



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.**



TÍTULO DE LA TESIS:

**“APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN  
CONSTRUCTION EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA  
MANO DE OBRA EN LOS ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES: COLUMNAS, PLACAS, VIGAS Y  
LOSAS ALIGERADAS DE LA RESIDENCIAL GOLD  
SAN FRANCISCO EN LA CIUDAD DEL CUSCO, 2014”**

TESIS PRESENTADO POR:

**BR. WILBER EDWIN CORAHUA ROMERO.**  
**BR. JOHN LOZANO LAZARTE.**

**“PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL”**

ASESOR:

**MGT. ING. VÍCTOR CHACÓN SÁNCHEZ.**



**CUSCO - 2017.**



## DEDICATORIA

Al milagroso Señor de Huanca y a la mamita Carmen, por todas sus bendiciones.

A Elizabeth, mi esposa, te amooo... A Alexander Wil, mi motor, la razón de seguir adelante. A Danaee Sharmely Atianna, la luz de mis ojos. A papá Venancio y mamá Benita, por su aliento permanente e inculcándome que todo es posible. A Ever y Miriam, mis hermanos, que con el ejemplo me alientan a conseguir mis objetivos. A Chela Amanda, que desde el cielo ilumina mis pasos.

**Wilber Edwin**

A Dios, agradeciéndole por todas cosas que me da. A mi mamá y mi esposa, Josep y Gabriel que me han dado su apoyo incondicional, su tiempo y dedicación para de esta manera cumplir mis sueños, mis metas y mis anhelos bendiciones otorgadas en mi vida.

**John**



## AGRADECIMIENTO

*Un profundo agradecimiento a:*

*A Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez, quien con su comprensión, dedicación y paciencia nos orientó con sus conocimientos para que la presente investigación termine exitosamente.*

*A mis docentes por sus enseñanzas brindadas durante mi vida universitaria, a la EMPRESA GRUPO INMOBILIARIO LOS FAROS S.A.C., que brindó la apertura para que se realice esta investigación, a mis compañeros de la carrera profesional de Ingeniería Civil; a todas las personas que colaboraron y permitieron que se desarrolle la presente tesis.*

*Al personal obrero, en especial a Víctor, por su apoyo en todo momento en el seguimiento de la aplicación del Lean Construction en la Residencial Gold San Francisco.*



## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1	PROBLEMA GENERAL.....	2
1.2.2	PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	2
	PROBLEMA ESPECÍFICO 1.....	2
	PROBLEMA ESPECÍFICO 2.....	2
	PROBLEMA ESPECÍFICO 3.....	3
1.3	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	3
	OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....	3
	OBJETIVO ESPECÍFICO 2.....	3
	OBJETIVO ESPECÍFICO 3.....	3
1.4	JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. ....	4
1.5	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN. ....	5
1.5.1	DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL.....	5
1.6	ASPECTOS ÉTICOS.....	5

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1.1	INTERNACIONALES.....	6
2.2.2	NACIONALES.....	10
2.2	ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES.....	13
2.2.1	LEAN CONSTRUCTION. ....	13
2.2.1.1	MARCO HISTÓRICO. ....	14
2.2.1.2	PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION. ....	15
2.2.1.3	METODOLOGÍAS LEAN CONSTRUCTION.....	17
2.2.1.3.1	JUSTO A TIEMPO – JIT.....	17
2.2.1.3.2	KANBAN. ....	19
2.2.1.3.3	ANDON.....	24
2.2.1.3.4	POKA YOKE.....	27
2.2.1.3.5	JIDOKA.....	30
2.2.1.3.6	KAIZEN.....	33



- 2.2.1.3.7 METODOLOGÍA DE LAS 5 “s” ..... 37
- 2.2.2 PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN ..... 46
  - 2.2.2.1 CONCEPTO DE PRODUCTIVIDAD ..... 46
  - 2.2.2.2 PRODUCTIVIDAD LABORAL O DE LA MANO DE OBRA..... 48
  - 2.2.2.3 MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL..... 50
  - 2.2.2.4 FACTORES QUE CAUSAN PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL.... 53
- 2.3 INVESTIGACIÓN ACTUAL. .... 57
- 2.4 MARCO CONCEPTUAL..... 58
- 2.5 HIPÓTESIS..... 60
  - 2.5.1 HIPÓTESIS GENERAL. .... 60
  - 2.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS..... 60
    - HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1..... 60
    - HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2..... 60
    - HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3..... 60
- 2.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES ..... 60
  - 2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE ..... 61
    - INDICADORES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE. .... 61
  - 2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE..... 61
    - INDICADORES DE LA VARIABLE DEPENDIENTE..... 61

**CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

- 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 62
  - 3.1.1 SEGÚN OBJETO DE ANÁLISIS..... 62
  - 3.1.2 SEGÚN EL PROPÓSITO DE INCREMENTAR CONOCIMIENTO..... 62
  - 3.1.3 SEGÚN EL ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN..... 62
- 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN. .... 63
- 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA..... 63
  - 3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN..... 63
  - 3.3.2 MUESTRA Y MÉTODO DE MUESTREO. .... 64
    - 3.3.2.1 MUESTRA. .... 64
    - 3.3.2.2 MÉTODO DE MUESTREO. .... 65
    - 3.3.2.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN. .... 66
- 3.4 INSTRUMENTOS..... 67
- 3.5 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... 67
  - 3.5.1 VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS. .... 68
- 3.6 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS..... 68



3.6.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO..... 68

3.6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... 68

**CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

4.1 ESTUDIO DE CASO: RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO ..... 72

4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... 72

4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL CASO..... 77

4.1.2.1 SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION..... 77

4.1.2.1.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION..... 81

4.1.2.2 DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDADES A EVALUAR..... 90

4.1.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A EVALUAR. .... 96

4.1.3 PRODUCTIVIDAD ANTES DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAS 5 “S”. .... 102

4.1.4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAS 5 “S”..... 128

4.1.5 PRODUCTIVIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAS 5 “S”. .... 140

4.1.6 COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD, ANTES Y DESPUÉS DE IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA DE LAS 5“s”. .... 160

4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS..... 180

4.2.1 PRUEBA DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS..... 180

4.2.1.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 1 ..... 180

4.2.1.2 PRUEBA DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2..... 183

4.2.1.3 PRUEBA DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3..... 202

4.2.2 PRUEBA DE LA HIPOTESIS GENERAL..... 215

4.2.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA LA PRODUCTIVIDAD GENERAL DE OBRA..... 217

4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS. .... 221

**CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

5.1 CONCLUSIONES..... 224

5.2 RECOMENDACIONES. .... 225

**REFERENCIAS..... 227**

**ANEXOS ..... 233**



## ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS

## TABLAS

**CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA****CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

<b>Tabla 2.1</b>	Tipos de errores humanos y sus causas.....	28
<b>Tabla 2.2</b>	Técnicas Poka Yoke.....	30
<b>Tabla 2.3</b>	Significado de la metodología de las 5 “s”.....	37
<b>Tabla 2.4</b>	Frecuencia de Uso.....	39
<b>Tabla 2.5</b>	Desempeño de proyectos de acuerdo con la distribución del trabajo.....	58

**CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

<b>Tabla 3.1</b>	.Pruebas paramétricas y su alternativa no paramétrica.....	70
------------------	--	----

**CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

<b>Tabla 4.1</b>	Presupuesto con partidas generales de la Residencial Gold San Francisco.....	77
<b>Tabla 4.2</b>	Cuadro comparativo de las metodologías Lean Construction.....	78
<b>Tabla 4.3</b>	Valoración de las metodologías Lean Construction según criterios.....	83
<b>Tabla 4.4</b>	Matriz de comparación por pares de las metodologías Lean Construction según el criterio: “Costo de implementación”.....	86
<b>Tabla 4.5</b>	Matriz de comparación por pares de las metodologías Lean Construction según el criterio: “Tiempo de implementación”.....	87
<b>Tabla 4.6</b>	Matriz de comparación por pares de las metodologías Lean Construction según el criterio: “Complejidad de implementación”.....	87
<b>Tabla 4.7</b>	Matriz de comparación por pares de las metodologías Lean Construction según el criterio: “Seguridad”.....	88
<b>Tabla 4.8</b>	Matriz de comparación por pares de criterios.....	88
<b>Tabla 4.9</b>	Matriz de prioridad global.....	89
<b>Tabla 4.10</b>	Presupuesto de la partida general de estructuras.....	93
<b>Tabla 4.11</b>	Presupuesto de la partida de obras de concreto armado.....	94
<b>Tabla 4.12</b>	Presupuesto de las sub-partidas de columnas, vigas, losas aligeradas convencionales y caja de ascensor.....	96



<b>Tabla 4.13</b>	Agrupamiento de columnas.....	97
<b>Tabla 4.14</b>	Agrupamiento de vigas.....	101
<b>Tabla 4.15</b>	División de la losa aligerada en paños.....	101
<b>Tabla 4.16</b>	Personal obrero participantes en la implementación del Lean Construction .....	103
<b>Tabla 4.17</b>	Carta balance de la sub-partida de acero en la columna C-1.....	107
<b>Tabla 4.18</b>	Porcentajes de incidencia de las actividades de la sub-partida de acero en la columna C-1.....	110
<b>Tabla 4.19</b>	Análisis de productividad en la sub-partida de acero por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.....	113
<b>Tabla 4.20</b>	Productividad en la sub-partida de acero de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”.....	114
<b>Tabla 4.21</b>	Productividad en la sub-partida de encofrado de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.....	117
<b>Tabla 4.22</b>	Productividad en la sub-partida de concreto de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.....	121
<b>Tabla 4.23</b>	Resumen por tipo de trabajo en las sub-partida: acero, encofrado y concreto en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”.....	124
<b>Tabla 4.24</b>	Resumen de productividad en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”.....	125
<b>Tabla 4.25</b>	Causas y soluciones de las principales fuentes de pérdidas.....	130
<b>Tabla 4.26</b>	Conocimiento del Lean Construction.....	131
<b>Tabla 4.27</b>	Disponibilidad del personal obrero en implementar el Lean Construction.....	131
<b>Tabla 4.28</b>	Resultados de implementación de la metodología de las 5“s”.....	136
<b>Tabla 4.29</b>	Productividad en la sub-partida de acero de columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de 5 “s”.....	141
<b>Tabla 4.30</b>	Productividad en la sub-partida de encofrado de columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5”s”.....	145
<b>Tabla 4.31</b>	Productividad en la sub-partida de concreto de columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5“s”.....	150





**Tabla 4.32** Resumen por tipo de trabajo en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s”.... 154

**Tabla 4.33** Resumen de productividad en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s”..... 156

**Tabla 4.34** Tabla comparativa del trabajo productivo, contributorio y no contributorio, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 160

**FIGURAS**

**CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

**Figura 2.1** Principios fundamentales de la metodología “Justo a Tiempo”..... 18

**Figura 2.2** Ejemplo de tarjeta Kanban..... 20

**Figura 2.3** Kanban de retirada..... 22

**Figura 2.4** Kanban de producción..... 22

**Figura 2.5** Fabricación tradicional..... 22

**Figura 2.6** Fabricación en tracción (PULL)..... 23

**Figura 2.7** Tablero Andon..... 25

**Figura 2.8** Señales Andon..... 25

**Figura 2.9** Tres reglas de oro..... 29

**Figura 2.10** Jidoka – Andon..... 31

**Figura 2.11** Ciclo PHRA..... 36

**Figura 2.12** Diagrama de flujo para la clasificación..... 38

**Figura 2.13** Identificación de escritorios..... 40

**Figura 2.14** Identificación de objetos y herramientas..... 40

**Figura 2.15** Interacción en un sistema productivo..... 50

**Figura 2.16** Tipos de desperdicios..... 54

**Figura 2.17** Causas de pérdidas en la productividad..... 55

**CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

**CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

**Figura 4.1** Plano de ubicación de la Residencial Gold San Francisco..... 73

**Figura 4.2** Simulación de obra terminada..... 75



<b>Figura 4.3</b>	Presupuesto general de la Residencial Gold San Francisco aplicando Principio de Pareto.....	91
<b>Figura 4.4</b>	Incidencia de las horas-hombre en el presupuesto general de la Residencial Gold San Francisco aplicando el Principio de Pareto.....	91
<b>Figura 4.5</b>	Incidencia de las horas-hombre del presupuesto de la partida general: estructuras.....	93
<b>Figura 4.6</b>	Incidencia de las horas-hombre del presupuesto de la partida: obras de concreto armado.....	95
<b>Figura 4.7</b>	Plano de ubicación de columnas y placas del proyecto Residencial Gold San Francisco.....	98
<b>Figura 4.8</b>	Plano de ubicación de vigas del Proyecto Residencial Gold San Francisco.....	99
<b>Figura 4.9</b>	Plano de ubicación de losas del Proyecto Residencial Gold San Francisco.....	100
<b>Figura 4.10</b>	Productividad en la sub-partida de acero en la columna C-1 antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.....	111
<b>Figura 4.11</b>	Productividad en la sub-partida de acero en columnas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”.....	115
<b>Figura 4.12</b>	Productividad en la sub-partida de acero en placas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.....	115
<b>Figura 4.13</b>	Productividad en la sub-partida de acero en vigas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.....	116
<b>Figura 4.14</b>	Productividad en la sub-partida de acero en losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.....	116
<b>Figura 4.15</b>	Productividad en la sub-partida de encofrado en columnas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.....	118
<b>Figura 4.16</b>	Productividad en la sub-partida de encofrado en placas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.....	119
<b>Figura 4.17</b>	Productividad en la sub-partida de encofrado en vigas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”.....	119
<b>Figura 4.18</b>	Productividad en la sub-partida de encofrado en losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”.....	120
<b>Figura 4.19</b>	Productividad en la sub-partida de concreto en columnas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”.....	122
<b>Figura 4.20</b>	Productividad en la sub-partida de concreto en placas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”.....	122



**Figura 4.21** Productividad en la sub-partida de concreto en vigas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 123

**Figura 4.22** Productividad en la sub-partida de concreto en losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 123

**Figura 4.23** Productividad en columnas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”... ..... 126

**Figura 4.24** Productividad en placas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 126

**Figura 4.25** Productividad en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 126

**Figura 4.26** Productividad en losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 127

**Figura 4.27** Productividad antes de la aplicación de la metodología de 5“s” ..... 127

**Figura 4.28** Fuentes de pérdidas percibidas por el personal de obra..... 129

**Figura 4.29** Conocimiento en porcentajes del Lean Construction..... 131

**Figura 4.30** Disponibilidad en porcentaje del personal obrero en implementar el Lean Construction..... 132

**Figura 4.31** Programación de actividades para la ejecución del cuarto nivel de la estructura de la edificación..... 135

**Figura 4.32** Evolución de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 137

**Figura 4.33** Cumplimiento de la metodología de las 5 “s” ..... 138

**Figura 4.34** Productividad en la sub-partida de acero en columnas, después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 142

**Figura 4.35** Productividad en la sub-partida de acero en placas, después de la aplicación de la metodología 5”s” ..... 143

**Figura 4.36** Productividad en la sub-partida de acero en vigas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 143

**Figura 4.37** Productividad en la sub-partida de acero en losas aligeradas, después de la aplicación de la metodología de las 5”s” ..... 144

**Figura 4.38** Productividad en la sub-partida de encofrado en columnas, después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 146

**Figura 4.39** Productividad en la sub-partida de encofrado en placas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 147

**Figura 4.40** Productividad en la sub-partida de encofrado en vigas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 148

