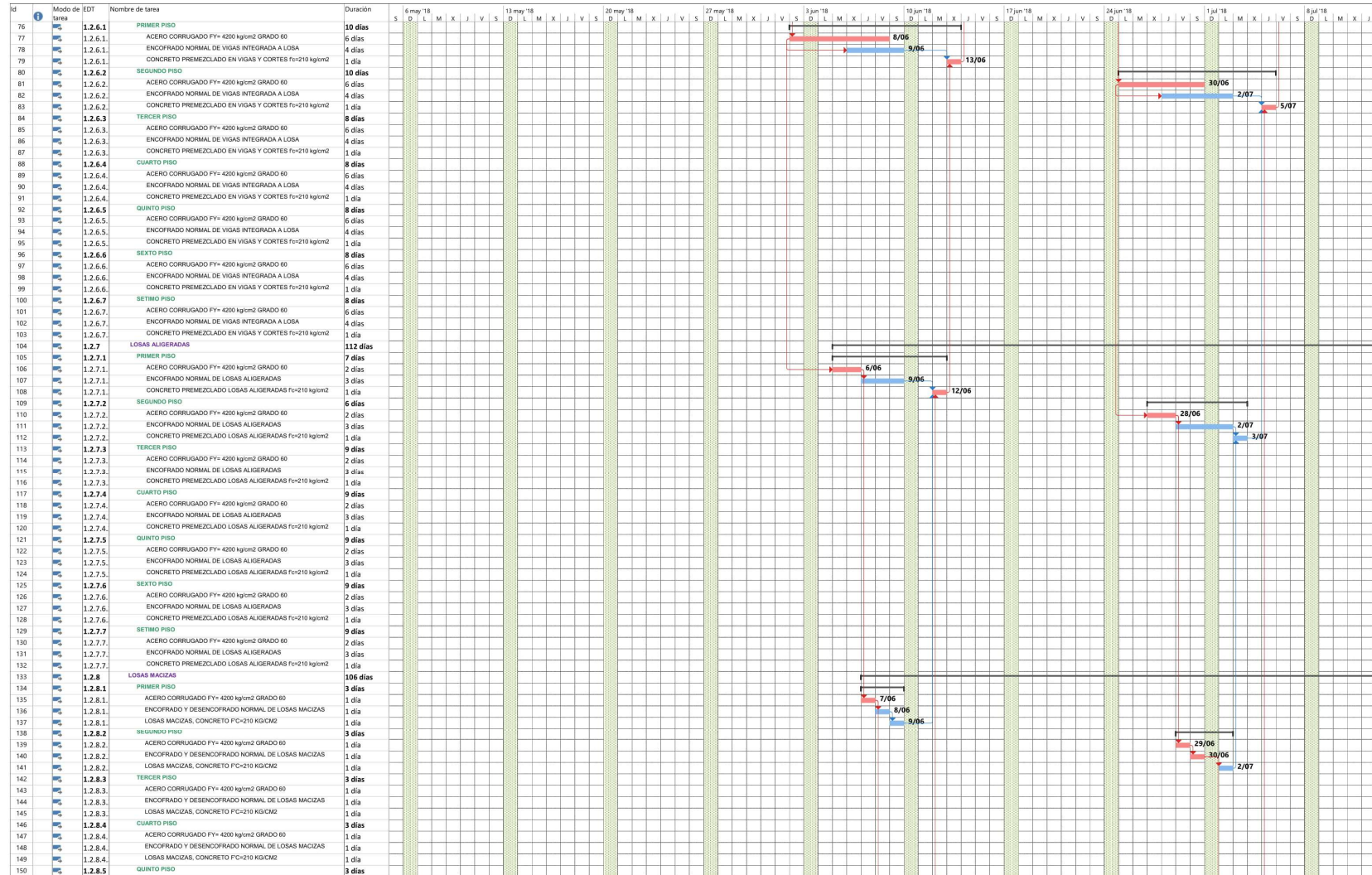






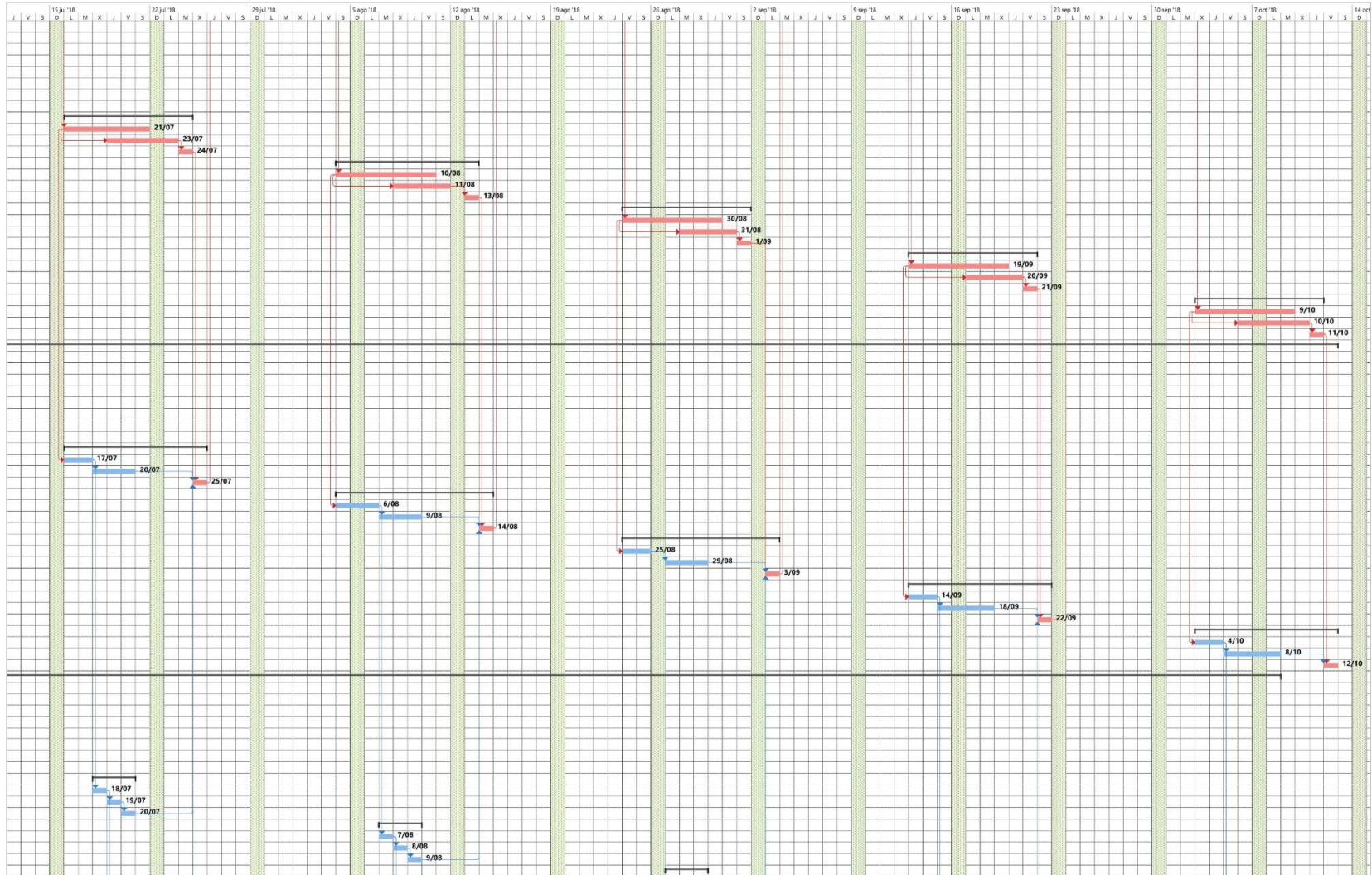
Proyecto: Planificación maestra
 Fecha: jue 7/11/19

Tarea	Resumen	Hito inactivo	solo duración	solo el comienzo	Hito externo	División crítica
División	Resumen del proyecto	Resumen inactivo	Informe de resumen manual	solo fin	Fecha límite	Progreso
Hito	Tarea inactiva	Tarea manual	Resumen manual	Tareas externas	Tareas críticas	Progreso manual



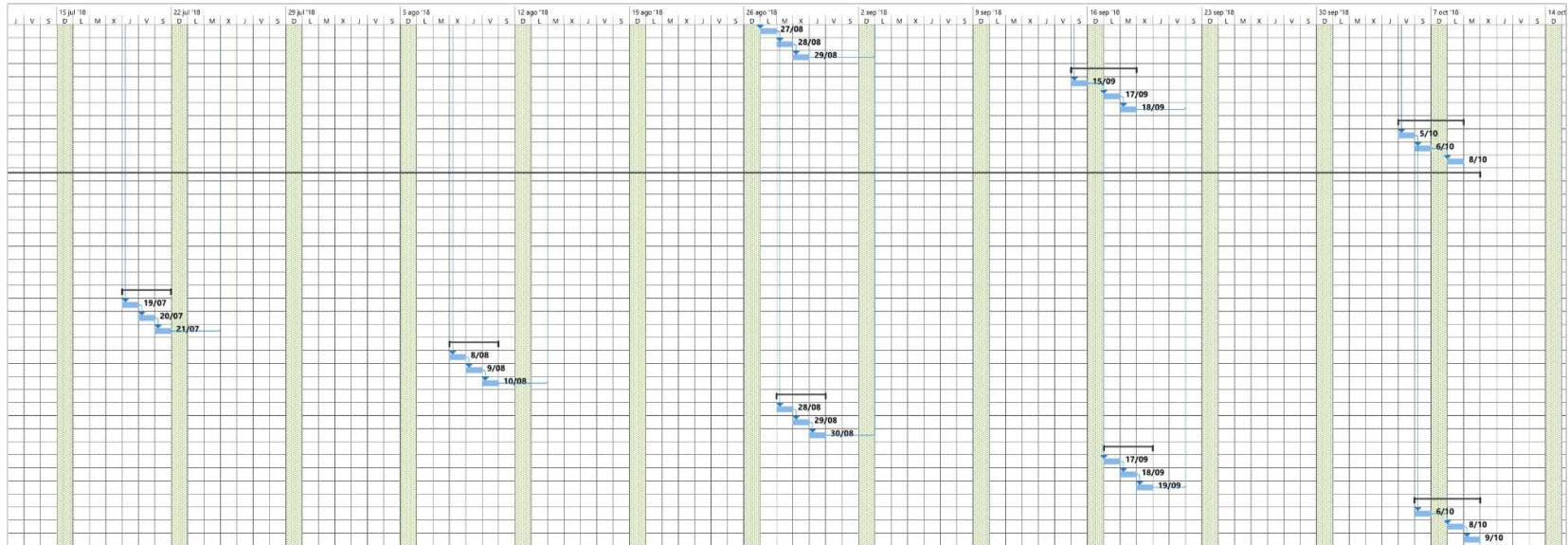
Proyecto: Planificacion maestra
 Fecha: jue 7/11/19