**Figura 4.41** Productividad en la sub-partida de encofrado en losas aligeradas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ... 148



**Figura 4.42** Productividad en la sub-partida de concreto en columnas, después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 151

**Figura 4.43** Productividad en la sub-partida de concreto en placas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 152

**Figura 4.44** Productividad en la sub-partida de concreto en vigas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 153

**Figura 4.45** Productividad en la sub-partida de concreto en losas aligeradas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 153

**Figura 4.46** Productividad en columnas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 156

**Figura 4.47** Productividad en placas después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 157

**Figura 4.48** Productividad en vigas después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 158

**Figura 4.49** Productividad en losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 158

**Figura 4.50** Productividad después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 159

**Figura 4.51** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de acero en columnas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 161

**Figura 4.52** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de acero en placas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 163

**Figura 4.53** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de acero en vigas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 165

**Figura 4.54** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de acero en losas aligeradas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 166

**Figura 4.55** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en columnas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 168

**Figura 4.56** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en placas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 170

**Figura 4.57** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en vigas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” ..... 171



**Figura 4.58** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en losas aligeradas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s”..... 172

**Figura 4.59** Comparación de la productividad y de las actividades que la componen en la sub-partida de concreto en columnas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s”..... 174

**Figura 4.60** Comparación de la productividad y de las actividades que la componen en la sub-partida de concreto en placas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s”..... 175

**Figura 4.61** Comparación de la productividad y de las actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en vigas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s”..... 176

**Figura 4.62** Comparación de la productividad y de las actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en losas aligeradas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 177

**Figura 4.63** Comparación de la productividad en los elementos estructurales, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 178

**Figura 4.64** Comparación de la productividad general, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 179

**ANEXOS**

**ANEXO I** Análisis de productividad en la sub-partida de encofrado por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”..... 234

**ANEXO II** Análisis de productividad en la sub-partida de concreto por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”..... 235

**ANEXO III** Análisis de productividad en la sub-partida de acero por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, después de aplicación de metodología de 5“s”..... 236

**ANEXO IV** Análisis de productividad en la sub-partida de encofrado por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s” ..... 237

**ANEXO V** Análisis de productividad en la sub-partida de concreto por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, después de la aplicación de la metodología de las 5“s”..... 238

**ANEXO VI** Cuadro comparativo de las pérdidas de mano de obra en cada elemento estructural, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” del Lean Construction..... 239



<b>ANEXO VII</b>	Cuadro comparativo de la productividad de la mano de obra en cada elemento estructural, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5”s” del Lean Construction.....	240
<b>ANEXO VIII</b>	Resultados de la encuesta de “Selección de la metodología Lean Construction”.....	241
<b>ANEXO IX</b>	Comparación de los costos unitarios obtenidos en la investigación con los costos unitarios establecidos por la Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO.....	244
<b>ANEXO X</b>	Capacitación de la metodología de las 5”s” del Lean Construction al personal obrero.....	254
<b>ANEXO XI</b>	Instrumentos utilizados en la investigación.....	265



## RESUMEN

El trabajo de investigación intitulada: “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas, de la residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco, 2014” tiene por objetivo analizar el efecto producido por la aplicación del Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco; la presente investigación tiene enfoque cuantitativo de alcance descriptivo con un diseño de tipo experimental, de corte pre-experimental; siendo la encuesta por entrevista: “Identificación de pérdidas” para evaluar el escenario en la pre-aplicación de la metodología de las 5 “s”, metodología seleccionada del Lean Construction a través otra encuesta por entrevista: “Metodologías Lean Construction” y una ficha de observación (“Check List 5 “s”) para verificar el impacto de la aplicación de la metodología 5 “s” del Lean Construction, además de emplear la “Carta Balance” para evaluar la productividad antes y después de la aplicación del Lean Construction en los elementos estructurales, como instrumentos de la investigación. La población y la muestra fueron los obreros de la construcción de este proyecto, con una muestra de 20 obreros. En este trabajo de investigación se arribó a la conclusión que la aplicación del Lean Construction si presenta efecto positivo significativo.

De hecho, al aplicar las 5”s”, metodología del Lean Construction, en la Residencial Gold San Francisco, la productividad de la mano de obra experimentó un incremento de 31.4% a 39.5% con un efecto positivo de 8.1%. Con lo que se cumple el objetivo de analizar el efecto producido por la aplicación del Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco

**Palabras claves:** *Filosofía Lean Construction - Productividad*



## ABSTRACT

The research work entitled: "Application of the Lean Construction philosophy in the productivity of the workforce in the structural elements: columns, slabs, beams and light slabs, of the Gold San Francisco residential in the city of Cusco, 2014". by objective to analyze the effect produced by the application of Lean Construction on the productivity of labor in the structural elements: columns, plates, beams and lightened slabs of the Residencial Gold San Francisco in the city of Cusco; the present investigation has a quantitative approach of descriptive scope with an experimental type design, of pre-experimental cut; being the survey by interview: "Identification of losses" to evaluate the scenario in the pre-application of the methodology of the 5 "s", selected methodology of Lean Construction through another survey by interview: "Lean Construction Methodologies" and a file of observation ("Check List 5" s ") to verify the impact of the application of the 5" s "methodology of Lean Construction, in addition to using the" Balance Chart "to evaluate productivity before and after the application of Lean Construction in structural elements, as instruments of research. The population and the sample were the workers of the construction of this project, with a sample of 20 workers. In this research work it was concluded that the application of Lean Construction does have a significant positive effect.

In fact, when applying the 5 "s", methodology of Lean Construction, at Residencial Gold San Francisco, labor productivity experienced an increase from 31.4% to 39.5% with a positive effect of 8.1%. With what is achieved the objective of analyzing the effect produced by the application of Lean Construction on the productivity of labor in the structural elements: columns, plates, beams and lightened slabs of the Residencial Gold San Francisco in the city of Cusco.

**Keywords:** *Philosophy Lean Construction – Productivity.*





## INTRODUCCIÓN

La investigación titulada: “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas, de la residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco, 2014” cuyo problema principal es determinar el nivel de productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco; por lo que se plantea el objetivo de analizar el nivel de productividad de la mano de obra, antes y después de la aplicación de una de las metodologías del Lean Construction, la que se demuestra con la hipótesis siguiente: “la aplicación del Lean Construction, presenta efecto positivo en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco”. Por otro lado, el indicador usado en la presente investigación, considera a la productividad, como el resultado obtenido de las mediciones de tiempo de trabajo de la mano de obra dedicada a la ejecución de actividades que generan valor.

El contenido del presente trabajo de investigación está realizado en cinco capítulos; en el capítulo I titulado: “Planteamiento del problema”, se identifica, describe y formula el problema; consecuentemente se plantea los objetivos de la investigación; en el capítulo II titulado: “Marco teórico”, que es la fundamentación teórica del estudio del problema de investigación, orienta como realizar el estudio, conduce al planteamiento de hipótesis y guía, define y explica las variables, dimensiones e indicadores. En el capítulo III “Metodología de la investigación”: donde se define el tipo de investigación a realizar y se especifica cómo se organizarán las unidades de análisis para su observación, así mismo, se describe del procedimiento usado para la selección de la muestra de una población definida, para finalmente explicar el procedimiento, lugar y condiciones de la recolección de datos y cómo será el análisis e interpretación de la información obtenida. En el capítulo IV: “Resultados de la investigación”, se presenta el análisis, interpretación y discusión de resultados



antes y después de la aplicación del Lean Construction y evaluar mediante la prueba de hipótesis como fue su efecto. En el capítulo V: “Conclusiones”, se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la experiencia del presente trabajo de investigación.

Finalmente, se concluye que la aplicación del Lean Construction si tiene efecto positivo en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales en estudio, con lo que se alcanza el objetivo planteado de analizar el efecto producido por la aplicación del Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco



**TÍTULO DE LA TESIS:**

**“APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION  
EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LOS  
ELEMENTOS ESTRUCTURALES: COLUMNAS, PLACAS,  
VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS, DE LA RESIDENCIAL  
GOLD SAN FRANCISCO EN LA CIUDAD DEL CUSCO,  
2014”**

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Históricamente la productividad ha sido la principal preocupación del sector industrial y empresarial y más aún, en esta época de globalización de la economía, que hace que la competitividad sea transcendental y la competencia exige elevados niveles de desempeño en el sector industrial y empresarial; y, el sector de la industria de la construcción no es ajeno a esta problemática. En nuestro país, son exiguos los estudios realizados en esta área, ello debido al desconocimiento de metodologías para su implementación.

El sector construcción es considerado como una industria poco eficiente, asociándose a ello: altos costos, baja productividad, poca calidad en los productos acabados y unos márgenes de beneficio bajos. Y, es prácticamente la única industria donde casi siempre los costos reales que se tienen al ejecutar el proyecto son superiores a los costos planificados; sumado a ello es el “conservadurismo” que rodea a la construcción ya que son muy pocas las nuevas técnicas que consiguen introducirse en el día a día de los procesos constructivos. Muchos autores consideran que la inclusión de nuevas técnicas y metodologías a los procesos constructivos en la industria de la construcción podría solventar la mayoría de estos problemas, pero muy pocos son los que han conseguido introducir cambios efectivos y adaptarse a ellos.

En las construcciones que se llevan a cabo, se emplea menos de la tercera parte del tiempo para realizar tareas netamente productivas, según Ghio (2001) solo el 28% de la mano de obra se dedica a tareas productivas, en tanto que en Chile la productividad alcanza al 47% y en Europa el 60%.

De continuar esta situación del bajo nivel de la productividad, la industria de la construcción local contará con menos recursos para ser competitivos y en una economía de mercado serán limitadas.



Entonces surge la necesidad de elevar estos bajos niveles de productividad, apoyándose en las técnicas y metodologías que tratan de innovar el sector construcción, considerando que el motor de la construcción es la mano de obra y si no se invierte en su capacitación no se podrá mejorar la forma y calidad de construcción.

Es por esto que la implementación del Lean Construction en proyectos de construcción es muy importante ya que elimina todas aquellas actividades que no agregan valor al producto final (pérdidas), aumentando de esta manera la productividad y la rentabilidad, además de disminuir costos. Es decir, tiene como fin “eliminar y/o disminuir las pérdidas para generar el máximo valor posible”.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es el efecto de la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

#### **PROBLEMA ESPECÍFICO 1**

¿Cuál es la metodología de la filosofía Lean Construction que permite reducir las principales fuentes de pérdidas, al ser aplicado en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco?

#### **PROBLEMA ESPECÍFICO 2**

¿De qué manera influye en las pérdidas, la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco?

### **PROBLEMA ESPECÍFICO 3**

¿Cuál es el tipo de trabajo realizado que tiene impacto positivo por la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar el efecto producido por la aplicación de la filosofía Lean Construction, en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

#### **OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

Realizar un análisis comparativo de las metodologías de la filosofía Lean Construction que permita reducir las pérdidas, para su aplicación en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

#### **OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

Determinar la influencia en las pérdidas, por la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

#### **OBJETIVO ESPECÍFICO 3**

Evaluar en cada tipo de trabajo ejecutado su impacto por la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.



## 1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

**Justificación técnica.** La aplicación del Lean Construction se hace necesaria porque plantea un manejo operacional que apunta a eliminar y/o reducir pérdidas en los procesos constructivos que conllevan a aumentar la productividad de la mano de obra; y, por consiguiente hacer más rentable un proyecto de construcción.

**Justificación social.** La presente investigación busca ser un aporte para fortalecer el conocimiento sobre el Lean Construction, de la comunidad universitaria de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco y demás interesados; por otro lado, permitirá capacitar al personal que participará en el proyecto y crear un cambio en su cultura organizacional contribuyendo en el mejoramiento continuo del proceso de ejecución del proyecto, tener personal motivado y concientizarlos que, a través, del Lean Construction se puede disminuir las pérdidas y lograr un máximo valor posible de la mano de obra que conlleven a obtener calidad en los productos; y, en consecuencia clientes satisfechos con la prontitud en la entrega del producto .

**Justificación de viabilidad.** La construcción de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco reúne características, condiciones técnicas y operativas que aseguran el cumplimiento de las metas y objetivos de la presente investigación. Además, se tiene acceso permanente durante la ejecución de dicha edificación, esto se justifica en que los autores de la presente investigación son los responsables de su ejecución por encargo de la empresa Constructora e Inmobiliaria Los Faros, sumado a ello, el interés de la referida empresa por el conocimiento de los resultados de la investigación.

**Justificación por relevancia.** Con la aplicación del Lean Construction se busca que el proyecto sea altamente rentable, lo que se refleja en el incremento de la productividad de la mano de obra al emplear herramientas innovadoras que buscan en todo momento la reducción o eliminación de los desperdicios; y, ayuden a las empresas del sector a emprender un nuevo camino, una nueva forma de trabajar.

## **1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Para determinar el efecto que tiene la aplicación del Lean Construction en la productividad de la mano de obra en el proceso constructivo de los elementos estructurales de la Residencial Gold San Francisco, la recolección de datos del tiempo de trabajo empleado en el proceso constructivo y determinar la productividad de la mano de obra antes de aplicar el Lean Construction se realizará en el segundo y tercer nivel, ulterior a ello se induce al personal obrero en las metodologías Lean Construction, consecutivamente elegirán una metodología Lean apropiada - la que no implique, ni costo, ni tiempo adicional en la ejecución de los procesos constructivos encomendados - para ser aplicada al proyecto, el mismo que es implementado en el cuarto nivel; y logrado los objetivos de esta aplicación, se realizará la recolección de datos en el quinto y sexto piso para conocer los niveles de productividad post-aplicación de la metodología del Lean Construction; con esta valoración de la productividad antes y después de la aplicación de la metodología Lean se determinará el efecto producido.

### **1.5.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL**

La recolección de datos de la presente investigación, se realizará en la ejecución de los procesos constructivos de los elementos estructurales de la edificación: Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco, el mismo que consta de seis niveles más un semisótano, con un área construida de 270 m<sup>2</sup> por nivel; dónde, la recolección de datos se realizará cuando se lleve a cabo los procesos constructivos de las partidas de acero, encofrado y concreto de los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la estructura de concreto armado del proyecto en estudio. Y abarcará un tiempo de estudio, el que dure la ejecución de los procesos constructivos de estos elementos estructurales del proyecto.

## **1.6 ASPECTOS ÉTICOS**

En esta investigación se tiene respeto por la veracidad de los datos obtenidos, así como se garantiza la confiabilidad de la información en el procesamiento de los resultados, se mantuvo la confidencialidad de los mismos en cuanto al personal y la institución.





## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1 INTERNACIONALES

- i) Corredor y Rojano, (2009), realizaron la investigación: ***“Lean Construction” aplicada a proyectos de construcción de edificaciones de vivienda unifamiliar***, en la Escuela de Ingeniería y Administración de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana - Colombia. Monografía para optar el Título de Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles.

Esta investigación tiene como objetivo: “desarrollar un documento de recomendaciones para el mejoramiento de las actividades de construcción mediante la identificación de las pérdidas de recursos de materiales de los proyectos de obra civil (...)”.

Las conclusiones sustanciales de esta investigación son las siguientes:

- Desde la fase de concepción de los proyectos de obras civiles se deben incorporar mecanismos que estén orientados a aumentar la productividad de las actividades mediante herramientas de seguimiento y control que ofrezcan información veraz, oportuna y actualizada del desempeño de los componentes de dichas actividades.
- El “Lean Construction” es una filosofía que, aplicada al sector de la construcción ha arrojado muy buenos resultados en cuanto a aumento de productividad y optimización de procesos, por lo cual se recomienda que las empresas de este renglón de la economía local comiencen a implementarla.