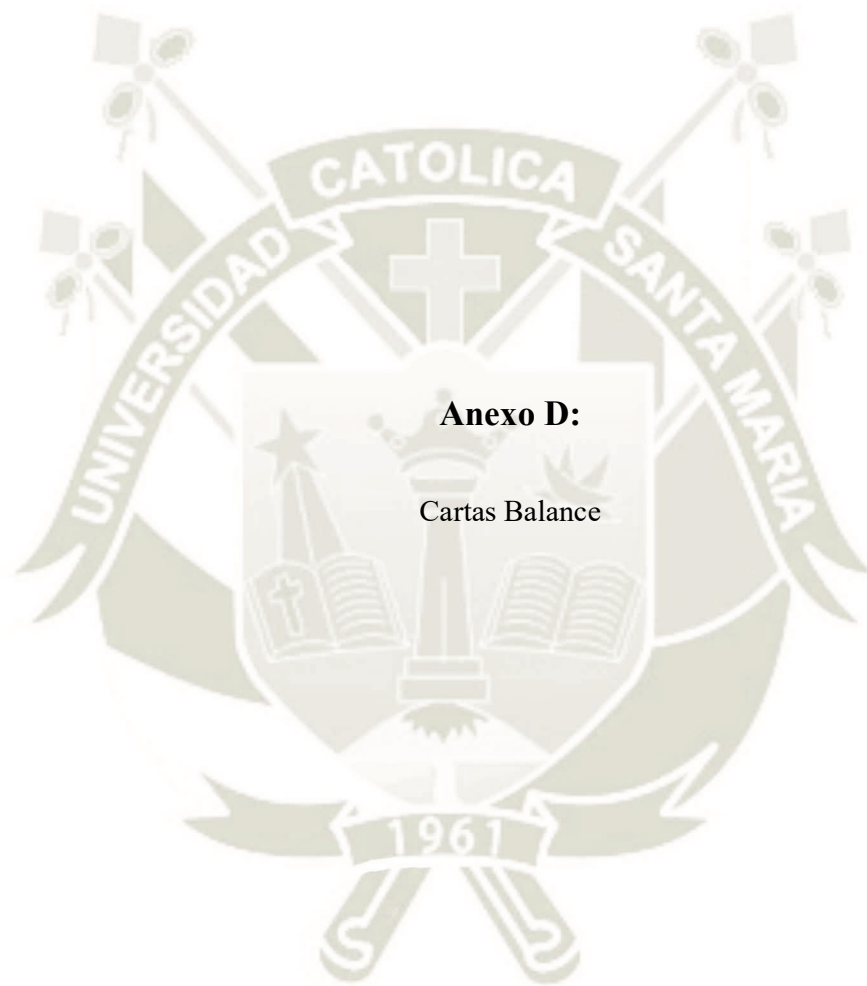
Tarea	Resumen	Hitos inactivo	solo duración	solo el comienzo	Hitos externo	División crítica
División	Resumen del proyecto	Resumen inactivo	Informe de resumen manual	solo fin	Fecha límite	Progreso
Hito	Tarea inactiva	Tarea manual	Resumen manual	Tareas externas	Tareas críticas	Progreso manual



Proyecto: Planificación maestra
 Fecha: jue 7/11/19

Tarea	Resumen	Hitos inactivo	solo duración	solo el comienzo	Hitos externos	División oficina
División	Resumen del proyecto	Resumen inactivo	Informe de resumen manual	solo fin	Fecha límite	Progreso
Hitos	Tarea inactiva	Tarea manual	Resumen manual	Tareas externas	Tareas críticas	Progreso manual





CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Acero en zapatas
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 14/05/2018

HORA DE INICIO: 9:00 am

HA	<i>Habilitacion de acero</i>	RE	<i>Colocar recubrimiento</i>	TR	<i>Trabajo rehecho</i>
AA	<i>Amarre con alambre N16</i>	PL	<i>Consultar con los planos</i>	NF	<i>Necesidades fisiologicas</i>
RI	<i>Recibir instrucciones</i>	CA	<i>Acomodar el acero</i>		
TA	<i>Traslado de acero</i>	TO	<i>Tiempo de orio</i>		
RM	<i>Realizar mediciones</i>	TE	<i>Tiempo de espera</i>		

MIN	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TA	TA	CA				
2	TA	TA	CA				
3	RI	TA	CA				
4	RI	RI	TE				
5	RM	RI	TE				
6	RM	HA	TE				
7	RM	HA	HA				
8	TE	HA	HA				
9	TE	PL	HA				
10	PL	PL	AA				
11	PL	TE	AA				
12	AA	TE	HA				
13	HA	RM	HA				
14	HA	RM	HA				
15	HA	RM	AA				
16	RM	HA	AA				
17	TE	HA	AA				
18	TE	AA	RM				
19	TO	AA	RM				
20	TO	HA	RM				
21	HA	HA	RI				
22	HA	RI	RI				
23	AA	RI	RI				
24	RI	PL	RE				
25	RI	PL	RE				
26	TA	RM	RE				
27	TA	RM	HA				
28	RM	AA	AA				
29	RI	AA	AA				
30	RI	HA	AA				
31	HA	HA	HA				
32	HA	HA	HA				
33	HA	HA	HA				
34	AA	CA	HA				
35	AA	CA	HA				
36	RE	CA	TO				
37	RE	TE	TO				
38	PL	TE	TO				
39	PL	TO	NF				
40	CA	NF	NF				
41	CA	NF	PL				
42	TO	NF	PL				
43	TE	HA	PL				
44	TE	HA	TA				
45	TO	AA	TA				
46	HA	AA	TA				

CODIGO	CATEGORIA
1	Operario 1
2	Operario 2
3	Oficial 1
4	
5	
6	

47	HA	HA	TA								
48	HA	RM	HA								
49	TR	RM	HA								
50	TR	RI	AA								
51	CA	RE	AA								
52	CA	RE	HA								
53	TO	CA	RM								
54	RI	CA	RM								
55	RI	HA	RM								
56	RM	TE	CA								
57	HA	TE	CA								
58	HA	HA	CA								
59	AA	AA	TE								
60	AA	AA	TE								
TOTAL											
HA	44	RI	16	RM	19	PL	11	TO	9	TR	2
AA	24	TA	11	RE	7	CA	15	TE	17	NF	5

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Acero en vigas de cimentacion
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 16/05/2018

HORA DE INICIO: 11:00 am

HA	Habilitacion de acero	RE	Colocar recubrimiento	TR	Trabajo rohecho
AA	Amarre con alambre N16	PL	Consultar con los planos	NF	Necesidades fisiologicas
RI	Recibir instrucciones	CA	Acomodar el acero		
TA	Traslado de acero	TO	Tiempo de ocio		
RM	Realizar mediciones	TE	Tiempo de espera		

MIN	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	RI	PL	PL				
2	RI	PL	PL				
3	TA	RI	PL				
4	TA	RI	RM				
5	RM	RI	RM				
6	RM	TA	RM				
7	RM	TA	HA				
8	HA	TA	HA				
9	HA	RM	HA				
10	HA	RM	AA				
11	AA	RM	AA				
12	AA	HA	AA				
13	HA	AA	AA				
14	AA	AA	AA				
15	TE	HA	RE				
16	TE	HA	RE				
17	TO	AA	RE				
18	PL	AA	RE				
19	PL	RE	CA				
20	PL	RE	CA				
21	HA	RE	CA				
22	HA	CA	CA				
23	HA	CA	HA				
24	AA	CA	HA				
25	HA	TE	HA				
26	AA	TE	HA				
27	AA	RI	AA				
28	RE	RM	AA				
29	RE	RM	AA				
30	RE	RM	AA				
31	CA	HA	AA				
32	CA	HA	CA				
33	CA	HA	CA				
34	TO	AA	CA				
35	HA	AA	RE				
36	HA	HA	RE				
37	PL	TA	TE				
38	PL	TA	TE				
39	TE	TA	TE				
40	TE	HA	TA				
41	TA	HA	TA				
42	TA	AA	TA				
43	TA	HA	NF				
44	HA	AA	NF				
45	HA	TE	NF				
46	AA	TE	NF				
47	HA	PL	HA				
48	HA	PL	HA				
49	RI	TO	HA				

CODIGO	CATEGORIA
1	Operario 1
2	Operario 2
3	Oficial 1
4	
5	
6	

50	RI	TO	CA								
51	RM	RI	CA								
52	RM	RI	PL								
53	HA	TO	PL								
54	HA	TO	HA								
55	AA	NF	HA								
56	AA	NF	HA								
57	CA	HA	TO								
58	RE	HA	TO								
59	RE	AA	TO								
60	AA	AA	TO								
TOTAL											
HA	41	RI	10	RM	14	PL	14	TO	10	TR	0
AA	30	TA	14	RE	14	CA	16	TE	11	NF	6

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Acero en piso de concreto
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 31/05/2018

HORA DE INICIO: 3:00 pm

HA	Habilitación de acero	RE	Colocar recubrimiento	TR	Trabajo rehecho
AA	Amarre con alambre N16	PL	Consultar con los planos	NF	Necesidades fisiológicas
RI	Recibir instrucciones	CA	Acomodar el acero		
TA	Traslado de acero	TO	Tiempo de ocio		
RM	Realizar mediciones	TE	Tiempo de espera		

MIN	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	RI	RM	PL				
2	RI	RM	PL				
3	RI	RM	PL				
4	TA	HA	TE				
5	TA	HA	TE				
6	RM	HA	TE				
7	RM	AA	TE				
8	CA	AA	CA				
9	CA	AA	CA				
10	CA	AA	CA				
11	CA	CA	HA				
12	HA	CA	HA				
13	HA	CA	AA				
14	HA	HA	HA				
15	AA	AA	HA				
16	AA	AA	HA				
17	AA	HA	AA				
18	AA	HA	RI				
19	AA	HA	RI				
20	AA	TE	TA				
21	HA	TE	TA				
22	HA	TA	TA				
23	PL	TA	TA				
24	PL	RM	TA				
25	PL	TA	RM				
26	RM	TA	RM				
27	RM	HA	HA				
28	RM	AA	HA				
29	RM	HA	AA				
30	RM	HA	AA				
31	RI	AA	HA				
32	RI	CA	HA				
33	RI	CA	RE				
34	HA	PL	RE				
35	HA	PL	RE				
36	HA	PL	CA				
37	AA	TO	CA				
38	AA	TO	CA				
39	AA	HA	CA				
40	AA	HA	TO				
41	HA	TO	TO				
42	HA	TO	TO				
43	RE	RM	AA				
44	RE	RM	AA				
45	RE	AA	AA				
46	TE	AA	TE				
47	TE	AA	TE				
48	HA	AA	PL				
49	HA	HA	PL				

CODIGO	CATEGORIA
1	Operario 1
2	Operario 2
3	Oficial 1
4	
5	
6	

50	NF	HA	RM								
51	NF	HA	RM								
52	TO	RE	RM								
53	TO	RE	RM								
54	AA	RE	RM								
55	AA	CA	HA								
56	HA	CA	HA								
57	HA	HA	AA								
58	HA	HA	AA								
59	TO	AA	AA								
60	TO	AA	AA								
TOTAL											
HA	43	RI	8	RM	20	PL	11	TO	11	TR	0
AA	37	TA	11	RE	9	CA	18	TE	10	NF	2

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Acero en columna 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 06/07/2018

HORA DE INICIO: 8:00 am

HA	Habilitación de acero	RE	Colocar recubrimiento	TR	Trabajo rebocho
AA	Amarre con alambre N16	PL	Consultar con los planos	NF	Necesidades fisiologicas
RI	Recibir instrucciones	CA	Acomodar el acero		
TA	Traslado de acero	TO	Tiempo de ocio		
RM	Realizar mediciones	TE	Tiempo de espera		

MIN	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TA	PL	TA				
2	TA	PL	TA				
3	TA	TE	PL				
4	RM	TE	PL				
5	RM	HA	PL				
6	RM	HA	PL				
7	RM	HA	TE				
8	TE	AA	TE				
9	TE	AA	RI				
10	TE	TA	RI				
11	HA	TA	RI				
12	HA	RE	TE				
13	AA	RE	TE				
14	AA	CA	CA				
15	HA	CA	CA				
16	HA	CA	CA				
17	AA	RM	HA				
18	RI	RM	HA				
19	RI	RM	HA				
20	RI	RI	AA				
21	PL	RI	AA				
22	PL	RI	AA				
23	RI	HA	AA				
24	RI	HA	AA				
25	CA	HA	HA				
26	HA	AA	RM				
27	HA	AA	RM				
28	HA	AA	RM				
29	AA	TO	RM				
30	AA	TO	RM				
31	AA	TR	RM				
32	HA	TR	TO				
33	TO	TE	TO				
34	TO	TE	HA				
35	TO	RM	AA				
36	NF	RM	AA				
37	NF	HA	AA				
38	NF	HA	HA				
39	NF	AA	AA				
40	RM	AA	HA				
41	RM	HA	HA				
42	RM	AA	HA				
43	RE	AA	TE				
44	RE	RI	CA				
45	RE	NF	CA				
46	HA	NF	CA				
47	HA	TO	RM				
48	AA	PL	RM				
49	AA	PL	RM				

CODIGO	CATEGORIA
1	Operario 1
2	Operario 2
3	Oficial 1
4	
5	
6	

50	HA	RE	HA								
51	HA	RE	HA								
52	TE	HA	HA								
53	TE	HA	AA								
54	RI	AA	AA								
55	RI	AA	AA								
56	HA	TE	RE								
57	HA	TE	RE								
58	AA	AA	RE								
59	AA	AA	CA								
60	HA	AA	CA								
TOTAL											
HA	38	RI	14	RM	21	PL	10	TO	8	TR	2
AA	36	TA	7	RE	10	CA	12	TE	16	NF	6

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Acero en placa en 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 07/07/2018

HORA DE INICIO: 10:00 am

HA	Habilitación de acero	RE	Colocar recubrimiento	TR	Trabajo rohecho
AA	Amarre con alambre N16	PL	Consultar con los planos	NF	Necesidades fisiologicas
RI	Recibir instrucciones	CA	Acomodar el acero		
TA	Traslado de acero	TO	Tiempo de ocio		
RM	Realizar mediciones	TE	Tiempo de espera		

MIN	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	HA	CA	RI				
2	HA	CA	RI				
3	AA	CA	RM				
4	AA	TE	RM				
5	TA	TO	PL				
6	TA	TO	PL				
7	TA	RM	RM				
8	RM	RM	HA				
9	RM	RM	HA				
10	RM	RM	AA				
11	HA	TA	AA				
12	HA	TA	HA				
13	AA	HA	HA				
14	AA	HA	AA				
15	HA	HA	AA				
16	HA	AA	TE				
17	AA	AA	TE				
18	PL	AA	TE				
19	PL	RI	TA				
20	TO	RI	TA				
21	TO	RI	HA				
22	NF	HA	AA				
23	NF	AA	AA				
24	NF	AA	HA				
25	CA	HA	HA				
26	CA	HA	PL				
27	TA	AA	CA				
28	RM	AA	CA				
29	HA	AA	TO				
30	HA	HA	TO				
31	AA	CA	TO				
32	AA	CA	NF				
33	AA	CA	NF				
34	AA	RE	NF				
35	HA	RE	RM				
36	HA	RE	RM				
37	AA	HA	HA				
38	TE	HA	HA				
39	TE	HA	AA				
40	TE	AA	AA				
41	AA	HA	AA				
42	AA	AA	HA				
43	AA	TA	HA				
44	RM	TA	HA				
45	RM	TA	AA				
46	AA	TO	AA				
47	AA	TO	HA				
48	AA	TE	RE				
49	AA	TE	RE				

CODIGO	CATEGORIA
1	Operario 1
2	Operario 2
3	Oficial 1
4	
5	
6	

50	PL	RM	RE								
51	PL	RM	TE								
52	PL	RM	TE								
53	TR	HA	HA								
54	TR	HA	HA								
55	TR	AA	AA								
56	TR	AA	RM								
57	AA	AA	RM								
58	AA	HA	TO								
59	AA	PL	TO								
60	AA	PL	HA								
TOTAL											
HA	40	RI	5	RM	20	PL	10	TO	11	TR	4
AA	46	TA	11	RE	6	CA	10	TE	11	NF	6

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Acero en vigas en 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 19/07/2018

HORA DE INICIO: 9:00 am

HA	Habilitación de acero	RE	Colocar recubrimiento	TR	Trabajo rehecho
AA	Amarre con alambre N16	PL	Consultar con los planos	NF	Necesidades fisiológicas
RI	Recibir instrucciones	CA	Acomodar el acero		
TA	Traslado de acero	TO	Tiempo de ocio		
RM	Realizar mediciones	TE	Tiempo de espera		

MIN	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	PL	TA	TA				
2	PL	TA	TA				
3	PL	TA	CA				
4	RM	TA	CA				
5	TA	TA	CA				
6	TA	TE	CA				
7	TA	TE	RI				
8	TA	TE	RI				
9	TA	TO	HA				
10	HA	TO	HA				
11	HA	PL	HA				
12	HA	PL	AA				
13	AA	PL	AA				
14	AA	RI	HA				
15	AA	RI	HA				
16	AA	RI	TE				
17	AA	HA	TE				
18	AA	HA	TE				
19	RI	HA	CA				
20	RI	AA	CA				
21	RI	AA	CA				
22	CA	AA	RE				
23	CA	AA	RE				
24	CA	HA	RE				
25	TE	HA	HA				
26	TE	HA	HA				
27	TE	HA	HA				
28	RM	HA	HA				
29	RM	AA	AA				
30	RM	HA	AA				
31	HA	CA	AA				
32	AA	CA	AA				
33	AA	CA	AA				
34	HA	RM	CA				
35	HA	RM	CA				
36	HA	RM	CA				
37	HA	RM	PL				
38	TA	AA	PL				
39	TA	AA	PL				
40	TA	AA	PL				
41	TA	HA	RM				
42	TA	NF	RM				
43	TA	NF	RM				
44	RE	NF	RM				
45	RE	NF	AA				
46	RE	TE	HA				
47	RE	TE	HA				
48	CA	RE	HA				
49	CA	RE	HA				

CODIGO	CATEGORIA
1	Operario 1
2	Operario 2
3	Oficial 1
4	
5	
6	

50	CA	RE	HA								
51	CA	CA	HA								
52	PL	CA	AA								
53	PL	CA	AA								
54	PL	HA	TE								
55	HA	HA	TE								
56	HA	HA	TE								
57	HA	AA	TE								
58	AA	AA	TA								
59	AA	AA	TA								
60	AA	AA	TA								
TOTAL											
HA	39	RI	8	RM	12	PL	13	TO	2	TR	0
AA	33	TA	21	RE	10	CA	23	TE	15	NF	4

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Acero en losa en 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 17/07/2018

HORA DE INICIO: 2:00 pm

HA	Habilitación de acero	RE	Colocar recubrimiento	TR	Trabajo rohecho
AA	Amarre con alambre N16	PL	Consultar con los planos	NF	Necesidades fisiologicas
RI	Recibir instrucciones	CA	Acomodar el acero		
TA	Traslado de acero	TO	Tiempo de ocio		
RM	Realizar mediciones	TE	Tiempo de espera		

MIN	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TA	CA	CA				
2	TA	CA	CA				
3	TA	CA	CA				
4	HA	RM	RE				
5	HA	RM	RE				
6	HA	RM	RE				
7	AA	TA	PL				
8	AA	TA	PL				
9	AA	TA	PL				
10	AA	TE	PL				
11	HA	TE	HA				
12	HA	TE	HA				
13	RM	HA	HA				
14	RM	HA	AA				
15	RM	AA	AA				
16	TE	AA	AA				
17	TE	HA	HA				
18	RI	HA	AA				
19	RI	AA	AA				
20	RI	AA	HA				
21	PL	HA	RI				
22	PL	RE	RI				
23	PL	RE	RI				
24	CA	RE	TA				
25	CA	CA	TA				
26	CA	CA	TA				
27	HA	CA	RM				
28	HA	PL	RM				
29	AA	PL	RM				
30	AA	PL	RE				
31	HA	PL	RE				
32	AA	HA	RE				
33	TO	HA	CA				
34	TO	HA	CA				
35	AA	HA	HA				
36	HA	AA	HA				
37	RE	AA	HA				
38	RE	AA	AA				
39	RE	HA	HA				
40	CA	HA	AA				
41	CA	HA	HA				
42	RM	HA	CA				
43	RM	TA	CA				
44	HA	TA	CA				
45	HA	TA	HA				
46	AA	TA	HA				
47	AA	TO	HA				
48	AA	TO	AA				
49	HA	NF	AA				

CODIGO	CATEGORIA
1	Operario 1
2	Operario 2
3	Oficial 1
4	
5	
6	

50	AA	NF	AA								
51	AA	NF	PL								
52	HA	NF	PL								
53	RE	TE	PL								
54	RE	TE	RI								
55	RE	HA	RI								
56	CA	HA	RI								
57	CA	HA	TE								
58	CA	AA	TE								
59	HA	AA	TE								
60	HA	RM	AA								
TOTAL											
HA	44	RI	9	RM	12	PL	14	TO	4	TR	0
AA	33	TA	13	RE	15	CA	22	TE	10	NF	4

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Acero en losa maciza en 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 17/07/2018

HORA DE INICIO: 4:00 pm

HA	Habilitación de acero	RE	Colocar recubrimiento	TR	Trabajo robecho
AA	Amarre con alambre N16	PL	Consultar con los planos	NF	Necesidades fisiologicas
RI	Recibir instrucciones	CA	Acomodar el acero		
TA	Traslado de acero	TO	Tiempo de ocio		
RM	Realizar mediciones	TE	Tiempo de espera		