Esta investigación recomienda que para obtener el mayor beneficio posible de la aplicación de la filosofía “Lean Construction” se debe hacer un análisis previo del caso y adaptar sus principios adecuadamente.

- ii) Martínez, (2011), realizó la investigación: ***Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción***, en la Escuela de Administración y Contaduría de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Administración.

Esta investigación tiene como objetivo: “(...) la consecución de una metodología que permita aplicar la filosofía Lean a proyectos de construcción, (...) el cual arrojó resultados favorables en la disminución de los tiempos no contributivos, logrando así la mejora en la productividad.”

Entre las conclusiones sustanciales, se tiene:

- Las empresas de construcción que busquen el mejoramiento en la productividad de los proyectos que se llevan a cabo, deben empezar por capacitar y comprometer al personal asignado en la planeación y ejecución de los proyectos en temas de gestión administrativa. De esta forma se facilitará la aplicación de estos principios adecuadamente, en el proyecto objeto de la implementación de la metodología Lean se evidenció que las personas capacitadas y con un alto grado de compromiso en el mejoramiento continuo aportaron sugerencias para encontrar soluciones en sus procesos enfocándose en la productividad y reducción de pérdidas en el proceso constructivo.
- Los recursos utilizados en el desarrollo del proyecto de construcción como materiales, herramientas, maquinaria y equipos deben ser prioridad en el proceso de planeación, teniendo en cuenta que la ausencia de estos en la obra ocasiona aproximadamente el 60% de los tiempos no contributivos y aumenta los tiempos colaborativos,

teniendo como resultado un factor negativo que afecta la productividad.

- Se debe fomentar la cultura de medición en los procesos de construcción, dado que sin estos es muy difícil realizar un proceso de mejora continua e interpretación de la información. Se deben impartir las capacitaciones al personal en todo lo referente a la interpretación de los indicadores. Una interpretación acertada de estos datos da origen a la identificación de las pérdidas y al impacto hallado en la productividad, los indicadores de medición de la productividad hacen posible que las mejoras sean visibles.

Para esta investigación, para alcanzar los objetivos de la implementación de métodos, técnicas o herramientas que busquen mejorar la productividad de los proyectos, se debe involucrar y lograr el compromiso del personal, así como de una adecuada planificación.

iii) Monzón, (2009), realizó la investigación: ***Estimación de pérdidas de productividad laboral en compensación de costos en un proyecto de construcción de la provincia de Llanquihue***. En la escuela de Ingeniería en Construcción de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral de Chile. Tesis para optar al título de Ingeniero Constructor.

Esta investigación plantea los objetivos de: “estimar la productividad laboral mediante un control de productividad laboral aplicado en un proyecto de construcción (...)” derivando en “(...) estimar las pérdidas de productividad laboral (...)”.

Entre sus conclusiones sustanciales, se tiene:

- La productividad laboral es un tema frecuentemente discutido en la industria de la construcción porque la mejora de la productividad se traduce directamente en ahorros en tiempo y costos. Hoy en día las empresas constructoras y los mandantes deben comprender que es necesario ejecutar medidas para monitorear la productividad como primer paso en la mejora de la misma.



- (...) una metodología de control permanente pues no perturba el transcurso normal del trabajo de la mano de obra, más aún, actuó como incentivo pues el trabajador al sentir la presencia contante en la medición de su desempeño emplea menos tiempo en labores improductivas.
- La aplicabilidad de modelo de control de productividad laboral actúa en forma exitosa como herramienta de alerta ante posibles situaciones que produzcan pérdidas de productividad laboral, cuando los indicadores son negativos nos obliga a ser conscientes de la presencia de una anomalía subyacente en la ejecución del trabajo, pues no se puede corregir un problema si no se sabe que existe.
- En cuanto a la metodología expuesta para la estimación de pérdidas de productividad laboral según esta experiencia se está en condiciones de afirmar que permite a la empresa constructora contrarrestar las pérdidas económicas producto de ineficiencias ajenas a su responsabilidad, no obstante, el hecho de que tras la compensación de los costos se generen ganancias puede deberse a que, de no mediar las anomalías existentes, el contratista hubiera efectuado una positiva administración del recurso mano de obra, generando ahorros. O también puede atribuirse al hecho de que al ser estudios realizados en el extranjero, específicamente en EE.UU., donde la mano de obra sondeada es más especializada que la nacional y por ende las ineficiencias tienen consecuencias más severas.

En esta investigación, se concluye que la mejora de la productividad de la mano de obra implica ahorro en el tiempo y costos. Además que cuantificando las pérdidas de la productividad de la mano de obra se puede conocer las pérdidas económicas del proyecto.

## 2.2.2 NACIONALES

- i) Buleje, (2012), realizó la investigación: ***Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction***, en la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.

El objetivo planteado para esta investigación es: “(...) mostrar cómo se maneja la producción en la construcción de un condominio aplicando algunos conceptos de la filosofía lean construcción. (...)”

Entre sus conclusiones sustanciales a la que arribó, se tiene:

- ESPECIALIZACIÓN DEL PERSONAL OBRERO

Cuando empieza los trabajos en la obra, no se llega a terminar en el tiempo que se espera, el acero tarda más en ser habilitado e instalado, los encofrados tardan más en ser entregados, y el vaciado tarda más tiempo en culminarse. Seguramente estos trabajos no llegan a tener la calidad que se espera del proyecto. Conforme se va avanzando en la construcción, los obreros se van especializando en sus respectivas tareas, realizan el mismo trabajo en un menor tiempo y su trabajo tiene una mejor calidad. Esta especialización del personal obrero se observa más claramente cuando la obra es más grande, como por ejemplo el condominio en estudio. Para sacar el mayor provecho a esta especialización no solo debe haber una gran obra, sino también hay que buscar la estandarización del proyecto, por ejemplo que los vanos de todas las ventanas sean iguales, todas las puertas tengan las mismas dimensiones, haya un solo tipo de piso laminado en todos los departamentos, etc.

- CARTA BALANCE

En los resultados que arroja una carta balance se puede obtener las actividades por trabajador. Donde se observa para cada trabajador que tiempo ha estado realizando un TP, TC y TNC. A simple vista



uno puede dejarse llevar por los números y decir que el trabajador que tiene mayor TP es el “mejor trabajador”. Pero no es así de sencillo. Si nos ponemos a pensar, por ejemplo, en levantar un muro de albañilería con un albañil (operario) y su ayudante (peón) las actividades del operario son netamente productivas: colocar ladrillo, colocar mortero, asentar ladrillo. Mientras que las actividades del peón son netamente contributorias: cargar ladrillo, cargar bolsas de cemento, cargar agregados, realizar la mezcla, acomodar ladrillo, limpieza de la zona de trabajo.

Por lo tanto, el porcentaje de tiempo que utiliza una cuadrilla en TP y TC debe ser comparado con el tiempo que utiliza otra cuadrilla en la misma actividad. De esta forma se puede comparar cuadrillas distintas que realicen una misma actividad o también se puede comparar el trabajo de una misma cuadrilla en días distintos como sábado y lunes. Tal vez lo que si se pueda comparar es el TNC que tiene una personal de cualquier cuadrilla, en cualquier actividad y en cualquier día. Pero de nuevo hay que tomar este número con pinzas, ya que si un trabajador tiene un excesivo TNC esto puede deberse a que simplemente no tiene frente de trabajo y no puede avanzar por más que quiera.

Para esta investigación, la especialización del personal obrero es determinante en la medición de su productividad, ya que un operario realiza netamente trabajo productivo, en tanto que, un peón realiza trabajo mayormente trabajos contributorios.

- ii) Ghio, (2001) realizó el estudio: ***Productividad en obras de construcción, diagnóstico, crítica y propuesta***. Publicación. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.

El objeto de esta publicación es: “exponer la situación actual y los niveles productivos de las empresas constructoras”, también “se presentan propuestas concretas y de aplicación ya demostrada para iniciar el proceso de cambio y mejoramiento de la productividad y eficiencia que tanto nuestra industria como nuestro país necesitan.”



En este estudio, entre otras conclusiones, detalla el estado de la productividad en Lima, siendo estas:

“(...) el capítulo aquí presentado permite ofrecer las siguientes conclusiones:

- El trabajo productivo en obras de construcción en Lima es solo del orden del 28%. Este valor está muy por debajo de los estándares internacionales y de los valores óptimos que se obtienen al aplicar sistemas consistentes de aumento de la productividad.
- Ninguna obra en Lima supera la barrera del 38% de TP (trabajo productivo).
- En promedio, el 27% de tiempo del trabajo de los obreros de construcción se dedica a transportes y viajes. Es decir, gastamos lo mismo en labores netamente productivas que en desplazarnos en la obra.
- Individualmente se gasta más tiempo en trabajos no contributivos (36%) y contributivos (36%) que en labores productivas. (...)” (Ghio 2001: 89)

Para este estudio, sólo una tercera parte del tiempo de trabajo es netamente productivo, en tanto el resto del tiempo de trabajo son contributivos y no contributivos.

- iii) Botero y Álvarez (2004), realizaron el estudio: ***Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento)***. Revista. Colombia. Revista Universidad EAFIT Vol. 40 n° 136.

El objetivo de esta publicación es “(...) presentar una guía para el mejoramiento de la productividad en la construcción de proyectos de vivienda, con lo cual se pretende mejorar el desempeño aumentando la competitividad de las empresas del sector. (...)”

Esta investigación, arriba a las siguientes conclusiones:

- La implementación de programas enfocados al mejoramiento, deben iniciarse con una cultura de medición y evaluación. Modelos cuantitativos, como el muestreo de trabajo, se convierten en herramientas útiles para medir pérdidas y otras variables en el desempeño de los proyectos en ejecución.
- La utilización de los conceptos de Lean Construction favorece el mejoramiento de la productividad. Se requieren algunas condiciones especiales para que los resultados sean positivos, como el compromiso a nivel gerencial, la capacitación y activa participación del personal de producción y la implementación de planes con acciones de mejoramiento propuestas después de las observaciones realizadas y el diagnóstico inicial de las obras.

En esta publicación, se hace énfasis que el uso de herramientas de Lean Construction incide en el mejoramiento de la productividad.

## **2.2 ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES**

### **2.2.1 LEAN CONSTRUCTION**

“Lean Construction” es una nueva filosofía orientada hacia la producción en la construcción, en donde se establecen los flujos productivos en marcha con el fin de desarrollar sistemas de control, minimizando las pérdidas durante todo el proceso y así lograr una mayor competitividad en sus mercados. Además, la filosofía Lean subdivide los procesos grandes y largos en porciones más pequeñas para manejarlas, con el objetivo de maximizar el valor y disminuir las pérdidas.

Del trabajo de investigación realizado por Valencia (2013), se desprende que la filosofía Lean Construction se fundamenta sobre el concepto de tolerancia cero con los desperdicios. La idea fundamental de esto es que todo aquello que no genera valor, genera costos. En este sentido, si no genera valor, no puede ser trasladado al precio (ingresos) y si genera costos, en definitiva, reduce la rentabilidad del proyecto, lo que implicaría una baja productividad.



La idea fundamental del Lean Construction, según Jones D. (2012), citado por Valencia (2013: 5):

(...) es evidenciar que el valor del proyecto es creado por las acciones de diferentes entes de todos los procesos del proyecto. La conexión de estos sin fisuras de extremo a extremo, para cada proceso constructivo, revela literalmente, cientos de oportunidades para acelerar el flujo (inspección, transportes, esperas, entre otros), eliminando los pasos que no añaden valor y alineando la creación de flujo de valor con la demanda de los clientes.

### **2.2.1.1 MARCO HISTÓRICO**

Por muchos años la industria manufacturera, ha sido tomada como modelo para la realización de innovaciones en la industria de la construcción, debido a que ambos sectores presentan la posibilidad de estandarizar sus procesos. Es así que, las ideas de la nueva filosofía de la producción se originaron primero en Japón en los años 50. La aplicación más prominente fue el Sistema de Producción Toyota (TPS), cuya idea básica es la eliminación de inventarios y otras pérdidas a través de la producción de pequeños lotes de producción, la estructuración reducida del tiempo, máquinas semiautónomas, el funcionamiento con los proveedores, y otras técnicas (Monden 1983, Ohno 1988, Shingo 1984, Shingo 1988 en Koskela, 1992).

Durante la década de 1980, una serie de textos fueron publicados para explicar y analizar el acercamiento hacia la nueva filosofía en forma más detallada. Este Sistema de Producción Toyota generó una forma de organización del trabajo para lograr producir a bajos costos y volúmenes limitados de productos bien diferenciados; y es en el año de 1992 que nace la filosofía Lean Construction gracias a diversos investigadores que se preocuparon por la falta de calidad en las obras y al observar que no se cumplía la planificación establecida.

Uno de ellos surgió con el trabajo del investigador Lauri Koskela en 1992, con el Informe Técnico n° 72 que se llamó “Application of the New Production Philosophy to Construction”, en este informe invita a que se

gestione, se adapten las técnicas y herramientas desarrolladas con éxito en el Sistema de Producción Toyota (Lean Production), lanzando de esta manera las bases de esa nueva filosofía por medio de adaptación de los conceptos de flujo y generación de valor presentes en el pensamiento Lean a la construcción civil.

En 1997 se fundó el Instituto de Lean Construction (Lean Construction Institute -LCI-) con el esfuerzo de los profesores Glenn Ballard (Universidades de Stanford y Berkeley) y Greg Howell, que ha enseñado Lean Construction en varias universidades americanas y ha colaborado en numerosos proyectos constructivos a nivel internacional. Desde 1993 el Grupo Internacional para Lean Construction (International Group for Lean Construction-IGLC-) organiza conferencias anuales a nivel mundial.

### **2.2.1.2 PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION**

Botero (2004) citado por Rodríguez (2013), indica que el nuevo enfoque de producción Lean Construction, presenta once principios, estos son:

- 1) Reducir o eliminar las actividades que no agregan valor (pérdidas).
- 2) Incrementar el valor del producto, con base en los requerimientos de los clientes.
- 3) Reducir la variabilidad.

Existen dos motivos para reducir la variabilidad en el proceso de producción:

- a) Desde la óptica del cliente, un producto uniforme es mejor.
- b) Las variaciones, especialmente en la duración de las actividades, incrementan la aparición de las actividades que no agregan valor.

- 4) Reducir el tiempo de ciclo.

Es la sumatoria del tiempo de procesamiento (conversiones) más el tiempo de esperas, inspecciones y transportes.

- 5) Simplificar, por medio de la minimización del número de pasos y partes.

La simplificación puede concretarse eliminando las actividades que no generan valor, optimizando los pasos o partes de las actividades que lo generan o reorganizando el proceso de producción.



- 6) Incrementar la flexibilidad de la producción.  
A través de la generación de diseños modulares, estandarizar piezas o partes del producto y utilizar cuadrillas que se adapten al nuevo modelo de producción (multicadrillas que realicen varias labores).
- 7) Incrementar la transparencia del proceso.  
Es importante que todo el personal conozca de principio a fin el flujo de producción.
- 8) Enfocar el control al proceso completo.  
Lo que se espera es centrar la atención en el control global del proceso, para lo cual se requieren mediciones del proceso completo y, al mismo tiempo, personas con autoridad para ejercerlo.
- 9) Mejorar continuamente en el proceso.  
Para lo cual se requiere implementar diferentes acciones:
  - Mejorar las mediciones y el seguimiento de los procesos.
  - Entregar responsabilidades del mejoramiento a todos los empleados.
  - Utilizar procedimientos estandarizados como base de las mejores prácticas.
  - Centrar la atención del control en la causa de los problemas.
  - Crear una cultura del mejoramiento.
- 10) Balancear el mejoramiento de los flujos y las conversiones.  
Se debe realizar un balance entre el mejoramiento de los flujos, detectando y eliminando las actividades que no agregan valor (pérdidas), y el mejoramiento de las conversiones mediante la implementación de las nuevas tecnologías.
- 11) Referenciar (benchmarking).  
Debe compararse el desempeño del proceso de producción, con los líderes del sector, buscando aplicar procesos de clase mundial.

La aplicación de estos principios, tal como señala BOM Consulting Group. (2008), citado por Rodríguez (2013), permite alcanzar metas como: aumentar la productividad, reducción de los niveles de inventario, reducción de los costos,



mejoramiento de la calidad del producto o servicio, balancear la carga de trabajo, estandarización de los procesos y operaciones, desarrollo de equipos de trabajo y respeto por los demás, mejoramiento de la moral de los empleados, ser una empresa en continuo mejoramiento y aprendizaje.

### **2.2.1.3 METODOLOGÍAS LEAN CONSTRUCTION**

#### **2.2.1.3.1 JUSTO A TIEMPO – JIT**

Caldentey (2007) citado por Rodriguez (2013: 25), sostiene que:

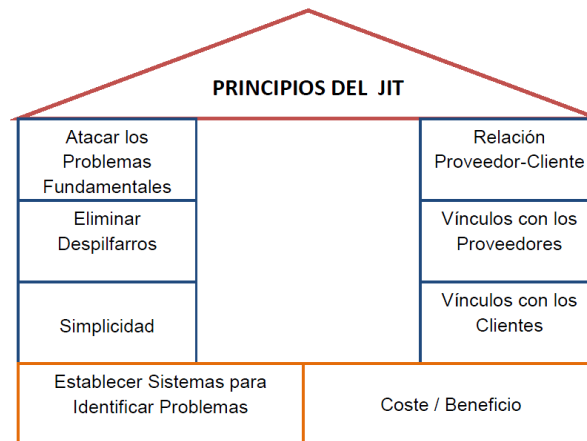
El JIT es una filosofía que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción de manera que las materias o componentes que se necesitan lleguen a la línea de producción “Justo a Tiempo”, es decir en el momento oportuno y en la cantidad necesaria. Requiere producir sólo la cantidad exacta, en la calidad requerida, en el momento preciso y al más bajo costo.

Justo a tiempo implica producir sólo exactamente lo necesario para cumplir las metas pedidas por el cliente. Producir el mínimo número de unidades en las menores cantidades posibles y en el último momento posible, eliminando la necesidad de almacenaje, ya que las existencias mínimas y suficientes llegan justo a tiempo para reponer las que acaban de utilizarse y la eliminación del inventario de producto terminado

Entonces se puede definir que más que un modelo de gestión se presenta como una filosofía de trabajo, en la cual, las materias primas y los productos llegan justo a tiempo, bien para la fabricación o para el servicio al cliente. Estructplan on line (2012, párr. 1)

#### **Principios Fundamentales**

Rodríguez (2013) menciona que la metodología “Justo a Tiempo” se basa en principios que a continuación se mencionan y que se muestran en la figura 2.1.



**Figura 2.1.** Principios fundamentales de la metodología “Justo a Tiempo”

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez (2013: 27)

**Atacar los Problemas Fundamentales.-** Se logra a través de un equipo de trabajo de calidad y proactivo, además debe contar con la maquinaria en buen estado, como sus implementos o materiales necesarios para que funcione adecuadamente.

**Simplicidad.-** Evitar sistemas de control complejos, adoptando un sistema simple. El método principal consiste en agrupar los productos en familias, utilizando las ideas que hay detrás de la tecnología de grupos y reorganizando los procesos de modo que cada familia de productos se fabrique en una línea de flujo.

**Establecer sistemas para identificar problemas.-** identificar y resolver los problemas, no encubrirlos.

**Coste / Beneficio de la Aplicación del JIT.** – en lo que se refiere al costo exige muy poca inversión de capital, lo que se requiere es una reorientación de las personas respecto a sus tareas y al beneficio, aumentando la calidad, el servicio al cliente y la moral general de la empresa.

**Relación Proveedor-Cliente.-** aumenta la calidad del producto.

**Vínculos con los Proveedores.-** debe existir un alto nivel de calidad, reducción de las cantidades de los pedidos, tiempos del ciclo más cortos y más fiables.

**Vínculos con los Clientes.**- se realiza a través de la vinculación de toda la actividad de producción con la demanda real del mercado.

La ventaja competitiva ganada deriva de la capacidad que adquiere la empresa para entregar al mercado el producto solicitado, en un tiempo breve y en la cantidad requerida. Evitando los costes que no producen valor añadido también se obtendrán precios competitivos, es una filosofía de producción que se orienta a la demanda.

### **2.2.1.3.2 KANBAN**

Orellana (2010), sostiene que el sistema Kanban también se ha llamado el "Método de Supermercado", porque la idea fue tomada de los supermercados y grandes tiendas de retail que usaban tarjetas de control para los productos donde existe importante información como el nombre del producto, el código de producto y la ubicación del producto en el almacén. En un supermercado las existencias de productos son los que necesita el cliente; están disponibles cuando el cliente los necesita y en la cantidad requerida.

La primera empresa manufacturera en utilizar este concepto fue Toyota, Taiichi Ohno, fue quien promovió la idea de justo a tiempo y aplicó este concepto, comparó el supermercado y el cliente; con el proceso anterior y el proceso siguiente, respectivamente en una empresa. Al tener el próximo proceso (el cliente) ir al anterior proceso (el supermercado) para tener las partes necesarias cuando son necesarias y en la cantidad necesaria.

Kanban es una metodología que trabaja conjuntamente con Justo a Tiempo logrando que se realice lo que es el abastecimiento de suministros de manera más rápida debido a las ventajas de Kanban, así como en la calendarización de producción mediante etiquetas, buena organización del área de trabajo y flujo de la producción.

Un Kamban es una señal visual, una "etiqueta de instrucción", la cual solicita ayuda o proporciona información, que va dentro una funda rectangular de plástico, que contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es

su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que da información acerca de que se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios, y como transportarlo.

Información necesaria en una etiqueta de Kanban:

1. Número de parte del componente y su descripción.
2. Nombre/Número del producto.
3. Cantidad requerida.
4. Tipo de manejo de material requerido.
5. Donde debe ser almacenado cuando sea terminado.
6. Punto de reorden.
7. Secuencia de ensamble/producción del producto.

Como regla, todos y cada uno de los procesos deberán ir acompañados de su tarjeta Kanban, caso contrario no serán procesados, de esta manera se garantiza el control en el proceso de producción.

Kanban No.	5	Direccion de almacen
Descripcion:	134	
Codigo:	30299	A2
Contenedor:	Caja	
Cantidad por contenedor	15	

**Figura 2.2:** Ejemplo de Tarjeta Kanban.

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez (2013:30)

## Reglas de Kanban

Las reglas que se deben tener en cuenta para que funcione la metodología en los procesos de producción: Orellana (2010)

- **Regla 1:** No se debe mandar ningún producto defectuoso a los procesos subsecuentes.
- **Regla 2:** Los procesos subsecuentes requerirán solo lo que es necesario.
- **Regla 3:** Producir solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsecuente.



- **Regla 4:** Balancear la producción.
- **Regla 5:** Kanban es un medio para evitar especulaciones.
- **Regla 6:** estabilizar y racionalizar los procesos.

### **Principios.**

Según lo recopilado por Rodríguez (2013), es importante conocer los principios en que se basa la metodología kanban, dependiendo del cumplimiento de los mismos se logrará una implementación exitosa, estos principios son:

1. Eliminación de desperdicios.
2. Mejora continua.
3. Participación plena del personal.
4. Flexibilidad de la mano de obra.
5. Organización y visibilidad.

### **Tipos de Kanban y sus usos.**

Existen cuatro tipos de kanban (etiqueta de instrucción), de acuerdo al uso que se le va a dar, a continuación se detalla cada uno de ellos:

1. **Kanban de retirada:** se especifica la clase y la cantidad de producto que un proceso debe retirar del proceso anterior. Figura 2.3
2. **Kanban de producción:** se especifica la clase y cantidad de producto que un proceso debe producir. Figura 2.4
3. **Kanban de proveedor:** contiene instrucciones en las que se pide al proveedor subcontratado que entregue las piezas.
4. **Kanban señalador / Kanban de material:** Se coloca la etiqueta Kanban señalador en ciertas posiciones en las áreas de almacenaje, y especificando la producción del lote, la etiqueta señalador Kanban funcionará de la misma manera que un Kanban de producción.



Anequel del almacén n° <b>SE215</b>		Código de la pieza n° <b>A2-15</b>		Proceso anterior
Pieza n° <b>35670507</b>				<b>FORJA</b>
Nombre de la pieza <b>PIÑÓN IMPULSOR</b>				<b>B-2</b>
Tipo del automóvil <b>SXS0BC</b>				Proceso posterior
				<b>MECANIZACIÓN</b>
Capacidad de la caja	Tipo de caja	Número emitido		
<b>20</b>	<b>B</b>	<b>4/8</b>		<b>M-6</b>

Figura 2.3: Kanban de retirada.

Fuente: Monden, (1996) citado por Rodríguez (2013: 32)

Anequel de almacén n° <b>F26-18</b>		Código de la pieza n° <b>AS-34</b>		Proceso
Pieza n° <b>SG790-321</b>				<b>MECANIZACIÓN</b>
Nombre de la pieza <b>CIQUENAL</b>				<b>SB-8</b>
Tipo de automóvil <b>SXS0BC-150</b>				

Figura 2.4: Kanban de producción.

Fuente: Monden, (1996) citado por Rodríguez (2013: 32)

En la Figura 2.5 fabricación tradicional se observa que los procesos y operaciones no tienen una secuencia ordenada, no existe comunicación entre procesos; o si la hay no se utiliza para ajustar la fabricación o las entregas a la demanda del proceso siguiente.

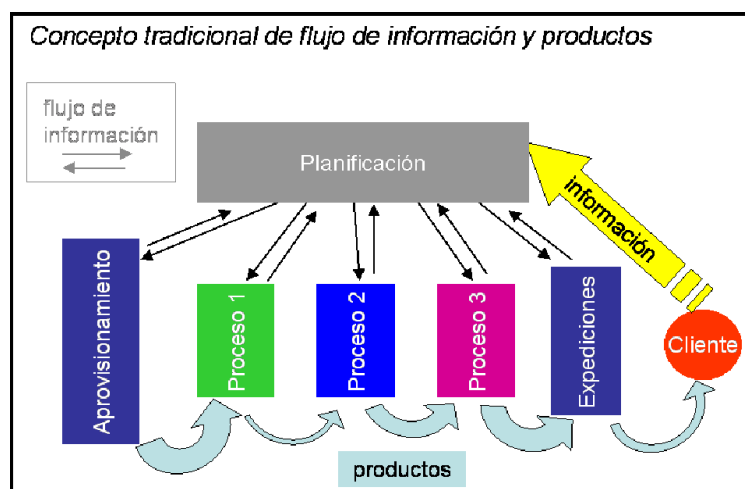
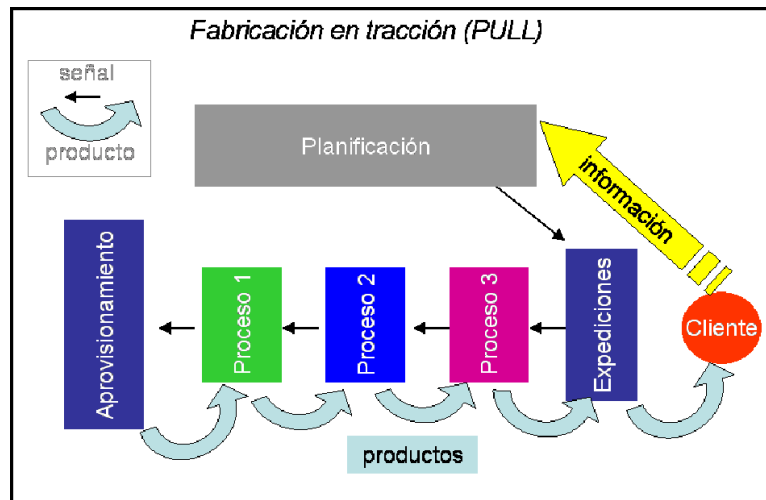


Figura 2.5: Fabricación tradicional.

Fuente: Adaptado de Rodríguez (2013: 33)

En la Figura 2.6 producción en tracción (PULL) cada proceso “tira o jala” del anterior y produce o entrega según le indique el siguiente. Se parte de la demanda del cliente (previamente nivelada) y se establecen señales que hacen que los productos vayan avanzando según las necesidades reales. Si un proceso no tiene demanda, no se fabrica.



**Figura 2.6:** Fabricación en tracción (PULL).

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez (2013: 33)

### Implementación.

Kanban sólo puede aplicarse en fábricas que impliquen producción repetitiva y se implementa en cuatro fases según lo recopilado por Rodríguez (2013):

- Fase 1:** Entrenar a todo el personal en los principios de Kanban, y los beneficios de usarlo.
- Fase 2:** Implementar Kanban en aquellos componentes con más problemas para facilitar su manufactura y para resaltar los problemas escondidos. El entrenamiento con el personal continúa en la línea de producción o en cada una de sus áreas de trabajo.
- Fase 3:** Implementar Kanban en el resto de los componentes, es importante informarles cuando se va a estar trabajando en su área.



**Fase 4:** Verificar el funcionamiento del sistema y corregir las desviaciones.

- Ningún trabajo debe ser hecho fuera de secuencia.
- Si se encuentra algún problema notificar al supervisor inmediatamente.

### 2.2.1.3.3 ANDON

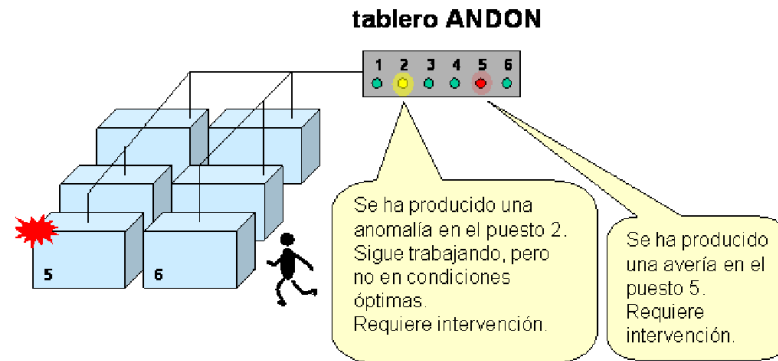
Para Orellana (2010), es término japonés que significa “ayuda”. Es un tablero de luces o señales luminosas que indican las condiciones de trabajo de un área entera de producción, el color indica el tipo de problema o la condición de trabajo. El tablero de alarmas será activado vía tirón de una cuerda o al apretar un botón por el operador para una línea productiva, también se puede activar automáticamente. Si un problema ocurre, el tablero de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. A veces se incorpora una melodía junto con la tabla de Andon para proporcionar un signo audible para ayudar al supervisor a comprender hay un problema en su área.