MIN	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	HA	CA	TA				
2	HA	CA	TA				
3	AA	CA	TA				
4	AA	CA	TA				
5	HA	PL	TA				
6	AA	PL	CA				
7	AA	PL	CA				
8	AA	HA	CA				
9	HA	HA	CA				
10	HA	HA	PL				
11	RM	AA	PL				
12	RM	AA	PL				
13	RM	AA	PL				
14	RM	AA	PL				
15	RM	RM	AA				
16	CA	RM	AA				
17	CA	RM	AA				
18	CA	RM	HA				
19	CA	RM	HA				
20	CA	RM	HA				
21	PL	HA	HA				
22	PL	AA	HA				
23	PL	AA	AA				
24	PL	AA	AA				
25	PL	TO	AA				
26	PL	TO	AA				
27	TA	TO	RM				
28	TA	CA	RM				
29	TA	CA	RI				
30	TA	CA	RI				
31	TA	RE	TE				
32	RM	RE	TE				
33	RM	RE	TE				
34	HA	AA	TA				
35	HA	AA	TA				
36	HA	HA	TA				
37	AA	HA	TA				
38	AA	HA	TO				
39	AA	TA	TO				
40	RI	TA	HA				
41	RI	TA	HA				
42	TE	TA	HA				
43	TE	CA	AA				
44	TE	CA	AA				
45	CA	CA	AA				
46	CA	AA	CA				
47	CA	AA	CA				
48	RE	AA	CA				
49	RE	AA	CA				

CODIGO	CATEGORIA
1	Operario 1
2	Operario 2
3	Oficial 1
4	
5	
6	

50	RE	TE	RE								
51	RE	TE	RE								
52	RE	TE	RE								
53	AA	TA	RE								
54	AA	AA	RE								
55	TE	AA	TO								
56	TE	AA	TO								
57	TE	TO	TO								
58	TO	TO	NF								
59	TO	TO	NF								
60	TO	TO	NF								
TOTAL											
HA	23	RI	4	RM	15	PL	14	TO	15	TR	0
AA	36	TA	19	RE	13	CA	26	TE	12	NF	3

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Acero en escalera de tercer nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 19/07/2018

HORA DE INICIO: 2:00 pm

HA	Habilitación de acero	RE	Colocar recubrimiento	TR	Trabajo rohecho
AA	Amarre con alambre N16	PL	Consultar con los planos	NF	Necesidades fisiologicas
RI	Recibir instrucciones	CA	Acomodar el acero		
TA	Traslado de acero	TO	Tiempo de ocio		
RM	Realizar mediciones	TE	Tiempo de espera		

MIN	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	PL	PL	CA				
2	PL	PL	CA				
3	PL	PL	CA				
4	PL	PL	CA				
5	PL	HA	CA				
6	RI	HA	CA				
7	RI	HA	CA				
8	RI	AA	PL				
9	TA	AA	PL				
10	TA	AA	PL				
11	TA	HA	PL				
12	TA	HA	HA				
13	RM	HA	HA				
14	RM	HA	HA				
15	RM	TA	AA				
16	RM	TA	AA				
17	CA	TA	AA				
18	CA	RM	HA				
19	CA	RM	HA				
20	CA	RM	HA				
21	HA	TE	AA				
22	HA	TE	AA				
23	HA	TE	AA				
24	HA	CA	AA				
25	HA	CA	CA				
26	AA	CA	CA				
27	AA	CA	CA				
28	AA	AA	RM				
29	AA	AA	RM				
30	AA	HA	RM				
31	HA	HA	RM				
32	AA	HA	RI				
33	AA	HA	RI				
34	RE	AA	RI				
35	RE	AA	RI				
36	RE	AA	TA				
37	TE	CA	TA				
38	TE	CA	CA				
39	TE	CA	CA				
40	TE	TO	HA				
41	TA	TO	HA				
42	TA	TA	AA				
43	TA	TA	AA				
44	TR	HA	HA				
45	TR	HA	HA				
46	TR	AA	HA				
47	PL	AA	CA				
48	PL	AA	CA				
49	PL	HA	CA				

CODIGO	CATEGORIA
1	Operario 1
2	Operario 2
3	Oficial 1
4	
5	
6	

50	HA	AA	TE								
51	HA	HA	TE								
52	HA	HA	TE								
53	AA	AA	RM								
54	AA	AA	RM								
55	HA	RM	RM								
56	HA	RM	RM								
57	HA	RM	RM								
58	HA	RM	RM								
59	AA	AA	RI								
60	AA	AA	RI								
TOTAL											
HA	40	RI	9	RM	21	PL	16	TO	2	TR	3
AA	36	TA	14	RE	3	CA	26	TE	10	NF	0

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Encofrado de zapatas
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 24/05/2018

HORA DE INICIO: 09:00 am

CM	Colocacion de madera	TM	Traslado de materiales	TR	Trabajo rehecho
AA	Amarre con alambre N°8	RM	Realizar mediciones	TO	Tiempo ocioso
AP	Apilado de estructura	LE	Limpieza del encofrado	NF	Necesidades fisiologicas
AN	Apuntalamiento	CD	Colocacion de desmoldante	VI	Viaje improductivo
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TM	TM	RI	LE			
2	TM	TM	RI	LE			
3	TM	TM	RI	LE			
4	TM	RM	LE	LE			
5	RM	RM	LE	RM			
6	RM	RM	LE	RM			
7	RM	LE	CM	RM			
8	LE	LE	CM	RM			
9	LE	LE	CM	RI			
10	LE	CD	AA	RI			
11	RI	CD	AA	RI			
12	RI	CD	AA	RI			
13	RI	CM	AA	TM			
14	CD	CM	TM	TM			
15	CD	CM	TM	TM			
16	CM	CM	TM	TM			
17	CM	CM	CD	CD			
18	CM	AA	CD	CD			
19	CM	AA	CD	CD			
20	CM	AA	CD	CM			
21	CM	AA	CM	CM			
22	CM	AA	CM	CM			
23	CM	AN	CM	CM			
24	CM	AN	CM	CM			
25	AA	AN	AN	CM			
26	AA	AN	AN	CM			
27	AN	AN	AN	CM			
28	AN	AN	AA	CM			
29	AN	TO	AA	CM			
30	AN	TO	AA	AN			
31	AN	TO	AA	AN			
32	AN	RI	AA	AN			
33	AA	RI	AA	AN			
34	AA	RI	TE	AN			
35	TE	TM	TE	AA			
36	TE	TM	TE	AA			
37	TE	TM	TE	AA			
38	RM	TM	TR	AA			
39	RM	CM	TR	AA			
40	RM	CM	TR	AA			
41	AN	CM	TR	AA			
42	AN	AA	NF	TE			
43	AN	AA	NF	TE			
44	AN	AA	NF	TE			
45	TO	AA	NF	TM			
46	TO	AN	AN	TM			
47	TR	AN	AN	TM			
48	TR	AN	AN	TO			
49	TR	AN	AN	TO			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	OPERARIO 3
4	OPERARIO 4
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS

CODIGO	CANTID	TIPO
CHI	6	CHICHONES
DESN	9	DESNIVELADO
DESG	3	DESGASTADO

50	TR	TR	AN	TO			
51	AN	TR	AN	AA			
52	AN	TR	AA	AA			
53	AN	TO	AA	AA			
54	CM	TO	AA	VI			
55	CM	AP	AA	VI			
56	AA	AP	AA	VI			
57	AA	AP	CM	AN			
58	AA	AP	AP	AN			
59	AA	AA	AP	AN			
60	AN	AA	AP	TM			

TOTAL											
CM	37	AP	7	RI	13	RM	13	CD	12	TR	11
AA	44	AN	41	TM	22	LE	13	TE	10	TO	10
NF	4										
VI	3										

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Encofrado de Viga de cimentacion
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 25/05/2018

HORA DE INICIO: 11:00 am

CM	Colocacion de madera	TM	Traslado de materiales	TR	Trabajo rehecho
AA	Amarre con alambre N°8	RM	Realizar mediciones	TO	Tiempo ocioso
AP	Aplomado de estructura	LE	Limpieza del encofrado	NF	Necesidades fisiologicas
AN	Apuntalamiento	CD	Colocacion de desmoldante	VI	Viaje improductivo
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	CM	RM	TM	TM			
2	CM	RM	TM	TM			
3	CM	RM	TM	TM			
4	AN	CD	TM	CM			
5	AN	CD	TE	CM			
6	AN	CD	TE	CM			
7	AN	CD	TE	CM			
8	AN	TM	TE	LE			
9	RM	TM	RI	LE			
10	RM	TM	RI	LE			
11	RM	CM	RI	RM			
12	LE	CM	CM	RM			
13	LE	CM	CM	RM			
14	LE	AA	CM	TR			
15	TE	AA	CM	TR			
16	TE	AA	AA	TR			
17	TE	AA	AA	TR			
18	AA	AA	AA	AA			
19	AA	RI	AA	AA			
20	AA	RI	AA	AA			
21	AA	RI	AN	AA			
22	AA	AN	AN	AN			
23	AA	AN	AN	AN			
24	TE	AN	AN	AN			
25	TE	AN	AN	CM			
26	TE	TO	CM	CM			
27	AN	TO	CM	AA			
28	AN	TO	TE	CD			
29	AN	AN	TE	CD			
30	AN	AN	TE	CD			
31	AN	TE	LE	CD			
32	CM	TE	LE	CM			
33	CM	TE	LE	CM			
34	CM	AA	AN	CM			
35	TO	AA	AN	CM			
36	TO	AA	AN	AN			
37	VI	NF	AN	AN			
38	VI	NF	TO	TE			
39	AN	NF	TO	TE			
40	AN	NF	VI	TE			
41	AN	AN	VI	RI			
42	AP	AN	AA	RI			
43	AP	AN	AA	RI			
44	AP	AP	AA	LE			
45	AP	AP	AA	LE			
46	AA	AP	RM	LE			
47	AA	CM	RM	TO			
48	AA	CM	RM	TO			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	OPERARIO 3
4	OPERARIO 4
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
CHI	4	CHICHONES
DESN	3	DESNIVELADO
DESG	2	DESGASTADO

49	RM	AN	AN	AA			
50	RM	TE	AN	AA			
51	AN	TE	AN	AA			
52	AN	TE	AN	AP			
53	AA	AP	AP	AP			
54	AA	AP	AP	AP			
55	TE	AN	AP	TO			
56	TE	AN	AP	TO			
57	TE	AN	TO	TO			
58	AN	AN	TO	VI			
59	AN	LE	TO	VI			
60	AN	LE	TO	VI			

TOTAL											
CM	27	AP	16	RI	9	RM	14	CD	8	TR	4
AA	36	AN	50	TM	10	LE	14	TE	25	TO	16
NF	4										
VI	7										

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Encofrado de columna 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 10/07/2018