Andon advierte cuando el flujo está en peligro a través de una señal. Si se toma en serio ayudará a mantener el flujo y el proceso se beneficiará de ello. Si no, perderá su significado y será poco menos que inútil. Además ayuda a identificar donde se necesitan concentrar esfuerzos, para obtener la máxima eficiencia de las líneas de producción.

Un error frecuente en la implantación del Andon suele ser dejarlo en una mera señal de anomalía, es necesario definir qué debe hacer la persona en el caso de la aparición de la señal, para lo cual debe crearse un plan de trabajo o un plan de estrategias que deben seguir los operarios en caso de presentarse una anomalía.

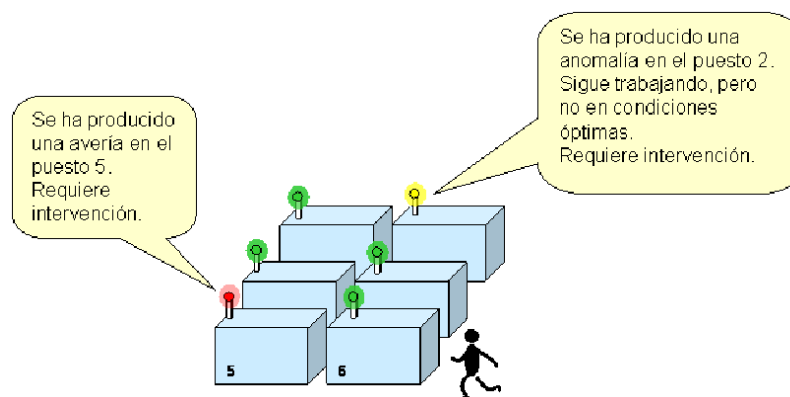
Esta metodología del Andon se puede representar en las figuras 2.7 y 2.8, a través de una luz indican el estado en que se encuentra trabajando cada uno de los departamentos o áreas de producción, así por ejemplo el verde: funcionamiento normal; amarillo: requiere revisión; el rojo: existe una avería; todo el personal debe estar capacitado en qué hacer cuando se presente este

tipo de advertencias para que pueda ser revisada o en su defecto corregida, ganando de esta manera tiempo y que se cumpla con la planificación establecida.



**Figura 2.7:** Tablero Andon.

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez (2013: 35).



**Figura 2.8:** Señales Andon.

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez (2013: 36).

Las señales colocadas en el tablero Andon son luces colocadas en las máquinas o en las líneas de producción para indicar el estado de funcionamiento. Comúnmente son códigos de color:

- Rojo: - Máquina descompuesta.
- Azul:- Pieza defectuosa.
- Blanco:- Fin de lote de producción.
- Amarillo: - Esperando por cambio de modelo.
- Verde:- Falta de material.
- No hay luz:- Sistema operando normalmente.

Hoy en día, los sistemas de alerta modernos incorporan alarmas de audio y texto.

Entre los objetivos que busca el sistema Andon se destaca:

- Mejorar la visibilidad de los problemas.
- Establecer estrategias y planes de trabajo para una resolución de problemas sobre la marcha.
- Motivar al personal a resolver los problemas con prontitud
- Permite un mayor control del proceso.

Forma de proceder ante la señal del Andon:

1. **Resolución inmediata.** Como su nombre lo indica, permite al operario detectar el problema y resolverlo, sin tener que recurrir a la ayuda de sus compañeros.
2. **Solicitud de ayuda en marcha.** A través del Andon se advierte de alguna posible anomalía que puede suceder en el proceso, para lo cual los operarios deben estar dispuestos a revisarla para que no se produzcan problemas mayores.
3. **Solicitud de ayuda en paro.** Sucede cuando existe un problema grande, en donde es necesario parar esa línea de producción para que no se propaguen los defectos en los procesos posteriores y con ello no disminuya la calidad del producto

En tal caso, “tirar de la cuerda” (como la parada de emergencia de los trenes antiguos) o apretar el botón de paro es algo incuestionable.

En algunas fábricas se aplica el concepto “Stop-Call-Wait” (Para-Avisa-Espera) y se repite cuantas veces sean necesarias para convencer al personal de la necesidad de asegurar la calidad del producto en la propia fuente del problema.

Por último, Andon es el control de un proceso que utiliza un control visual, que muestra el estado actual de los trabajos. Las luces encendidas



advierten al supervisor la estación donde existe una anomalía, pero no indica que tipo de problema es, el supervisor tendrá que coordinar una acción junto con el departamento involucrado una vez que se entera de viva voz del operador del detalle de la anomalía. Una vez solucionado se apaga la luz.

#### **2.2.1.3.4 POKA YOKE**

Este concepto fue desarrollado por Shigeo Shingo en los años 60 quien lo desarrolló ampliamente en la empresa Toyota. El término Poka Yoke significa "a prueba de errores" y viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir).

Orellana (2010) sostiene que la finalidad de los dispositivos Poka Yoke son detectar fallas antes de que sucedan. Originalmente el sistema se concibió para corregir los errores de piezas mal fabricadas las cuales seguían en el proceso productivo con el consiguiente aumento de costos por reproceso, actualmente, también se garantiza la seguridad de los trabajadores de cualquier máquina o proceso en el cual se encuentren relacionados, de esta manera, se evitan accidentes.

Afirmaba Shingo que la causa de los errores estaba en los trabajadores y los defectos en las piezas fabricadas se producían por no corregir aquéllos, si los errores no se permite que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el reproceso poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo.

Los sistemas Poka-yoke son herramientas simples que permiten llevar a cabo el 100% de inspección, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren, es decir; se enfocan a eliminar los defectos del producto a través de la detección temprano de los errores, y en la caso de presentarse corregirlos lo más pronto posible, de esta manera se evita la producción masiva de producto defectuoso

Esta metodología Lean contribuye a tener un registro de los errores y sus posibles soluciones, de esta manera cuando se presente nuevamente este error, se ahorre tiempo porque ya se tendrá establecido qué hacer ante la

situación. Es recomendable que los Poka Yoke se incluyan desde la etapa de diseño del producto.

Para Rodríguez (2013), Poka Yoke permite mejorar los procesos, aumentar la productividad y la calidad si son tomadas en cuenta en la práctica; no se debe aceptar, ni generar, mucho menos pasar un defecto a lo largo de la línea de producción, es importante considerar esta secuencia ya que tanto el proveedor no debe entregar al usuario la materia prima en malas condiciones o con defectos, para que al momento de ser procesada no se generen productos de mala calidad que lleguen al cliente.

## Errores humanos

En la tabla 2.1, se muestra los tipos de errores humanos y sus respectivas causas:

**Tabla 2.1:** Tipos de errores humanos y sus causas.

TIPOS DE ERROR	CAUSAS
Olvidos	A veces olvidamos las cosas.
Falta de entendimiento	Se concluye algo erróneamente antes de conocer la situación.
Identificación	A veces nos confundimos cuando vemos algo muy rápido (monedas de S/ 2.00 y S/. 5.00 s.).
Falta de experiencia	Nos equivocamos porque no conocemos bien la situación.
Voluntarios	Ocurren errores cuando creemos que podemos ignorar las reglas.
Inadvertidos	Nos equivocamos sin darnos cuenta.
Lentitud	Acciones lentas por retrasos en juzgar algo.
Falta de estándares	Algunos errores ocurren cuando no hay instrucciones o estándares adecuados.
Por sorpresa	El equipo opera en forma diferente a lo esperado.
Intencionales	Intentos de sabotaje.

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez (2013: 39).

En Rodríguez (2013) se señala que a través de los sistemas o dispositivos Poka Yoke se trata de evitar que los errores humanos causen defectos en el producto final, en la Tabla 2.1 se muestra estos tipos de errores

humanos que se suelen cometer en los procesos de producción ocasionando defectos en los productos y por ende disminuye la calidad y la productividad. Por lo general, los defectos en los productos se descubren a través de la inspección durante su producción y se lo complementa con la utilización de dispositivos Poka Yoke para garantizar la calidad en el proceso, corregir los defectos encontrados y aplicar un plan estratégico para evitar que se produzcan nuevamente.

### Tres reglas de oro del Poka Yoke

Existen tres reglas de oro de Poka Yoke que permiten mejorar los procesos, aumentar la productividad y la calidad si son tomadas en cuenta en la práctica, donde el proveedor, el usuario y el cliente no debe aceptar, ni generar, mucho menos pasar un defecto a lo largo de la línea de producción, es importante considerar esta secuencia ya que tanto el proveedor no debe entregar al usuario la materia prima en malas condiciones o con defectos, para que al momento de ser procesada no se generen productos de mala calidad que lleguen al cliente.



**Figura 2.9:** Tres reglas de oro.

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez (2013: 40).

### Técnicas Poka Yoke

Según Vidal (2011), citado por Rodríguez (2013), las técnicas Poka Yoke pretenden eliminar los defectos en dos posibles estados:

1. Antes de que producirse (**PREDICCIÓN**): consiste en diseñar un sistema que avise al operario cuando se va a cometer el error ya sea a través de parar el proceso (parada), eliminar el riesgo (control) o avisar del problema (alarma).



2. Una vez producidos (**DETECCIÓN**): consiste en diseñar mecanismos que detengan el paso al proceso siguiente (parada), quitar el producto defectuoso (control) o avisar donde está el defecto (alarma).

A través de estas técnicas de predicción y detección permiten tener un control adecuado de los procesos de producción.

**Tabla 2.2:** Técnicas Poka Yoke.

TÉCNICA	PREDICCIÓN	DETECCIÓN
<b>Cese o Suspensión de actividades</b>	<p><b>Cuando un error esta por ocurrir.</b></p> <p><b>Ejemplo:</b> Algunas cámaras no funcionan cuando no hay luz suficiente para tomar una Fotografía.</p>	<p><b>Cuando un error o defecto ya ha ocurrido.</b></p> <p><b>Ejemplo:</b> Algunas lavadoras de ropa, tienen un dispositivo que las apaga cuando se detecta sobrecalentamiento.</p>
<b>Control</b>	<p><b>Los errores son imposibles.</b></p> <p><b>Ejemplo:</b> Cuando las gasolineras ofrecían gasolina con plomo y sin plomo, la boquilla de la bomba de gasolina sin plomo y el orificio para el tanque de gasolina eran más pequeños que aquellos para la gasolina con plomo.</p>	<p><b>Los artículos defectuosos no pueden moverse a la siguiente operación.</b></p> <p><b>Ejemplo:</b> Un fabricante, asegura que únicamente las partes dentro de especificaciones lleguen a los clientes, pasándolos por un medidor (pasa no pasa). Las que no cumplen con esa medida, son enviadas a las tiendas de descuento.</p>
<b>Advertencia</b>	<p><b>Cuando algo está a punto de fallar.</b></p> <p><b>Ejemplo:</b> Muchos autos tienen un sistema de alarma para alertar al conductor de que no se ha abrochado el cinturón de seguridad.</p>	<p><b>Inmediatamente cuando algo está fallando.</b></p> <p><b>Ejemplo:</b> Los detectores de humo alertan cuando se detecta humo y es posible que se haya iniciado un fuego.</p>

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez (2013: 41)

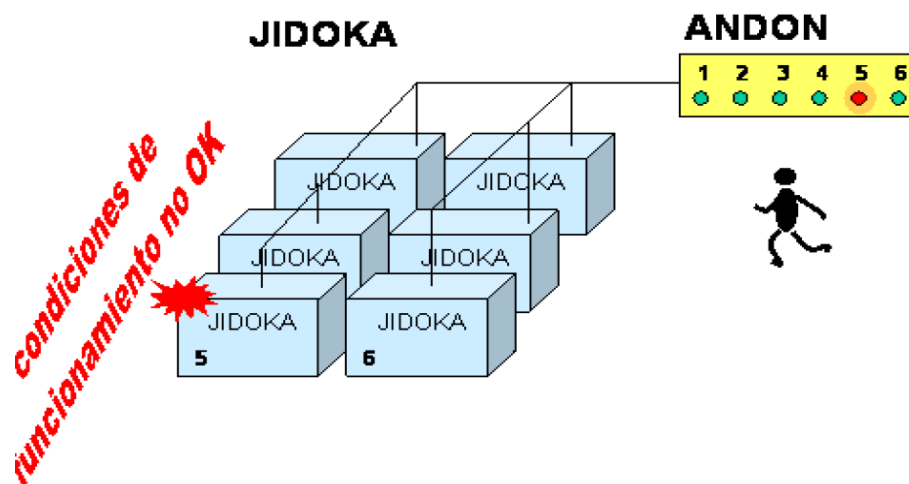
### 2.2.1.3.5 JIDOKA

Rodríguez (2013), señala: la palabra Jidoka significa automatización inteligente, también se dice automatización con un toque humano, o simplemente *autonomation*. Se refiere a la parada automática de una máquina cuando el dispositivo detecta un error o defecto y alerta al operador que luego da la señal de reinicio. La regla de Jidoka será corregir el defecto en el momento que se descubra, garantizando la calidad en el producto final.

Para Orellana (2010), este concepto tiene sus orígenes en el telar automático inventado en 1896 por Sakichi Toyoda fundador de Toyota., en ese tiempo se basó en dar la autoridad suficiente al operario de máquina para detenerla en caso de que se presente una anomalía en la línea de producción.

Por otro lado, también según Orellana (2010), Jidoka no funciona con el simple hecho de detectar una anomalía y parar la línea, es algo más, es corregir la condición anormal e investigar la causa raíz para eliminarla para siempre y evitar a toda costa que se propague a lo largo de la línea de producción.

Entonces se deduce que Jidoka tiene como objetivo: “fabricar bien a la primera”, para ello se centra en registrar aquellos defectos o errores encontrados, para luego determinar qué medidas preventivas son aplicables al caso específico; es importante registrar o crear un manual de las causas y soluciones a determinados problemas, que será de gran ayuda para el equipo de trabajo porque permitirá erradicar el problema para siempre.



**Figura 2.10:** Jidoka – Andon.  
**Fuente:** Rodríguez (2013: 42).

En la figura 2.10 se visualiza como Jidoka mantiene una relación estrecha con Andon para la mejora de sus procesos, porque a través de la visualización o de la alarma que genera la máquina cuando detecta una anomalía se notifica al personal encargado que acudirá al sitio señalado. El



concepto de anomalía se refiere a un problema de calidad, avería inminente o un riesgo de sobreproducción.

Orellana (2010) sostiene que una buena ejecución de la metodología Jidoka consta de cuatro pasos:

1. **Detectar la anormalidad.-** en el caso de las máquinas se deben instalar mecanismos que permitan detectar anomalías y paren la máquina al momento de la ocurrencia; en el caso de personas se los debe capacitar y dotar de autoridad para detener la línea de producción.
2. **Parar.-** es detener el flujo de producción en la sección de trabajo en la cual se presente una anomalía, sin detener la línea de producción principal, de esta manera se seguirá produciendo.
3. **Fijar o corregir la condición anormal.-** revisar el problema presentado y registrarlo.
4. **Investigar la causa raíz e instalar las contramedidas.-** investigar las causas que generaron el problema, encontrar la solución e implementarlo con el objetivo de que se recupere el ritmo de la producción.

La filosofía Jidoka se desarrolló para diagnosticar el defecto inmediatamente y corregirlo produciendo productos de buena calidad; la inspección la realiza la máquina ya que tendrá instalado un mecanismo que alarme al operador cuando se presente un defecto.

Entonces, Jidoka permite que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad. Así, por ejemplo, si existe una anormalidad durante el proceso, este se detendrá ya sea automática o manualmente, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Todo lo contrario a los sistemas tradicionales de calidad, en los cuales las piezas son inspeccionadas al final de su proceso productivo. Jidoka mejora la calidad en el proceso ya que solo se producirán piezas con cero defectos.

### 2.2.1.3.6 KAIZEN

En Orellana (2010), Kaizen significa mejoramiento continuo. El concepto fue desarrollado por el Dr. Masaaki Imai quien determinó que kaizen es como una sombrilla que cubre todos los aspectos para la mejora de los procesos productivos y el control de calidad. Kaizen se define a partir de dos palabras japonesas “Kai” que significa cambio y “Zen” que quiere decir para mejorar, así, podemos decir que “Kaizen” es “cambio para mejorar” o “mejoramiento continuo”, como comúnmente se le conoce.

Kaizen es más que una metodología para mejorar procesos, es una cultura, de mejorar día a día la cual debe ser liderada por la alta dirección de la empresa.

Para Rodríguez (2013), Kaizen es una metodología que busca realizar un esfuerzo constante y continuo, mejorar los estándares actuales y mantenerlos, para lo cual se necesita la participación activa de todo el personal para mejorar los procesos y obtener buenos resultados.

Esto se sustenta en que toda persona puede mejorar su área de trabajo, además se enfoca en la búsqueda de las necesidades y expectativas del cliente. Por eso Kaizen está orientado a las personas porque necesita su sentido común, esfuerzo continuo y dedicación de todos de la empresa, en tanto que la innovación está orientada a la tecnología y al dinero.

Kaizen y la innovación no son excluyentes más bien son complementarios, y el trabajo de la administración será de mantener un equilibrio entre estos dos elementos y buscar oportunidades innovadoras.

El sector construcción es sin lugar a dudas un sector óptimo para la aplicación de la metodología Kaizen. Kaizen pone fundamentalmente el acento en dos aspectos claves, la calidad, entendiendo por tal el cumplimiento satisfactorio de los requerimientos de los clientes y consumidores, y la calidad de vida de trabajo por parte del personal de la empresa, sean éstos directivos o empleados.



Por otro lado, Kaizen se acentúa sobre cinco elementos bases los cuales son:

1. Trabajo en equipo.
2. Disciplina personal.
3. Moral mejorada.
4. Círculos de calidad y
5. Sugerencias para la mejoría.

Además los elementos que más prevalecen para que se desarrolle la filosofía Kaizen son:

1. Calidad.
2. Esfuerzo.
3. Compromiso de todos los empleados.
4. Buena voluntad hacia el cambio.
5. Transparencia y
6. Comunicación.

Así mismo, Rodríguez (2013) sostiene que Kaizen tiene una relación estrecha con las cinco eses (5S) porque esta filosofía crea las condiciones necesarias que aumenten y faciliten la realización de las actividades, además de ambientes de trabajo limpios y ordenados.

## Implementación

Según Mejía, (sf) citado por Rodríguez (2013) señala seis pasos que se pueden emplear al momento de implementar Kaizen en sus empresas estos son:

1. **Tema de estudio.**- seleccionar el área que necesite una urgente intervención o seleccionar problemas principales que necesiten una pronta solución.
2. **Crear los equipos de trabajo.**- deben estar formados por personal tanto de la alta gerencia hasta los técnicos.
3. **Identificar el problema y formular los objetivos.**

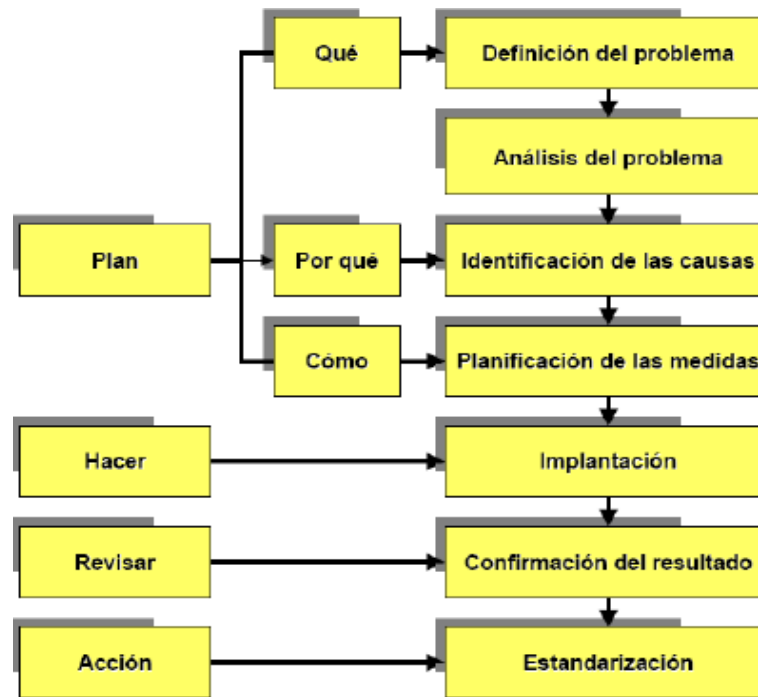
4. **Realizar un diagnóstico del problema.**- determinar causas del problema.
5. **Elaborar el plan de acción.**
6. **Implantar el plan de acción.**
7. **Evaluar los resultados.**- seguimiento y control al plan de acción y verificar los resultados con los objetivos planteados.

### **El Ciclo PHRA (Planificar-Hacer-Revisar-Actuar)**

Rodríguez (2013) señala que el ciclo PHRA permite monitorear la calidad y se utiliza en trabajos donde se requiere la participación de todos los miembros de la empresa es decir trabajo en equipo, este ciclo es apropiado para la planificación, la implementación, la implantación y la operación de proyectos se compone de cuatro pasos estos son:

1. **Planificar:** analiza y estudia la situación actual, define los estándares para la calidad.
2. **Hacer:** significa ejecutar el plan, inicialmente se lo realiza a través de una prueba piloto o en menor escala y luego en el área real de trabajo.
3. **Revisar:** significa observar y medir los cambios que se han producido por la implementación, y comparar dichos cambios con las metas u objetivos proyectados.
4. **Actuar:** significa realizar mejoras de calidad.

En la figura 2.11 se muestra el ciclo PHRA y las interrogantes que se pueden analizar en cada uno de los elementos que conforman este ciclo, es importante realizar y cumplir cada paso, para de esta manera evaluar el nivel de cumplimiento y verificar que mejoras o incertidumbres se presentan durante la implementación del ciclo.



**Figura 2.11:** Ciclo PHRA.

**Fuente:** Becerra (2003), citado por Rodríguez (2013: 46).

## **Kaizen y el Control Total de Calidad (CTC)**

En Rodríguez (2013) se explica que es importante entender el concepto de calidad, no solamente del producto sino de la calidad del personal que labora en la empresa, calidad en sus servicios, calidad en sus máquinas, calidad de la información, sistemas y procedimientos es decir se trata de una calidad a nivel global.

Debe haber transparencia y comunicación desde la gerencia hasta los empleados, además debe existir un alto compromiso entre ambas partes, y la gerencia debe ser el líder que transmita el mensaje de cambio y los dirija hacia cumplir los nuevos objetivos de la empresa.

Para cambiar la cultura de la organización es necesario respaldarse en la capacitación continua tanto teórica como práctica hacia los empleados, porque un trabajador pensante es un trabajador productivo.

Es importante considerar un sistema de sugerencias, las mismas que se pueden colocar sobre una pizarra que sea visible a todos los empleados, generando competencia entre ellos y que participen en la mejora de sus procesos y de sus respectivas áreas de trabajo.

### 2.2.1.3.7 METODOLOGÍA DE LAS 5 “s”

Para Orellana (2010) esta metodología se refiere a aplicar housekeeping, es decir, la creación y mantenimiento de áreas de trabajo limpias, organizadas y seguras. Se trata de mejorar la calidad de vida en el trabajo.

Mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo. No es una mera cuestión de estética. Se trata de mejorar las condiciones de trabajo, de seguridad, el clima laboral, la motivación del personal y la eficiencia y, en consecuencia: la calidad, la productividad y la competitividad de la organización.

Sus inicios se dieron en los años 1960 en la empresa Toyota cuyo objetivo era conseguir lugares de trabajos limpios y ordenados, mejorar la motivación del personal y el ambiente trabajo, aumentar la seguridad, la calidad y la productividad.

5 “s” representan cinco palabras japonesas que comienza por S donde cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno, seguro, limpio y mejor organizado donde trabajar.

**Tabla 2.3.** Significado de la metodología de las 5 “s”

<b>5 “s”</b>	<b>SEIRI</b>	<b>SEPARAR - ORGANIZAR</b>	Mantener sólo lo necesario para realizar las tareas
	<b>SEITON</b>	<b>ORDENAR</b>	Mantener las herramientas y equipos en condiciones de fácil utilización.
	<b>SEISO</b>	<b>LIMPIAR</b>	Mantener limpios los lugares de trabajo, las herramientas y los equipos.
	<b>SEIKETSU</b>	<b>ESTANDARIZAR</b>	Mantener y mejorar los logros obtenidos.
	<b>SHITSUKE</b>	<b>AUTODISCIPLINA</b>	Cumplimiento de las normas establecidas.

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez (2013: 48).

A continuación se dará a conocer cada paso de la metodología 5”s”. Rodríguez (2013).

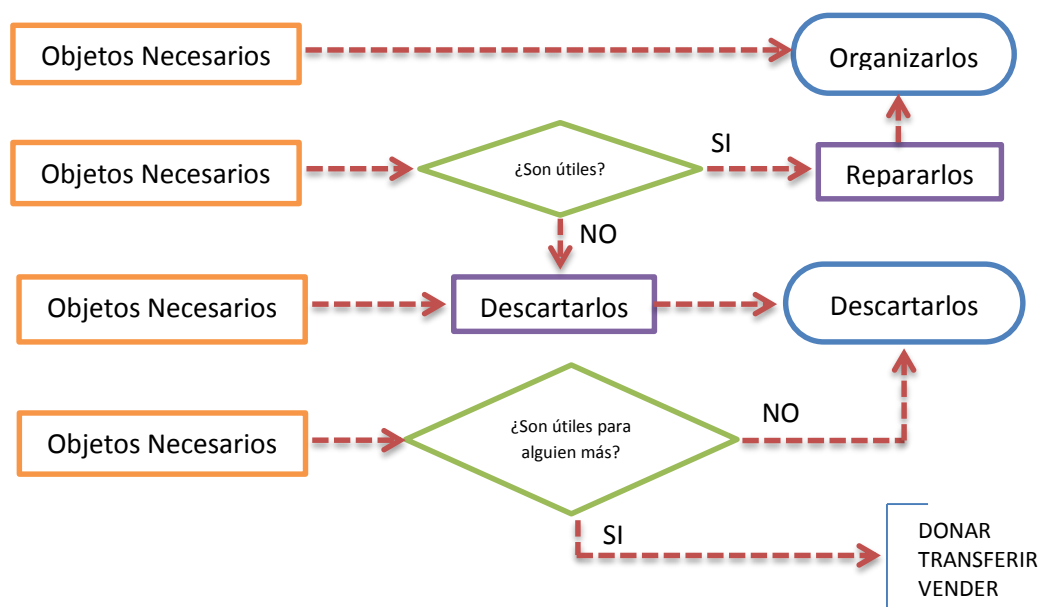


### i) SEIRI (“Separar- Organizar”)

Corresponde a la etapa inicial de la metodología, cuyo propósito significa retirar de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para el desarrollo óptimo de las tareas asignadas a cada puesto de trabajo. Los elementos necesarios se deben mantener cerca de la acción, mientras que los innecesarios se deben retirar del sitio, donar, transferir o eliminar.

Una mirada inspectiva minuciosa puede revelar que en el puesto de trabajo diario sólo se necesita un número pequeño de elementos y herramientas; muchos objetos nunca se utilizaran o solo se necesitarán en pocas ocasiones, por ejemplo: herramientas sin uso, productos defectuosos, sobrantes, materias primas sin uso, contenedores, escritorios, bancos de trabajo, archivos de documentos, estantes, tarimas, cajas y otros ítems.

En Acuña (2010), se presenta un diagrama de flujo para ejecutar la clasificación:



**Figura 2.12:** Diagrama de flujo para la clasificación.

**Fuente:** Acuña (2012).

Entre los beneficios principales que se obtiene al implementar este primer paso de la metodología 5S tenemos:

- Los materiales son organizados por secciones en el área de trabajo.

- Se elimina el desorden.
- Ahorro de tiempo en encontrar el material o la herramienta a emplear.
- Se optimizará los espacios y por ende el trabajador tendrá un espacio organizado.
- Se previenen lesiones ocasionadas por el desorden, aumenta la seguridad.
- Incrementa la moral en los trabajadores.

## ii) SEITON (“Ordenar”)

Seiton significa “ordenar”, es la segunda etapa de la metodología 5”s” implica ordenar e identificar aquellos materiales que fueron clasificados u organizados en la primera etapa Seiri, para proceder a ordenarlos de acuerdo a la frecuencia de uso, por ejemplo: cuando más se usan, más cerca deben estar de las personas; y cuando menos se usan, más alejados, su objetivo es designar un lugar para cada cosa.

Según Acuña (2010), este segundo principio pretende ubicar los elementos necesarios en sitios donde se puedan encontrar fácilmente para su uso y nuevamente retornarlos al correspondiente sitio. Permite la ubicación de materiales, herramientas y documentos de forma rápida, mejora la imagen del área ante el cliente; el control de stocks de materiales y la coordinación para la ejecución de trabajos. Esta segunda etapa, corresponde a ordenar primero, para posteriormente estandarizar las acciones que se decidieron realizar para organizar el puesto de trabajo. En la Tabla 2.4 se puede observar un ejemplo del empleo de Seiton.

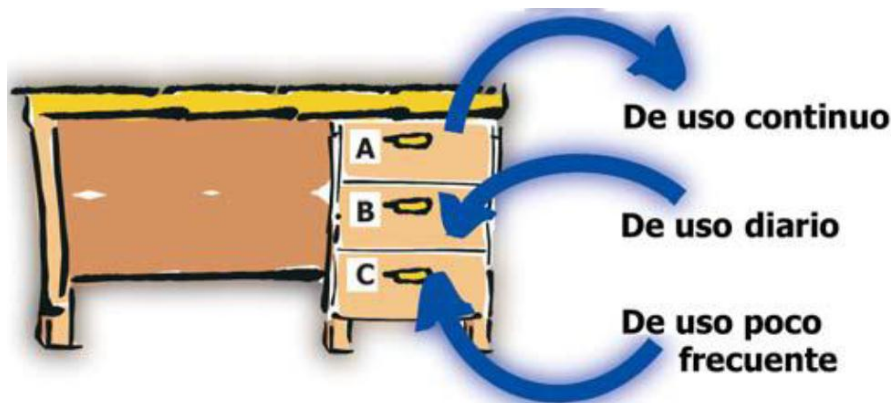
**Tabla 2.4.** Frecuencia de Uso.

FRECUENCIA DE USO	¿DÓNDE GUARDAR?
En todo momento.	Muy cerca del lugar de trabajo.
Diario.	En estantes, armarios, etc.
Semanal, mensual, entre otros.	En el archivo del área.
Esporádica.	En el archivo central.