HORA DE INICIO: 8:00 am

CM	Colocación de madera	TM	Traslado de materiales	TR	Trabajo rehecho
AA	Amarre con alambre N°8	RM	Realizar mediciones	TO	Tiempo ocioso
AP	Aplomado de estructura	LE	Limpieza del encofrado	NF	Necesidades fisiológicas
AN	Apuntalamiento	CD	Colocación de desmoldante	VI	Viaje improductivo
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TM	TM	RM	LE			
2	TM	TM	RM	LE			
3	TM	TM	RM	LE			
4	TM	TM	RM	LE			
5	RM	LE	CM	CD			
6	RM	LE	CM	CD			
7	RM	LE	CM	CD			
8	RM	RM	CM	CD			
9	LE	RM	CM	RM			
10	LE	RM	CM	RM			
11	LE	AN	RI	RM			
12	LE	AN	RI	TM			
13	LE	AN	RI	TM			
14	CD	AA	AA	TM			
15	CD	AA	AA	TM			
16	CD	AA	AA	AN			
17	RI	AA	AA	AN			
18	RI	AA	AA	AN			
19	RI	AA	AA	CM			
20	TE	AA	AN	CM			
21	TE	AA	AN	CM			
22	TE	TE	AN	CM			
23	CM	TE	AN	CM			
24	CM	TE	AN	CM			
25	CM	CM	AN	VI			
26	CM	CM	CM	VI			
27	AA	CM	CM	TO			
28	AA	CM	CM	TO			
29	AA	CM	TE	CM			
30	AA	VI	TE	CM			
31	AN	VI	TE	CM			
32	AN	VI	TM	AA			
33	AN	TM	TM	AA			
34	AN	TM	TM	AA			
35	LE	TM	VI	AA			
36	LE	TM	VI	AA			
37	TO	LE	AP	AA			
38	TO	LE	AP	RI			
39	TO	LE	AP	RI			
40	AN	LE	AP	TE			
41	AN	LE	TM	TE			
42	AN	CD	TM	RM			
43	AN	CD	TM	RM			
44	AP	TO	TM	RM			
45	AP	TO	TM	AP			
46	AP	CM	TM	AP			
47	AA	CM	TM	AP			
48	AA	AA	AN	AN			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	OPERARIO 3
4	OPERARIO 4
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
CHI	4	CHICHONES
DESN	2	DESNIVELADO
DESG	4	DESGASTADO

49	AA	AA	AN	AN				
50	AA	AA	AN	AN				
51	CM	AA	AN	AN				
52	CM	AN	AA	AA				
53	CM	AN	AA	AA				
54	AP	AP	AA	AA				
55	AP	AP	AA	AA				
56	AP	AP	NF	LE				
57	AP	AP	NF	LE				
58	AN	AP	NF	TO				
59	AN	TO	NF	TO				
60	LE	TO	NF	AP				

TOTAL											
CM	32	AP	20	RI	8	RM	17	CD	9	TR	0
AA	40	AN	32	TM	26	LE	22	TE	11	TO	11
NF	5										
VI	7										

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Encofrado de placa 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 11/07/2018

HORA DE INICIO: 3:00 pm

CM	Colocación de madera	TM	Traslado de materiales	TR	Trabajo rehecho
AA	Amarre con alambre N°8	RM	Realizar mediciones	TO	Tiempo ocioso
AP	Aplomado de estructura	LE	Limpieza del encofrado	NF	Necesidades fisiológicas
AN	Apuntalamiento	CD	Colocación de desmoldante	VI	Viaje improductivo
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	RI	TM	AA	CM			
2	RI	TM	AA	CM			
3	RI	TM	AA	CM			
4	RM	TM	AA	CM			
5	RM	TE	AN	AN			
6	RM	TE	AN	AN			
7	TM	TE	AN	AN			
8	TM	AN	TE	AN			
9	TM	AN	TE	AA			
10	LE	AN	TE	AA			
11	LE	AN	TE	AA			
12	LE	AA	VI	AA			
13	CD	AA	VI	RM			
14	CD	AA	VI	RM			
15	CD	TM	TM	RM			
16	CD	TM	TM	TE			
17	CM	TM	TM	TE			
18	CM	TM	TM	TE			
19	CM	TE	TM	TE			
20	CM	TE	NF	TM			
21	CM	TE	NF	TM			
22	AA	CM	NF	TM			
23	AA	CM	NF	TM			
24	AA	CM	AA	TM			
25	AA	AN	AA	TM			
26	AN	AN	AA	AP			
27	AN	AA	AA	AP			
28	AN	AA	AA	AP			
29	TE	TE	CM	TR			
30	TE	TE	CM	TR			
31	TE	TE	CM	TR			
32	TR	VI	CM	NF			
33	TR	VI	CM	NF			
34	TR	TM	AN	NF			
35	VI	TM	AN	NF			
36	VI	CD	AN	TE			
37	AN	CD	RI	TE			
38	AN	CD	RI	TE			
39	AN	AP	RI	RM			
40	AN	AP	LE	RM			
41	AA	AA	LE	RM			
42	AA	AA	AP	RM			
43	RM	AA	AP	LE			
44	RM	AN	AP	LE			
45	RM	AN	AP	LE			
46	AA	AN	AN	AN			
47	AA	RM	AN	AN			
48	AA	RM	AN	AN			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	OPERARIO 3
4	OPERARIO 4
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
CHI	8	CHICHONES
DESN	5	DESNIVELADO
DESG	4	DESGASTADO

49	AA	RM	AN	AN			
50	AA	LE	TM	AN			
51	TE	LE	TM	CM			
52	TE	LE	TM	CM			
53	AP	TO	RM	CM			
54	AP	TO	RM	AA			
55	AP	TO	RM	AA			
56	AN	AP	AA	AA			
57	AN	AP	AA	AA			
58	AN	AP	AA	AA			
59	AN	AN	AA	TE			
60	TE	AN	AA	TE			

TOTAL											
CM	20	AP	15	RI	6	RM	19	CD	7	TR	6
AA	42	AN	41	TM	27	LE	11	TE	28	TO	3
NF	8										
VI	7										

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Encofrado de vigas 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 20/07/2018

HORA DE INICIO: 11:00 Am

CM	Colocacion de madera	TM	Traslado de materiales	TR	Trabajo rehecho
AA	Colocacion de grapas	RM	Realizar mediciones	TO	Tiempo ocioso
AP	Aplomado de estructura	LE	Limpieza del encofrado	NF	Necesidades fisiologicas
AN	Apuntalamiento	CD	Colocacion de desmoldante	VI	Viaje improductivo
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TM	LE	CM	TE			
2	TM	LE	CM	TE			
3	TM	LE	CM	TE			
4	TM	LE	CM	TM			
5	LE	AA	AA	TM			
6	LE	AA	AA	TM			
7	LE	AA	AA	TM			
8	CD	AA	AA	TO			
9	CD	CM	AN	TO			
10	CD	CM	AN	TO			
11	TE	CM	LE	TO			
12	TE	CM	LE	AA			
13	TE	CM	LE	AA			
14	CM	RI	LE	AA			
15	CM	RI	TM	AA			
16	CM	RI	TM	AA			
17	CM	RM	TM	AA			
18	AA	RM	TO	CM			
19	AA	RM	TO	CM			
20	AA	RM	TO	CM			
21	AA	CM	AP	RI			
22	AA	CM	AP	RI			
23	AN	CM	AP	RI			
24	AN	AN	AP	AP			
25	AN	AN	RI	AP			
26	AN	AN	RI	AP			
27	TE	AP	RI	LE			
28	TE	AP	CM	LE			
29	TM	AP	CM	LE			
30	LE	AP	CM	TE			
31	LE	AP	AA	TE			
32	LE	LE	AA	TE			
33	CM	LE	AN	AA			
34	CM	TO	AN	AA			
35	CM	TO	AN	AN			
36	CM	TO	TE	AN			
37	AA	TO	TE	AN			
38	AA	NF	TE	AN			
39	AA	NF	TM	AN			
40	AN	NF	TM	NF			
41	AN	NF	TM	NF			
42	AN	AA	VI	NF			
43	AN	AA	VI	RI			
44	AP	AA	VI	RI			
45	AP	AA	AN	CM			
46	AP	AN	AN	CM			
47	AP	AN	AN	CM			
48	RM	AN	TE	CM			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	OPERARIO 3
4	OPERARIO 4
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
CHI	6	CHICHONES
DESN	9	DESNIVELADO
DESG	3	DESGASTADO

49	RM	CM	TE	AA			
50	RM	CM	AA	AA			
51	AN	CM	AA	CM			
52	AN	TE	AA	CM			
53	AN	TE	AA	RM			
54	AA	TE	AA	RM			
55	AA	TM	AN	RM			
56	TE	TM	AN	RM			
57	TE	CD	AN	TE			
58	TE	CD	AN	TE			
59	LE	AN	AN	TE			
60	LE	AN	AN	AA			

TOTAL											
CM	35	AP	16	RI	11	RM	11	CD	5	TR	0
AA	40	AN	38	TM	17	LE	21	TE	25	TO	11
NF	7										
VI	3										

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Encofrado de losa 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 20/07/2018

HORA DE INICIO: 16:00 Am

CM	Colocacion de madera	TM	Traslado de materiales	TR	Trabajo rehecho
AA	Colocacion de grapas	RM	Realizar mediciones	TO	Tiempo ocioso
AP	Aplomado de estructura	LE	Limpieza del encofrado	NF	Necesidades fisiologicas
AN	Apuntalamiento	CD	Colocacion de desmoldante	VI	Viaje improductivo
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	LE	AA	TE	TM			
2	LE	AA	TE	TM			
3	LE	AA	TE	TM			
4	LE	AA	TE	RM			
5	LE	AN	VI	RM			
6	CD	AN	VI	RM			
7	CD	AN	VI	RM			
8	CD	TO	VI	LE			
9	RM	TO	AA	LE			
10	RM	TO	AA	LE			
11	RM	VI	AA	AA			
12	RM	VI	AA	AA			
13	TM	VI	AA	AA			
14	TM	AN	AA	CM			
15	TM	AN	AN	CM			
16	TM	AN	AN	CM			
17	TE	TR	AN	CM			
18	TE	TR	AN	AN			
19	TE	TR	AN	AN			
20	CM	TR	AN	AN			
21	CM	LE	AN	AN			
22	CM	LE	TE	RI			
23	CM	LE	TE	RI			
24	AA	CD	TE	TR			
25	AA	CD	TE	TR			
26	AA	CD	TE	TR			
27	AP	CD	RI	TO			
28	AP	CD	RI	TO			
29	AP	CM	RI	TO			
30	AP	CM	RM	TO			
31	AP	CM	RM	NF			
32	AN	CM	RM	NF			
33	AN	CM	RM	NF			
34	AN	TM	LE	VI			
35	AA	TM	LE	VI			
36	AA	TM	LE	VI			
37	TO	TM	LE	CM			
38	TO	TM	LE	CM			
39	TO	TM	LE	CM			
40	TO	TM	LE	CM			
41	TM	TM	CD	AN			
42	TM	TE	CD	AN			
43	TM	TE	CD	AN			
44	VI	TE	CD	AP			
45	VI	TE	TO	AP			
46	VI	AA	TO	AP			
47	VI	AA	TO	AP			
48	VI	AA	VI	AP			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	OPERARIO 3
4	OPERARIO 4
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
CHI	2	CHICHONES
DESN	10	DESNIVELADO
DESG	8	DESGASTADO

49	AP	CM	VI	LE			
50	AP	CM	CM	LE			
51	AP	CM	CM	LE			
52	AA	TE	CM	TE			
53	AA	TE	AN	TE			
54	AA	TE	AN	TE			
55	AA	TM	AN	AA			
56	AA	TM	AA	AA			
57	AN	CD	AA	AA			
58	AN	CD	AA	AA			
59	AN	AN	TO	AA			
60	AN	AN	TO	AA			

TOTAL											
CM	23	AP	13	RI	5	RM	12	CD	14	TR	7
AA	35	AN	32	TM	20	LE	21	TE	22	TO	16
NF	3										
VI	17										

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Encofrado de losa maciza del 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 21/07/2018

HORA DE INICIO: 8:00 am

CM	Colocación de madera	TM	Traslado de materiales	TR	Trabajo rehecho
AA	Colocación de grapas	RM	Realizar mediciones	TO	Tiempo ocioso
AP	Aplomado de estructura	LE	Limpieza del encofrado	NF	Necesidades fisiológicas
AN	Apuntalamiento	CD	Colocación de desmoldante	VI	Viaje improductivo
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TE	TM	TM	AA			
2	TE	TM	TM	AA			
3	TE	TM	TM	AA			
4	RM	TM	TM	AA			
5	RM	TM	AN	AA			
6	RM	TM	AN	TM			
7	RI	LE	CM	TM			
8	RI	LE	CM	TM			
9	CD	LE	CM	TM			
10	CD	CD	CM	AN			
11	CD	CD	CD	AN			
12	CD	CD	CD	AN			
13	CM	AA	CD	AN			
14	CM	AA	CD	AA			
15	CM	AA	AA	AA			
16	CM	AA	AA	AA			
17	CM	AA	AA	AA			
18	AA	CM	AA	RM			
19	AA	CM	TO	RM			
20	AA	CM	TO	RM			
21	AA	CM	TO	RM			
22	AP	CM	TO	RM			
23	AP	CM	NF	TE			
24	AP	CM	NF	TE			
25	AP	AN	NF	TE			
26	TR	AN	NF	TE			
27	TR	AN	NF	LE			
28	TR	AN	AN	LE			
29	RM	AN	AN	LE			
30	RM	TE	AN	LE			
31	TE	TE	AN	CD			
32	TE	TE	AA	CD			
33	TE	TE	AA	CD			
34	TE	TE	AA	AA			
35	TE	VI	AA	AA			
36	AN	VI	AP	AA			
37	AN	VI	AP	AN			
38	AN	TE	AP	AA			
39	AN	TE	RM	AP			
40	TM	TE	RM	AP			
41	TM	TM	RM	AP			
42	TM	TM	RI	AP			
43	TM	TM	RI	LE			
44	TM	AP	AA	LE			
45	TE	AP	AA	TO			
46	TE	AP	AA	TO			
47	TE	AP	AA	TO			
48	AA	AA	AN	TO			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	OPERARIO 3
4	OPERARIO 4
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
CHI	3	CHICHONES
DESN	11	DESNIVELADO
DESG	7	DESGASTADO

49	AA	AA	AN	TO			
50	AA	AA	AN	VI			
51	CM	AA	TE	VI			
52	CM	AN	TE	AA			
53	CM	AN	TE	AA			
54	AN	AN	TE	AA			
55	AN	TO	VI	AN			
56	AN	TO	VI	AN			
57	AA	TO	AN	AN			
58	AA	CM	AA	CM			
59	AA	CM	AA	CM			
60	AA	CM	AA	AN			

TOTAL											
CM	24	AP	15	RI	4	RM	13	CD	14	TR	3
AA	51	AN	34	TM	22	LE	9	TE	27	TO	12
NF	5										
VI	7										

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Encofrado de escalera 3er nivel
PROYECTO: Residencial palermo

FECHA: 21/07/2018

HORA DE INICIO: 3:00 pm

CM	Colocacion de madera	TM	Traslado de materiales	TR	Trabajo rehecho
AA	Colocacion de grapas	RM	Realizar mediciones	TO	Tiempo ocioso
AP	Aplomado de estructura	LE	Limpieza del encofrado	NF	Necesidades fisiologicas
AN	Apuntalamiento	CD	Colocacion de desmoldante	VI	Viaje improductivo
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	RM	AA	TE	TM			
2	RM	AA	TE	TM			
3	RM	AA	TE	TM			
4	RM	AA	TE	TM			
5	TM	LE	TE	TE			
6	TM	LE	TM	TE			
7	TM	LE	TM	TE			
8	CM	LE	TM	TE			
9	CM	CD	TM	TE			
10	CM	CD	CM	TR			
11	CM	CD	CM	TR			
12	LE	CD	CM	TR			
13	LE	CD	CM	RI			
14	LE	TE	CM	RI			
15	LE	TE	AA	RI			
16	AA	TE	AA	AA			
17	AA	TE	AA	AA			
18	AA	CM	AA	AA			
19	AA	CM	AA	AA			
20	AA	CM	AA	AA			
21	AP	CM	TM	AN			
22	AP	AN	TM	AN			
23	AP	AN	TM	AN			
24	AP	AN	TO	AN			
25	AN	AN	TO	AN			
26	AN	AN	TO	AN			
27	AN	AN	VI	LE			
28	AN	TR	VI	LE			
29	AA	TR	VI	LE			
30	AA	TR	CM	LE			
31	TE	TR	CM	LE			
32	TE	TE	CM	CM			
33	TE	TE	AN	CM			
34	TE	TE	AN	CM			
35	TM	RM	AN	CM			
36	TM	RM	AN	CM			
37	TM	RM	RM	CM			
38	TM	RM	RM	CD			
39	VI	CD	RM	CD			
40	VI	CD	LE	CD			
41	VI	CM	LE	CD			
42	VI	CM	LE	AN			
43	VI	CM	LE	AN			
44	RI	CM	CD	AN			
45	RI	AA	CD	AN			
46	RI	AA	CD	AN			
47	RI	AA	CD	TO			
48	AP	AA	CD	TO			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	OPERARIO 3
4	OPERARIO 4
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
CHI	2	CHICHONES
DESN	4	DESNIVELADO
DESG	3	DESGASTADO

49	AP	AN	CM	TO			
50	AP	AN	CM	TO			
51	AP	AN	CM	TM			
52	AN	TO	AN	TM			
53	AN	TO	AN	TM			
54	AN	TO	AN	CM			
55	AA	AN	AN	CM			
56	TO	AN	AN	CM			
57	TO	AA	AN	CM			
58	TO	AA	AN	CM			
59	TO	AA	AN	CM			
60	TO	AA	AN	CM			

TOTAL											
CM	36	AP	8	RI	7	RM	11	CD	16	TR	7
AA	31	AN	42	TM	21	LE	17	TE	21	TO	15
NF	0										
VI	8										

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Concreto en solados
PROYECTO: Residencial Palermo

FECHA: 08/05/2018

HORA DE INICIO: 10:00 am

VC	Vaciado de concreto	LH	Limpieza de herramientas	NF	Necesidades fisiológicas
AC	Acomodo de concreto c/pala	GM	Golpeteo de martillo	VI	Viaje improductivo
RE	Reglado del concreto	TM	Traslado de materiales		
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		
VB	Vibrado	TD	Tiempo de descanso		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TM	TM	LH	TM			
2	TM	TM	LH	TM			
3	TM	TM	LH	TM			
4	TM	TM	LH	TM			
5	TM	TE	LH	TM			
6	TE	TE	LH	VI			
7	TE	TE	LH	VI			
8	TE	TE	TE	VI			
9	TE	TE	TE	TD			
10	TE	TE	TE	TD			
11	TE	TE	TE	TD			
12	TE	TE	TE	TD			
13	TE	TE	TE	TE			
14	RI	TE	TE	TE			
15	RI	TE	TE	TE			
16	RI	VC	RI	TE			
17	RI	VC	RI	TE			
18	RI	VC	RI	AC			
19	LH	VC	RI	AC			
20	LH	VC	RI	AC			
21	LH	VC	TM	AC			
22	LH	VC	TM	AC			
23	VC	VC	TE	AC			
24	VC	AC	TE	RI			
25	VC	AC	TE	RI			
26	VC	AC	TM	RI			
27	VC	AC	TM	VB			
28	AC	AC	TM	VB			
29	AC	VB	TM	VB			
30	AC	VB	TM	VB			
31	AC	VB	TM	TM			
32	AC	VB	TM	TM			
33	AC	VB	AC	TM			
34	AC	VB	AC	TM			
35	RE	VB	AC	TM			
36	RE	RE	AC	TE			
37	RE	RE	AC	TE			
38	RE	RE	AC	TE			
39	RE	RE	AC	TE			
40	RE	RE	VB	TD			
41	RE	TM	VB	TD			
42	TE	TM	VB	TD			
43	TE	TM	VB	TD			
44	TE	TM	VB	AC			
45	TE	TM	TE	AC			
46	TE	TD	TE	AC			
47	TE	TD	TE	AC			
48	VB	TD	TD	AC			
49	VB	TD	TD	VB			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	AYUDANTE 1
4	AYUDANTE 2
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS

CODIGO	CANTID	TIPO
SEG	6	SEGREGACION
CAN	7	CANGREJERA
DESP	3	DESPLOMADO
BUR	10	BURBUJAS DE AIRE

50	VB	AC	TD	VB			
51	VB	AC	TD	VB			
52	VB	AC	NF	VB			
53	RE	AC	NF	VB			
54	RE	AC	NF	TD			
55	RE	AC	TM	TD			
56	VC	RE	TM	TD			
57	VC	RE	TM	AC			
58	VC	RE	TM	AC			
59	VB	RE	AC	AC			
60	VB	RE	AC	AC			

TOTAL											
VC	16	RE	20	VB	28	GM	0	TE	48	NF	3
AC	42	RI	13	LH	11	TM	37	TD	19	VI	3

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Concreto en zapatas
PROYECTO: Residencial Palermo

FECHA: 26/05/2018

HORA DE INICIO: 8: 00 am

VC	Vaciado de concreto	LH	Limpieza de herramientas	NF	Necesidades fisiologicas
AC	Acomodo de concreto c/pala	GM	Golpeteo de martillo	VI	Viaje improductivo
RE	Reglado del concreto	TM	Traslado de materiales		
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		
VB	Vibrado	TD	Tiempo de descanso		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	RI	RI	RI	RI			
2	RI	RI	RI	RI			
3	RI	RI	RI	RI			
4	RI	RI	RI	RI			
5	RI	RI	RI	RI			
6	RI	RI	RI	RI			
7	LH	TM	TE	TE			
8	LH	TM	TE	TE			
9	LH	TM	TE	TE			
10	LH	TM	TE	TE			
11	LH	TM	TE	TE			
12	TE	TD	TE	TE			
13	TE	TD	TE	TD			
14	TE	TD	TE	TD			
15	TE	TD	TE	TD			
16	TE	TE	TM	TM			
17	TE	TE	TM	TM			
18	TM	TE	TM	TM			
19	TM	TE	TM	TM			
20	TM	TE	TM	TM			
21	TM	TE	NF	TM			
22	VC	VC	NF	AC			
23	VC	VC	AC	AC			
24	VC	VC	AC	AC			
25	VC	VC	AC	AC			
26	VC	VC	AC	AC			
27	VC	VC	AC	AC			
28	VC	VC	AC	AC			
29	VC	VC	AC	VB			
30	VC	VC	GM	VB			
31	VC	AC	GM	VB			
32	AC	AC	GM	VB			
33	AC	AC	GM	VB			
34	AC	AC	GM	GM			
35	AC	AC	VB	GM			
36	RE	RE	VB	GM			
37	RE	RE	VB	GM			
38	RE	RE	VB	AC			
39	RE	RE	VB	AC			
40	TE	GM	AC	AC			
41	TE	GM	AC	AC			
42	TE	GM	AC	AC			
43	TE	TE	AC	TE			
44	GM	TE	AC	TE			
45	GM	TE	TE	TE			
46	GM	TE	TE	TE			
47	VB	AC	TE	TD			
48	VB	AC	TE	TD			
49	VB	AC	TD	AC			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	AYUDANTE 1
4	AYUDANTE 2
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
SEG	1	SEGREGACION
CAN	3	CANGREJERA
DESP	3	DESPLOMADO
BUR	4	BURBUJAS DE AIRE