**Fuente:** Dorbessan (2006) citado por Rodríguez (2013: 49).

Dorbessan, (2006) citado por Rodríguez (2013), indica algunos pasos para ordenar el lugar de trabajo estos son:

1. Definir y preparar los lugares de almacenamiento como armarios, mesas de trabajo, estanterías, etc.
2. Determinar un lugar para cada cosa, recordando que lo que más se usa debe estar cerca de la persona.
3. Identificar cada mueble y lugar de almacenamiento. Se lo hace de acuerdo a la frecuencia de uso, y se lo suele hacer etiquetando con letras y números los muebles o lugares donde se almacenará los materiales como se aprecia en la figura 2.13.G



**Figura 2.13.** Identificación de escritorios

Fuente: Dorbessan (2006) citado por Rodríguez (2013: 50)

4. Identificar cada objeto (herramienta, documento, etc.) con la misma identificación del lugar donde se va a guardar ejemplo figura 2.14



**Figura 2.14.** Identificación de objetos y herramientas.

Fuente: Dorbessan (2006) citado por Rodríguez (2013: 51)



5. Confeccionar un manual que registre el lugar de almacenamiento de cada objeto. Este deberá estar en un lugar accesible y visible, recolectará información sobre la denominación del objeto, identificación del mueble y el lugar a donde fue enviado.
6. Mantener siempre ordenadas las áreas de almacenamiento.

Es importante que este trabajo se realice en equipo, todos los que trabajan en el área deben contribuir y colaborar con el orden, la práctica continua se convertirá en un hábito contribuyendo a un mejor ambiente de trabajo.

### **Beneficios**

Algunos beneficios que trae la implementación de Seiton en el lugar de trabajo son:

- Mejor visualización donde se encuentran los materiales o herramientas.
- Mayor espacio y ahorro de tiempo en buscar algún material.
- Mayor seguridad en el trabajo, se minimizan riesgos ergonómicos.
- Aumenta la productividad al eliminar los tiempos improductivos.
- Se logra una mejor distribución de los muebles, equipos, máquinas que se encuentran en el lugar de trabajo.

Un ejemplo claro de desorden es: las herramientas personales que utilizan en la construcción (caja de herramientas), en caso de no tener designado un lugar para cada herramienta, una vez utilizada no se puede regresar a un lugar específico, generando de esta manera desorden y pérdida de tiempo al buscarla en caso de requerirla nuevamente.

Es importante tener en cuenta que cualquiera que sea el lugar de trabajo en el que nos desempeñemos ya sea en una oficina, en obra, en una fábrica, en una aula de clases, siempre se debe dejar las cosas que se han utilizado en su sitio, además de dejar despejada el área de trabajo una vez culminada la jornada, de esta manera se da una mejor imagen y apariencia.

### iii) SEISO (“Limpiar”)

Para Acuña (2010), esta etapa pretende incentivar la actitud de limpieza del sitio de trabajo y lograr mantener la clasificación y el orden de los elementos, que consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad y asegurar que el lugar, equipos, herramientas y documentos se encuentren en condiciones apropiadas. El proceso de implementación se debe apoyar en un fuerte programa de entrenamiento y suministro de los elementos necesarios para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución.

La limpieza implica más que limpiar, es inspeccionar el lugar de trabajo, combatir las fuentes de suciedad, y tomar medidas preventivas para que no se repitan.

Es importante contar con la ayuda de todo el personal para implementar Seiso, se lo puede realizar dividiendo el lugar de trabajo en secciones o áreas, se designa a las personas que serán responsables de mantener la limpieza del lugar, este personal puede rotar por semanas, el objetivo es que todos se involucren con la actividad, es necesario capacitarlos sobre lo que deberán hacer y que deben reportar, de esta manera cada equipo reporta sus vivencias e ideas, además se debe registrar el método empleado y si se puede realizar mejoras, se puede respaldar con un registro fotográfico.

La implementación de la limpieza como tercer paso del método 5”s” además de recordarnos la primera apariencia que tuvimos la primera vez que se realizó esa actividad.

#### **Beneficios**

- Establecer el estándar para limpiezas futuras (grado de limpieza a cumplir).
- Un ambiente de trabajo más seguro y más comfortable.
- Aumenta la vida útil de equipos e instalaciones.
- Mejor apariencia del lugar de trabajo.
- Aumenta la motivación en los trabajadores.
- Disminuye la probabilidad de contraer enfermedades por la suciedad.
- Áreas de trabajo despejadas, solo quedarán los materiales necesarios.

#### iv) SEIKETSU (“Estandarizar”)

En esta etapa se tiende a conservar lo que se ha logrado, aplicando estándares a la práctica de las tres primeras “S”. Este cuarto principio está fuertemente relacionado con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones. Se trata de estabilizar el funcionamiento de todas las reglas definidas en las etapas precedentes, con un mejoramiento y una evolución de la limpieza, ratificando todo lo que se ha realizado y aprobado anteriormente, con lo cual se hace un balance de esta etapa y se obtiene una reflexión acerca de los elementos encontrados para poder darle una solución.

Es importante generar estándares de limpieza e inspección propios, es decir por las personas que realizan la limpieza; además se deben generar normas de limpieza, en las que debe constar como se debe realizar el trabajo, el tiempo de duración, medidas de seguridad, y el procedimiento que se debe seguir al encontrar alguna anomalía; también se debe dar un entrenamiento a las personas encargadas de mantener el estado de limpieza obtenido por la implementación de las primeras 3 “s”, ya que el objetivo es mejorar y alcanzar nuevos estándares no decaer.

Algunos pasos para lograr mantener los estándares de limpieza se resumen a continuación:

1. Se debe mantener lo que se ha logrado con la implantación de las 3 primeras “s”.
2. Evitar ensuciar, crear el hábito de utilizar los basureros, además de dejar el área de trabajo limpia al final de la jornada e incluso durante las horas de trabajo.
3. Cada trabajador debe tener designada sus tareas diarias de limpieza, ya que ellos son los directamente involucrados y beneficiados de un lugar ordenado y limpio, lo óptimo sería que se vuelva una rutina estas tareas de limpieza.
4. Dentro de mantener una limpieza diaria, se la puede realizar cada 5 minutos en intervalos de 3 horas o de acuerdo cuando se la necesita, el



objetivo es mejorar la apariencia del lugar de trabajo además de ganar comodidad con un área limpia y ordenada.

5. La administración debe ser partícipe de las actividades, además se debe designar a un responsable de control que haga cumplir las tareas de limpieza, de manera que el cambio sea permanente.

### **Beneficios**

Entre los beneficios que tenemos de la aplicación de la cuarta “s” (Seiketsu) tenemos:

- Se mantiene la moral y la motivación alta de los empleados.
- Con el lugar ordenado y limpio se puede visualizar de mejor manera los materiales, herramientas, máquinas y en el caso de que se presente una anomalía o defecto se lo puede corregir con prontitud.
- Al iniciar la jornada de trabajo todas las herramientas o materiales a emplear se encuentran en su lugar designado, debido a que el día anterior se guardó en su respectivo lugar y en buenas condiciones.
- Reduce el riesgo de contraer enfermedades ocasionados por el polvo y la suciedad.
- Aumenta la productividad en el desarrollo de las actividades.

### **v) SHITSUKE (“Disciplina”)**

En Acuña (2010, sostiene que la práctica de la disciplina pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares e implica control periódico, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás para tener una mejor calidad de vida laboral. En lo que se refiere a la aplicación de las 5”s”, la disciplina es importante porque sin ella, la implantación de las cuatro primeras “s” se deteriora rápidamente. La disciplina no es claramente visible y no puede medirse objetivamente a diferencia de los otros principios que se explicaron anteriormente. Existe en la mente y en la voluntad de las personas y solo la conducta demuestra la presencia, sin embargo, se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina.



La disciplina significa convertir en un hábito las actividades establecidas en las 4"s" anteriores, respetando y cumpliendo las normas y estándares establecidos, además Shitsuke es el medio entre 5"s" y Kaizen, ya que a través de la aplicación del ciclo PHRA se puede lograr de manera eficaz la disciplina.

Para lograr Shitsuke implica controlar el cumplimiento de las actividades planificadas, para lo cual se requiere la participación de cada empleado realizar su respectivo autocontrol; debe existir transparencia en la información, buena comunicación y respeto hacia sí mismo y a los demás en la empresa.

La Autodisciplina según Dorbessan, (2006) citado por Rodríguez (2013) se la puede practicar de la siguiente manera:

- Colocando los desperdicios en los lugares correspondientes.
- Luego de utilizar las herramientas o materiales colocarlos en su lugar y verificar que se guarden en óptimas condiciones.
- Una vez terminada la jornada o una actividad específica dejar el lugar limpio y ordenado.
- Dar a conocer las normas del lugar de trabajo en el caso de empleados nuevos inculcando la transparencia y comunicación en la información.
- Predicar con el ejemplo hacia los compañeros.
- En el caso de incumplimientos tratar de resolver con prontitud.
- Conservar un ambiente en donde prevalezca el trabajo en equipo, la solidaridad, el respeto y la cooperación.

### **Beneficios**

Entre los beneficios que obtenemos al implementar la autodisciplina como último paso de la metodología 5S tenemos:

- Aumenta la moral entre los trabajadores.
- El lugar de trabajo se convierte en un lugar digno de trabajar, y donde aumenta la satisfacción de sus empleados por un ambiente saludable, de respeto, compromiso y colaboración.
- Al igual que trabajadores del área como externos aprecian la calidad de servicio que se puede prestar al observar un lugar de trabajo limpio y ordenado.





- Se pueden mantener e incluso mejorar normas y estándares establecidos.
- Las actividades cotidianas se pueden convertir en hábitos que contribuyan con el cumplimiento de los objetivos a través de la implementación de la filosofía 5S.

## 2.2.2 PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

### 2.2.2.1 CONCEPTO DE PRODUCTIVIDAD

Según Carballal, (2006) citado por Monzón (2009:5), sostiene que:

“En la literatura, podemos encontrar diversas ideas relacionadas con la productividad, que provienen de múltiples organizaciones asociadas con alguna actividad productiva, tales como:

- Agencia Europea de Productividad (EPA):** Productividad es el grado de utilización efectiva de cada elemento de producción. Es sobre todo una actitud mental. Busca la constante mejora de lo que existe ya. Está basada sobre la convicción de que uno puede hacer las cosas mejor hoy que ayer, y mejor mañana que hoy.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT):** Los productos son fabricados como resultados de la integración de cuatro elementos principales: tierra, capital, trabajo y organización. La relación de estos elementos a la producción es una medida de la productividad.”

Por otra parte, para Puente (2006) citado por Monzón (2009:6) la productividad “(...) es un resultado, es la derivación de hacer las cosas de una determinada manera y para esto es necesario saber qué hacer, tener la tecnología y practicar eficazmente la técnica. La productividad no es una herramienta sino una consecuencia del uso de ellas.”

También se encuentran en la literatura conceptos emanados de entidades ligadas con actividades productivas con fuerte dominio de la mano de obra como la construcción (Monzón, (2009:6):



“**Benjamín Niebel**, en su libro “Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo” escribe: la productividad se refiere al incremento de la producción por horas de trabajo o por tiempo gastado. Como base fundamental para el mejoramiento de la productividad se encuentran los recursos humanos, ya que estos son el capital más importante de toda la empresa. (Alpuche, 2004).

Para la industria de la construcción productividad se conceptualiza como “la medición de la eficiencia con la que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y un estándar de calidad dado” (Serpell, 2002).

Otro autor señala que la productividad es el intento de medir la efectividad y eficacia con la cual las habilidades de gestión, los trabajadores, materiales, equipo, herramientas y el espacio de trabajo son empleados en actividades de construcción para producir edificaciones, plantas, estructuras, u otras instalaciones fijas en el menor costo factible (Oglesby, Parker, & Howell, 1989).”

De las citas mencionadas, productividad tiene diferentes significados, dependiendo del tema que es objeto de estudio.

Para la presente investigación, es de interés el significado desde el punto de vista de la industria de la construcción, donde Casanova, (2002:17) mencionó que la productividad puede también puede ser definida “(...) como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema”; que es lo que busca continuamente la industria de la construcción.

Botero y Álvarez, (2004) explicaron que un sistema productivo como la construcción, tiene como característica principal la transformación de recursos, los que podemos subdividir en tres grupos principales: materiales, maquinaria o equipos, y mano de obra. Se puede hablar entonces de diferentes clases de productividad en un proyecto de construcción si separamos los recursos considerados:

- a. **Productividad de los Materiales:** es importante pues su objetivo es controlar los costos minimizando las pérdidas para no exceder lo presupuestado en el cálculo del proyecto.
- b. **Productividad de Maquinaria o Equipos:** el alto costo que representa obliga a racionalizar el uso en el transcurso del proyecto, tratando de evitar los tiempos muertos y el estancamiento de las tareas que dependen de maquinaria o equipos.
- c. **Productividad Laboral o de Mano de Obra:** este es un factor fundamental ya que normalmente es el recurso que determina el ritmo de trabajo de la construcción del cual depende la productividad de otros recursos, y es el objeto de estudio de la presente tesis.

#### 2.2.2.2 PRODUCTIVIDAD LABORAL O DE LA MANO DE OBRA

López (2007), explicó que la productividad en materiales y máquinas está dada como parte de sus características técnicas por lo que su rendimiento en el trabajo es conocido y comúnmente fácil de proyectar. No así con la mano de obra, en el recurso humano y su desempeño se debe considerar una amplia diversidad de factores.

Entonces el participante más importante en un proyecto de construcción; es el trabajador, aquella persona que labora directamente en un proceso constructivo de una obra, es decir: encofradores, concreteros, albañiles, pintores entre otros.

La productividad laboral, es una relación entre la producción y la mano de obra ocupada y refleja que tan bien se está utilizando dicha mano de obra en el proceso productivo. Martínez (1995).

Aplicado a la mano de obra, la productividad es representada por la siguiente fórmula:

$$Productividad\ M.O. = \frac{Avances\ de\ Obra}{Horas\ hombre} \quad \text{Fórmula (2.1)}$$

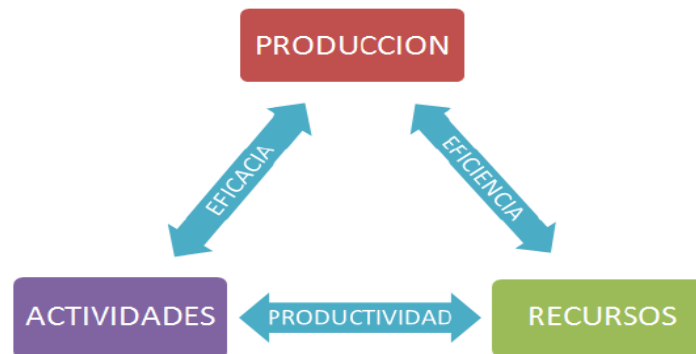
Entonces, la productividad laboral o de mano de obra es la medición que relaciona lo producido (avances de obra) por unidad de tiempo, generalmente expresado en horas hombre (h-h). Por ejemplo, las horas hombre utilizadas en colocar cierta cantidad de hormigón (h-h/m<sup>3</sup>).

De lo anterior se desprende que la productividad laboral actúa en términos de mano de obra, es sinónimo de rendimiento.