50	RE	AC	TD	AC			
51	RE	VB	TD	AC			
52	AC	VB	VI	AC			
53	AC	VB	VI	VB			
54	AC	VB	VI	VB			
55	AC	VB	VI	VB			
56	AC	VB	AC	GM			
57	AC	TD	AC	GM			
58	GM	TD	AC	GM			
59	GM	TD	AC	GM			
60	GM	TD	AC	GM			

TOTAL											
VC	19	RE	10	VB	22	GM	23	TE	43	NF	2
AC	52	RI	24	LH	5	TM	20	TD	16	VI	4

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Concreto piso
PROYECTO: Residencial Palermo

HORA DE INICIO: 3 :00 pm

FECHA: 02/06/2018

VC	Vaciado de concreto	LH	Limpieza de herramientas	NF	Necesidades fisiologicas
AC	Acomodo de concreto c/pala	GM	Golpeteo de martillo	VI	Viaje improductivo
RE	Reglado del concreto	TM	Traslado de materiales		
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		
VB	Vibrado	TD	Tiempo de descanso		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TE	TD	TM				
2	TE	TD	TM				
3	TE	TD	TM				
4	TE	TD	TM				
5	TE	VC	TM				
6	TE	VC	TM				
7	TE	VC	AC				
8	TE	VC	AC				
9	VC	VC	AC				
10	VC	VC	AC				
11	VC	AC	AC				
12	VC	AC	AC				
13	VC	AC	LH				
14	VC	AC	LH				
15	VC	AC	LH				
16	AC	AC	LH				
17	AC	TE	TE				
18	AC	TE	TE				
19	AC	TE	TE				
20	AC	TE	TE				
21	AC	TE	TE				
22	AC	NF	AC				
23	AC	NF	AC				
24	AC	NF	AC				
25	AC	RE	AC				
26	AC	RE	AC				
27	VB	RE	VB				
28	VB	RE	VB				
29	VB	RE	VB				
30	VB	VC	VB				
31	VB	VC	VB				
32	TM	VC	VB				
33	TM	VC	TD				
34	TM	VB	TD				
35	AC	VB	TD				
36	AC	VB	TD				
37	AC	VB	TD				
38	AC	VB	AC				
39	AC	RE	AC				
40	VC	RE	AC				
41	VC	RE	AC				
42	VC	RE	RI				
43	VC	RE	RI				
44	VC	TE	RI				
45	VB	TE	RI				
46	VB	TE	RI				
47	VB	VI	AC				
48	VB	VI	AC				
49	VB	VI	AC				

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	AYUDANTE 1
4	
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
SEG	3	SEGREGACION
CAN	2	CANGREJERA
DESP	1	DESPLOMADO
BUR	5	BURBUJAS DE AIRE

50	AC	AC	TE				
51	AC	AC	TE				
52	AC	AC	TE				
53	AC	GM	TE				
54	AC	GM	TE				
55	AC	GM	AC				
56	TD	GM	AC				
57	TD	VB	AC				
58	TD	VB	AC				
59	TD	VB	AC				
60	TD	VB	AC				

TOTAL											
VC	22	RE	10	VB	25	GM	4	TE	26	NF	3
AC	55	RI	5	LH	4	TM	9	TD	14	VI	3

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Concreto en columnas de 3er nivel
PROYECTO: Residencial Palermo

FECHA: 12/07/2018

HORA DE INICIO: 10 :00 am

VC	Vaciado de concreto	LH	Limpieza de herramientas	NF	Necesidades fisiologicas
AC	Acomodo de concreto c/pala	GM	Golpeteo de martillo	VI	Viaje improductivo
RE	Reglado del concreto	TM	Traslado de materiales		
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		
VB	Vibrado	TD	Tiempo de descanso		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TD	TE	TM	TM			
2	TD	TE	TM	TM			
3	TD	TE	TM	TM			
4	TD	TE	TM	TM			
5	TD	TE	TM	TM			
6	TD	TD	TM	TM			
7	TD	TD	TE	TE			
8	VC	TD	TE	TE			
9	VC	TD	TE	TE			
10	VC	TM	TE	TE			
11	VC	TM	TE	TD			
12	VC	TM	TE	TD			
13	VC	TM	TE	TD			
14	VC	VC	AC	TD			
15	VC	VC	AC	NF			
16	VB	VC	AC	NF			
17	VB	VC	VB	NF			
18	VB	AC	VB	NF			
19	VB	AC	VB	AC			
20	VB	AC	VB	AC			
21	RI	AC	GM	AC			
22	RI	AC	GM	AC			
23	RI	RI	GM	RI			
24	VB	RI	GM	RI			
25	VB	RI	GM	RI			
26	VB	TD	GM	VB			
27	VB	TD	AC	VB			
28	VB	TD	AC	VB			
29	VB	TD	AC	VB			
30	VB	TD	AC	VB			
31	GM	VC	AC	VB			
32	GM	VC	TM	TE			
33	GM	VC	TM	TE			
34	GM	VC	TM	TE			
35	VC	VC	TM	TE			
36	VC	VC	TM	TE			
37	VC	VC	LH	TD			
38	VC	AC	LH	TD			
39	VC	AC	LH	TD			
40	AC	AC	LH	GM			
41	AC	AC	LH	GM			
42	AC	AC	LH	GM			
43	AC	AC	AC	GM			
44	VB	AC	AC	GM			
45	VB	VB	AC	GM			
46	VB	VB	AC	GM			
47	VB	VB	AC	AC			
48	VB	VB	VB	AC			
49	VB	VB	VB	AC			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	AYUDANTE 1
4	AYUDANTE 2
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
SEG	2	SEGREGACION
CAN	4	CANGREJERA
DESP	3	DESPLOMADO
BUR	4	BURBUJAS DE AIRE

50	TM	TD	VB	AC			
51	TM	TD	VB	AC			
52	TM	TD	VB	TE			
53	TM	TD	TE	TE			
54	TM	GM	TE	TE			
55	AC	GM	TD	TE			
56	AC	GM	TD	VB			
57	AC	GM	TD	VB			
58	RE	VB	TD	VB			
59	RE	VB	GM	VB			
60	RE	VB	GM	VB			

TOTAL											
VC	24	RE	3	VB	46	GM	23	TE	27	NF	4
AC	41	RI	9	LH	6	TM	26	TD	31	VI	0

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Concreto en placas 3er nivel
PROYECTO: Residencial Palermo

FECHA: 14/07/2018

HORA DE INICIO: 9 :00 am

VC	Vaciado de concreto	LH	Limpieza de herramientas	NF	Necesidades fisiologicas
AC	Acomodo de concreto c/pala	GM	Golpeteo de martillo	VI	Viaje improductivo
RE	Reglado del concreto	TM	Traslado de materiales		
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		
VB	Vibrado	TD	Tiempo de descanso		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	VC	TE	TM	TD			
2	VC	TE	TM	TD			
3	VC	TE	TM	TD			
4	VC	TE	TM	TD			
5	VC	TE	TM	TD			
6	VC	TE	TM	AC			
7	TE	TE	TD	AC			
8	TE	VC	TD	AC			
9	TE	VC	TD	AC			
10	TE	VC	TD	AC			
11	TE	VC	TD	AC			
12	TE	VC	TD	AC			
13	TM	VC	AC	AC			
14	TM	VC	AC	AC			
15	TM	AC	AC	VI			
16	TM	AC	AC	VI			
17	TM	AC	AC	VI			
18	AC	AC	AC	TE			
19	AC	AC	AC	TE			
20	AC	AC	AC	TE			
21	AC	TD	RI	TE			
22	AC	TD	RI	AC			
23	AC	TD	RI	AC			
24	AC	VI	RI	AC			
25	AC	VI	VB	AC			
26	AC	VI	VB	AC			
27	VB	VB	VB	AC			
28	VB	VB	VB	GM			
29	VB	VB	VB	GM			
30	VB	VB	VB	GM			
31	VB	VB	VB	GM			
32	VB	GM	LH	GM			
33	VB	GM	LH	GM			
34	VB	GM	LH	GM			
35	VB	GM	LH	GM			
36	VB	GM	LH	GM			
37	RE	GM	TM	GM			
38	RE	AC	TM	LH			
39	RE	AC	AC	LH			
40	RE	AC	AC	LH			
41	RE	AC	AC	LH			
42	GM	AC	AC	LH			
43	GM	AC	AC	AC			
44	GM	AC	LH	AC			
45	GM	RI	LH	AC			
46	GM	RI	LH	AC			
47	GM	RI	TM	AC			
48	TD	GM	TM	AC			
49	TD	GM	TM	VB			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	AYUDANTE 1
4	AYUDANTE 2
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS

CODIGO	CANTID	TIPO
SEG	6	SEGREGACION
CAN	5	CANGREJERA
DESP	4	DESPLOMADO
BUR	8	BURBUJAS DE AIRE

50							
51	TD	GM	TM	VB			
52	TD	GM	TM	VB			
53	AC	GM	AC	VB			
54	AC	GM	AC	VB			
55	AC	GM	AC	VB			
56	AC	TE	AC	TM			
57	AC	TE	VB	TM			
58	AC	TE	VB	TM			
59	TE	TE	VB	TM			
60	TE	TE	VB	TM			

TOTAL											
VC	13	RE	5	VB	33	GM	30	TE	24	NF	0
AC	66	RI	7	LH	13	TM	24	TD	19	VI	6

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Concreto en vigas 3er nivel
PROYECTO: Residencial Palermo

FECHA: 24/07/2018

HORA DE INICIO: 8:00 am

VC	Vaciado de concreto	LH	Limpieza de herramientas	NF	Necesidades fisiologicas
AC	Acomodo de concreto c/pala	GM	Golpeteo de martillo	VI	Viaje improductivo
RE	Reglado del concreto	TM	Traslado de materiales		
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		
VB	Vibrado	TD	Tiempo de descanso		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TE	TD	TE	RI			
2	TE	TD	TE	RI			
3	TE	TD	TE	RI			
4	TE	TD	TE	RI			
5	TE	TD	TE	RI			
6	TE	TD	TE	RI			
7	TE	TM	TE	TM			
8	TE	TM	TE	TM			
9	LH	TM	TE	TM			
10	LH	TM	TE	TM			
11	LH	TM	TE	TM			
12	LH	TM	TE	TM			
13	TD	TM	LH	TD			
14	TD	TM	LH	TD			
15	TD	TM	LH	TD			
16	VC	RI	LH	TD			
17	VC	RI	LH	TD			
18	VC	RI	LH	AC			
19	VC	RI	TM	AC			
20	VC	VC	TM	AC			
21	VC	VC	TM	AC			
22	VC	VC	TM	AC			
23	VC	VC	AC	AC			
24	VC	VC	AC	TD			
25	AC	VC	AC	TD			
26	AC	VC	AC	TD			
27	AC	VC	AC	TD			
28	AC	AC	AC	GM			
29	AC	AC	AC	GM			
30	AC	AC	AC	GM			
31	AC	AC	AC	GM			
32	VB	AC	VB	GM			
33	VB	AC	VB	GM			
34	VB	VB	VB	GM			
35	VB	VB	VB	GM			
36	VB	VB	VB	GM			
37	VB	VB	VB	GM			
38	VB	VB	VB	TE			
39	GM	VB	TE	TE			
40	GM	VB	TE	TE			
41	GM	GM	TE	TE			
42	GM	GM	TE	TE			
43	GM	GM	TE	TE			
44	GM	GM	GM	VB			
45	GM	GM	GM	VB			
46	GM	GM	GM	VB			
47	AC	GM	GM	VB			
48	AC	VI	GM	VB			
49	AC	VI	GM	VB			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	AYUDANTE 1
4	AYUDANTE 2
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS

CODIGO	CANTID	TIPO
SEG	3	SEGREGACION
CAN	2	CANGREJERA
DESP	1	DESPLOMADO
BUR	4	BURBUJAS DE AIRE

50	AC	VI	AC	TE			
51	AC	GM	AC	TE			
52	AC	VC	AC	TE			
53	TM	VC	AC	TE			
54	TM	VC	AC	TE			
55	TM	VC	VB	TE			
56	TM	AC	VB	AC			
57	TE	AC	VB	AC			
58	TE	AC	TE	AC			
59	TE	AC	TE	AC			
60	TE	AC	TE	AC			

TOTAL											
VC	21	RE	0	VB	30	GM	32	TE	44	NF	0
AC	49	RI	10	LH	10	TM	23	TD	18	VI	3

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Concreto en losa aligerada 3er nivel
PROYECTO: Residencial Palermo

FECHA: 25/07/2018

HORA DE INICIO: 11 :00 am

VC	Vaciado de concreto	LH	Limpieza de herramientas	NF	Necesidades fisiologicas
AC	Acomodo de concreto c/pala	GM	Golpeteo de martillo	VI	Viaje improductivo
RE	Reglado del concreto	TM	Traslado de materiales		
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		
VB	Vibrado	TD	Tiempo de descanso		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	VC	TE	AC	TE			
2	VC	TE	AC	TE			
3	VC	TE	AC	TE			
4	VC	TE	AC	TE			
5	VC	TE	AC	TE			
6	VC	TE	AC	TE			
7	VC	TE	AC	TE			
8	VC	TE	AC	RI			
9	TM	TM	AC	RI			
10	TM	TM	AC	RI			
11	TM	TM	AC	RI			
12	TM	TM	TM	RI			
13	AC	LH	TM	AC			
14	AC	LH	TM	AC			
15	AC	LH	TM	AC			
16	AC	LH	TM	AC			
17	AC	LH	TM	AC			
18	AC	RI	GM	AC			
19	AC	RI	GM	AC			
20	VB	RI	GM	AC			
21	VB	RI	GM	AC			
22	VB	VC	GM	GM			
23	VB	VC	GM	GM			
24	VB	VC	TD	GM			
25	VB	VC	TD	GM			
26	VB	VC	TD	GM			
27	VB	VC	TD	GM			
28	VB	VC	VB	GM			
29	VB	VC	VB	LH			
30	RI	VC	VB	LH			
31	RI	AC	VB	LH			
32	RI	AC	VB	LH			
33	RI	AC	VB	AC			
34	GM	AC	VB	AC			
35	GM	VB	VB	AC			
36	GM	VB	VB	AC			
37	GM	VB	AC	AC			
38	GM	VB	AC	AC			
39	GM	VB	AC	AC			
40	GM	VB	AC	TE			
41	GM	AC	AC	TE			
42	TE	AC	AC	TE			
43	TE	AC	AC	TE			
44	TE	AC	AC	TE			
45	TE	AC	TM	TE			
46	TE	AC	TM	TE			
47	RE	GM	TM	TE			
48	RE	GM	TM	GM			
49	RE	GM	VB	GM			

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	AYUDANTE 1
4	AYUDANTE 2
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS

CODIGO	CANTID	TIPO
SEG	2	SEGREGACION
CAN	4	CANGREJERA
DESP	3	DESPLOMADO
BUR	4	BURBUJAS DE AIRE

50	RE	GM	VB	GM			
51	RE	GM	VB	GM			
52	VB	TD	VB	GM			
53	VB	TD	VB	GM			
54	VB	TD	VB	GM			
55	VB	TD	NF	GM			
56	VB	VB	NF	GM			
57	VI	VB	NF	AC			
58	VI	VB	NF	AC			
59	VI	VB	NF	AC			
60	VI	AC	NF	AC			

TOTAL											
VC	17	RE	5	VB	40	GM	35	TE	28	NF	6
AC	57	RI	13	LH	9	TM	18	TD	8	VI	4

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Concreto en losa maciza 3er nivel
PROYECTO: Residencial Palermo

FECHA: 20/07/2018

HORA DE INICIO: 2:00 pm

VC	Vaciado de concreto	LH	Limpieza de herramientas	NF	Necesidades fisiológicas
AC	Acomodo de concreto c/pala	GM	Golpeteo de martillo	VI	Viaje improductivo
RE	Reglado del concreto	TM	Traslado de materiales		
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		
VB	Vibrado	TD	Tiempo de descanso		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	TE	TD	TD				
2	TE	TD	TD				
3	TE	TD	TD				
4	TE	TD	TD				
5	TE	TD	TD				
6	TE	TE	TD				
7	TE	TE	AC				
8	TE	TE	AC				
9	TE	TE	AC				
10	TE	TE	AC				
11	TE	TE	AC				
12	TM	TE	AC				
13	TM	TE	AC				
14	TM	VC	TM				
15	TM	VC	TM				
16	TM	VC	TM				
17	TM	VC	TM				
18	TM	VC	GM				
19	VC	VC	GM				
20	VC	VC	GM				
21	VC	VC	GM				
22	VC	VC	GM				
23	VC	VC	GM				
24	VC	VC	NF				
25	VC	VC	NF				
26	VC	AC	NF				
27	AC	AC	NF				
28	AC	AC	NF				
29	AC	AC	LH				
30	RE	AC	LH				
31	RE	AC	LH				
32	RE	AC	LH				
33	RE	AC	LH				
34	VC	AC	LH				
35	VC	GM	TM				
36	VC	GM	TM				
37	VC	GM	TM				
38	VC	GM	TM				
39	VC	GM	TM				
40	VC	GM	AC				
41	VC	GM	AC				
42	VC	TM	AC				
43	GM	TM	AC				
44	GM	TM	AC				
45	GM	TM	AC				
46	GM	TM	AC				
47	GM	TM	VB				
48	GM	VB	VB				
49	VB	VB	VB				

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	AYUDANTE 1
4	
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS

CODIGO	CANTID	TIPO
SEG	2	SEGREGACION
CAN	3	CANGREJERA
DESP	0	DESPLOMADO
BUR	2	BURBUJAS DE AIRE

50	VB	VB	VB				
51	VB	VB	VB				
52	VB	VB	VB				
53	VB	AC	VB				
54	VB	AC	VB				
55	VB	AC	VB				
56	TE	AC	TD				
57	TE	AC	TD				
58	TE	AC	TD				
59	TE	AC	AC				
60	TE	AC	AC				

TOTAL											
VC	29	RE	4	VB	21	GM	19	TE	24	NF	5
AC	36	RI	0	LH	6	TM	22	TD	14	VI	0

CARTA BALANCE

ACTIVIDAD: Concreto en escalera
PROYECTO: Residencial Palermo

FECHA: 21/07/2018

HORA DE INICIO: 4:00 pm

VC	Vaciado de concreto	LH	Limpieza de herramientas	NF	Necesidades fisiologicas
AC	Acomodo de concreto c/pala	GM	Golpeteo de martillo	VI	Viaje improductivo
RE	Reglado del concreto	TM	Traslado de materiales		
RI	Recibir instrucciones	TE	Tiempo de espera		
VB	Vibrado	TD	Tiempo de descanso		

ID	1	2	3	4	5	6	OBSERVACIONES
1	VI	TE	TD				
2	VI	TE	TD				
3	VI	TE	TD				
4	VI	TE	TE				
5	VI	TE	TE				
6	VI	TE	TE				
7	TD	LH	TE				
8	TD	LH	LH				
9	TD	LH	LH				
10	TD	LH	LH				
11	TD	VC	LH				
12	VC	VC	LH				
13	VC	VC	LH				
14	VC	VC	LH				
15	VC	VC	TM				
16	VC	VC	TM				
17	VC	VC	TM				
18	VC	VC	TM				
19	VC	VC	TM				
20	VC	VC	AC				
21	VC	VC	AC				
22	VC	VC	AC				
23	VC	VC	AC				
24	VC	AC	AC				
25	VC	AC	AC				
26	VC	AC	VB				
27	AC	AC	VB				
28	AC	AC	VB				
29	AC	AC	VB				
30	AC	AC	VB				
31	AC	AC	VB				
32	AC	GM	TE				
33	AC	GM	TE				
34	VC	GM	TE				
35	VC	GM	TE				
36	VC	GM	TE				
37	VC	GM	TE				
38	VC	GM	TE				
39	VC	TM	VI				
40	VC	TM	VI				
41	VC	TM	VI				
42	VC	TM	VI				
43	AC	TM	AC				
44	AC	TM	AC				
45	AC	AC	AC				
46	AC	AC	AC				
47	AC	VB	AC				
48	TE	VB	AC				
49	TE	VB	TE				

CODIGO	CATEGORIA
1	OPERARIO 1
2	OPERARIO 2
3	AYUDANTE 1
4	
5	
6	

CUANTIFICACION DE DEFECTOS		
CODIGO	CANTID	TIPO
SEG	2	SEGREGACION
CAN	3	CANGREJERA
DESP	0	DESPLOMADO
BUR	2	BURBUJAS DE AIRE

50	TE	VB	TE				
51	TE	VB	TE				
52	TE	TD	TE				
53	TE	TD	TE				
54	AC	TD	TE				
55	AC	TD	TE				
56	AC	TM	TD				
57	RE	TM	TD				
58	RE	TM	TD				
59	RE	VB	VB				
60	RE	VB	VB				

TOTAL											
VC	37	RE	4	VB	15	GM	7	TE	30	NF	0
AC	37	RI	0	LH	11	TM	14	TD	15	VI	10