Si bien es cierto, en los últimos años, constantemente se hace referencia a la productividad en la industria de la construcción, en algunos casos este concepto es confundido con otros como el de producción, eficiencia, eficacia, entre otros, los cuales convenientemente serán definidos a continuación. López (2007) citado por Monzón (2009:11):

- i. **Producción:** es la cantidad de bienes o servicios elaborados por un sistema productivo, en construcción es la cuantificación de los avances de obra (ml, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, kg, entre otros).
- ii. **Actividades:** es un conjunto de acciones que se llevan a cabo para el cumplimiento de un objetivo por medio de diversos procesos (hormigonado, encofrado, aseo, entre otros).
- iii. **Recurso:** es el conjunto de personas, bienes financieros y técnicos con que se cuenta y utilizan para lograr un objetivo (mano de obra, materiales y maquinaria)
- iv. **Eficiencia:** es la capacidad para conseguir un objetivo aprovechando de la mejor manera posible los medios disponibles, en la industria de la construcción es utilizar en forma óptima los recursos.
- v. **Eficacia:** es la capacidad de lograr lo que nos proponemos, está relacionado con los resultados, es decir con el nivel de consecución de un objetivo. En la industria de la construcción puede ser grado cumplimiento de programas o plazos.
- vi. **Productividad:** es la medición de cuán bien se utilizan los recursos en un sistema productivo.

La interacción de los conceptos vistos anteriormente en un sistema productivo se muestra en la figura 2.15



**Figura 2.15:** Interacción en un sistema productivo

**Fuente:** Monzón (2009:11)

Los términos productividad y producción no son equivalentes, en el ejemplo siguiente se diferencian ambos conceptos:

“Es posible que un contratista pueda alcanzar el 100% de su producción, pero no lograr la productividad planeada. Por ejemplo, un contratista podría lograr el ritmo de producción de 300 metros lineales de tubería por día, pero tuvo que gastar el doble de horas hombre para cumplir con la cantidad de producción diaria. En este caso, el contratista ha logrado el 100% de su producción, pero la faena se desempeñó con 50% de productividad”. Monzón (2009:11)

### 2.2.2.3 MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL

Los métodos más comunes de medición de productividad implican mecanismos de seguimiento a la mano de obra. Para un control eficaz en un proyecto de construcción, es indispensable medir el trabajo, ningún control e implementación de mejoras puede llevarse a cabo sin una adecuada medición

Los métodos de medición de productividad en la construcción son descritos y clasificados en cuatro categorías por W. Schwartzkopf en su libro “Calculating Lost Labor Productivity in Construction Claims” (2004) citado por Monzón (2009:15), de la siguiente manera:



1. **Método directo:** Existen dos formas de proceder en el método directo.
  - i) **Porcentaje de trabajo terminado:** en este método, periódicamente se efectúa una estimación del porcentaje (usualmente es semanal o mensual) de los avances de obra por cada ítem de trabajo completo, la ventaja de usar este método es su simplicidad y el bajo esfuerzo necesario para su ejecución. Sin embargo, no entrega una medición uniforme o fiable ya que el porcentaje de unidades de trabajo dependerá de la apreciación de un individuo, además se generan complicaciones al momento de definir porcentajes de avances para tareas parcialmente completas, lo que pueden generar variaciones significativas entre periodo y periodo de medición.
  - ii) **Cantidad física de trabajo terminado:** Este método es más detallado y pueden ser el método más preciso. En este método, los avances físicos de obra son medidos o contabilizados constantemente pero aún puede padecer el inconveniente de cómo determinar la cantidad avanzada en trabajos parcialmente completados. El problema más grande de este método es el personal y el esfuerzo constante requerido para medir y para no perder de vista los avances ejecutados. Esto puede ser un problema mayor si los capataces o supervisores de terreno son la fuente de los datos, por lo que es necesario proporcionar alguna garantía de calidad o algún control técnico para verificar los datos, de esta manera evitar vacíos o un involuntario doble conteo de los datos.
2. **Método de muestras de trabajo:** Este método es una técnica en la que un gran número de observaciones son hechas a los trabajadores para determinar lo que están haciendo en cualquier punto de la jornada, y el porcentaje de observaciones que representen a los trabajos realizados, actúa como el porcentaje de tiempo en que se es productivo, las variaciones porcentuales entre periodos de observación proporcionan una relativa medición de la productividad.

Este método categoriza el trabajo en tres grupos, la definición típica para cada uno es la siguiente:



- i) **Trabajo Directo o Trabajo Productivo:** es el que aporta valor a la actividad y contribuye en forma directa al avance físico de la obra.

Ejemplo: Colocación de ladrillos, pintado de muros, colocación de acero, excavaciones para fundaciones, entre otros.

- ii) **Trabajo de Apoyo o Trabajo Contributivo:** es aquel trabajo de cooperación que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo.

Ejemplo: Transporte de materiales o herramientas, desplazamientos desde y hacia los puntos de trabajo, recepción de instrucciones, orden y aseo.

- iii) **Retrasos o Trabajo no contributivo:** aquellas acciones que no corresponden a ninguna de las categorías anteriores.

Ejemplo: Ocio, interrupción de trabajo no autorizada, actividades de carácter personal, entre otros.

Una alta presencia de trabajo directo o productivo no necesariamente se traduce en un buen rendimiento o en una alta tasa de productividad, esto debido a variaciones en los niveles de habilidad de los trabajadores, métodos de trabajo, y los tipos de herramientas y equipos usados. Sin embargo este método ha sido estudiado y ha resultado ser un buen pronosticador de la productividad.

3. **Método de cuestionarios:** Los cuestionarios están dirigidos a temas como la percepción de retrasos, la escasez de materiales y herramientas, la supervisión y capacidad de gestión, la motivación y los factores de desmotivación, el ausentismo, el comportamiento de los maestros e identificación de los problemas del personal (Borcherding & Chang, 1985).

El método del cuestionario es realizado diariamente usando un formulario estándar, comúnmente completado por mano de obra calificada. Los formularios más exitosos enumeran las causas más comunes de retrasos, facilitando el uso del mismo y promueve un reporte consistente. El formulario puede tener espacios en blanco que puedan ser rellenados.

Utilizando los cuestionarios en forma rutinaria se puede proporcionar

información de gestión que el contratista puede utilizar para resolver o minimizar los problemas reales de la obra. También proporciona un medio para que la mano de obra pueda compartir sus opiniones y experiencias. Esto puede adicionalmente proporcionar información sobre las pérdidas de productividad y a su vez, generar una gran motivación y satisfacción con el trabajo.

4. **Método del valor ganado (EVM):** Este método se utiliza comúnmente para la medición del desempeño e integra las mediciones del alcance del proyecto, costo y programa para evaluar y medir el desempeño y el avance del proyecto. Este método utiliza tres valores básicos:
- i) **Valor planeado:** es el costo presupuestado del trabajo planificado para una actividad o del total del proyecto en un momento determinado.
  - ii) **Valor Ganado:** es el costo presupuestado del trabajo realmente ejecutado para una actividad o del total del proyecto en un momento determinado.
  - iii) **Costo Real:** es el costo del trabajo ejecutado, para una actividad o del total del proyecto en un momento determinado.

Esta técnica de control de proyectos requiere la constitución de una línea base de recursos con respecto a la cual se puede medir el desempeño durante la ejecución del proyecto.

#### 2.2.2.4 FACTORES QUE CAUSAN PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL

En la presente investigación se considera necesario hablar de pérdidas ya que estas serán siempre el reflejo de una productividad deficiente, es decir si se las cuantificara se podría correlacionar los resultados como parámetro de medida de la productividad; por ejemplo a mayor pérdida menor productividad, pero este no será el caso en la presente.

Entonces, es necesario conocer la definición de pérdidas bajo el enfoque del Lean Construction:



“En la filosofía Lean, el concepto de pérdidas está directamente asociada con el uso de los recursos que no añaden valor al producto final. Esto significa que hay dos enfoques para mejorar los procesos, una de ellas es mejorar la eficiencia de actividades que agregan valor y la otra es eliminar los residuos mediante la eliminación de actividades que no agregan valor.” Rodríguez, (2013:16).

Para Botero (2004) existe gran cantidad de factores que afectan de diferentes formas la productividad en los proyectos de construcción, especialmente cuando se habla de mano de obra, pues los costos extras que pueden llegar a implicar ponen en riesgo la rentabilidad del proyecto. El profesional encargado de la administración de la obra, debe conocer cuáles de ellos son positivos y cuales negativos, para actuar sobre los últimos y disminuir o eliminar su efecto.

En la figura 2.16 se muestra los 7 principales tipos de desperdicios (pérdidas), además de una descripción para reconocerlos durante los procesos de producción; es importante tenerlos en cuenta porque son los principales desperdicios que repetidamente se presentan en el desarrollo y ejecución de un proyecto.



**Figura 2.16:** Tipos de desperdicios.

**Fuente:** Yagüe (2011), citado por Rodríguez (2013:18)

Por otro lado, Serpell (2002), clasifica las causas que generan pérdidas en la productividad en siete categorías como se muestran en la figura 2.17.



**Figura 2.17:** Causas de pérdidas en la productividad.

**Fuente:** Serpell, (2002).

Botero (2004) citado por Rodríguez (2013:19) define las causas de estas pérdidas dando a conocer cuáles son los factores que las determinan:

**a. Problemas de diseño.**

Se dan por grandes deficiencias en la interface ingeniería-construcción por ejemplo: atraso en el diseño.

**b. Deficiente administración.**

Factores que provocan deficientes administraciones:

- Alta relación de obreros por número de capataces, lo cual genera una pobre supervisión de las actividades.
- Organizaciones mal diseñadas que reflejan problemas de comunicación en la obra, en todos los niveles.
- Realización de la planificación de la obra por personas sin los conocimientos necesarios para ello.
- Administraciones bajo el esquema de apagar incendios, es decir, más reactivas que preventivas.



**c. Método de trabajo inadecuado.**

Deficiencias en aspectos como:

- Mala utilización de los recursos, como cuadrillas sobredimensionadas, maquinaria y equipos subutilizados y materiales desperdiciados.
- Utilización de tecnologías inapropiadas para realizar las actividades.
- No evaluación de alternativas más eficientes para la ejecución de trabajos.
- Falta de registros de experiencias anteriores que permitan el aprovechamiento de errores pasados que evitan su nueva ocurrencia.

**d. Problemas del recurso humano.**

Las principales causas que originen los problemas del recurso humano:

- Empirismo y pobre capacitación, que se traduce en problemas de calidad, repetición y lentitud en la ejecución de las operaciones de construcción.
- Problemas de inseguridad en la obra, que afectan las condiciones para el normal desarrollo de las actividades.
- Poca motivación del personal, debido a la falta de incentivos, a la alta rotación y la poca gestión del recurso humano en las obras.

**e. Problemas de seguridad.**

Se da cuando los administradores de obra no mantienen sistemas adecuados de protección del personal, que se reflejan en altas tasas de accidentabilidad que causan pérdidas en el campo personal y disminuyen la productividad en la obra.

**f. Sistemas de control deficientes.**

- No se mide la productividad, lo cual impide enfocar las acciones correctivas para este fin.



- La información presentada es en muchos casos poco oportuna, lo que no permite acciones de corrección inmediatas.
- Las responsabilidades no se identifican claramente en caso de pobres o altos desempeños.
- Se enfatiza en el control de las actividades que sobrepasan el presupuesto, desperdiciando oportunidades de mejoramiento en todas aquellas que se encuentren dentro de lo presupuestado.

**g. Deficientes grupos y actividades de apoyo.**

- Recursos insuficientes, debido a problemas de presupuesto o por subestimación de los costos reales.
- Recursos no disponibles por problemas en la planificación de las adquisiciones.
- Deficiente función administrativa en el control de almacenes, bodegas e inventarios.
- Inadecuado control de los recursos, especialmente aquellos escasos y costosos.
- Equipos que presentan dificultades en su funcionamiento, debido al escaso mantenimiento.
- Inadecuada distribución de las instalaciones provisionales de los proyectos, lo cual causa problemas de transportes, almacenamiento y circulaciones.

## 2.3 INVESTIGACIÓN ACTUAL

Botero y Álvarez (2004: 54), en su publicación: “Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean Construction como estrategia de mejoramiento)”. Hacen referencia a un reporte comparativo del tiempo de trabajo en diferentes países de Sudamérica:

**Tabla 2.5:** Desempeño de proyectos de acuerdo con la distribución del trabajo.

<b>ESTUDIO</b>	<b>TP</b>	<b>TC</b>	<b>TNC</b>
<b>ÓPTIMO</b> Teórico	60%	25%	15%
<b>NORMAL</b> Teórico	55%	25%	20%
<b>CHILE</b> Serpell, 2002	38%	36%	26%
<b>CHILE</b> Serpell, et ál., 1995	47%	28%	25%
<b>COLOMBIA</b> Botero 2002	49%	28%	23%
<b>PERÚ</b> Ghío, et ál., 2001	28%	36%	36%
<b>PERÚ</b> Morales y Galeas, 2006	32%	43%	25%

**Fuente:** Adaptado de Botero y Álvarez (2004).

De donde Ghío (2001: 187) sostiene que “es de suma importancia comprender que con los niveles productivos promedio del orden del 28% no podremos despegar hacia un crecimiento sostenido.”

## 2.4 MARCO CONCEPTUAL

### APLICACIÓN

Es el efecto de emplear alguna cosa para mejor conseguir un determinado fin, es poner una cosa sobre otra o en contacto de otra.

### CARTA BALANCE

La carta Balance es una herramienta que a partir de datos estadísticos, describe de forma detallada el proceso de una actividad para así buscar su optimización

### EDIFICACIONES

Obra construida para habitación o para usos análogos; como casa, templo, teatro, entre otros.



## **ELEMENTO ESTRUCTURAL**

Un elemento estructural es cada una de las partes que constituye una estructura y que posee una función resistente dentro del conjunto o edificación.

## **MANO DE OBRA**

Esfuerzo tanto físico como mental que se aplica durante el proceso de elaboración de un bien

## **LEAN**

Es un sistema y filosofía de mejoramiento de procesos de manufactura y servicios basado en la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor al proceso. Permitiendo alcanzar resultados inmediatos en la productividad y rentabilidad del proyecto

## **LEAN CONSTRUCTION**

Es una nueva filosofía que se aplica al sector de la construcción cuyo objetivo fundamental es maximizar el valor y reducir las actividades que no agregan valor al producto final.

## **PRODUCTIVIDAD**

Es 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. Es la capacidad de una organización para agregar valor a los recursos que consume. Es hacer más (productos y servicios) con menos recursos. Es la utilización efectiva de los recursos (insumos) al producir bienes (productos) y/o servicios.

## **PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA**

Relación del producto que se ha logrado, con los recursos humanos que han sido necesarios emplear para obtenerlo.

## **VIVIENDAS MULTIFAMILIARES**

Edificios residenciales divididos en departamentos. Destinado generalmente a la población de clase media

## **2.5 HIPÓTESIS**

### **2.5.1 HIPÓTESIS GENERAL.**

La aplicación de la filosofía Lean Construction, presenta efecto positivo en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

### **2.5.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

#### **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1**

La metodología de las 5 “s” de la filosofía Lean Construction permite reducir las principales fuentes de pérdidas, al ser aplicado en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

#### **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2**

Las pérdidas disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

#### **HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3**

El trabajo productivo presenta impacto positivo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

## **2.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES**

Cada variable que se ha identificado se ha definido de acuerdo a la información obtenida de los diferentes autores mencionados en los aspectos teóricos pertinentes referente a la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas,



placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco, donde se observa claramente que se tiene dos variables:

- a) Aplicación de la filosofía Lean Construction.
- b) Productividad de la mano de obra.

Para clasificar estas dos variables identificadas en dependiente e independiente, nos apoyamos en **Sergio Carrasco** que en su libro: Metodología de la Investigación Científica (2009:223) señala que las variables dependientes “son aquellas que reciben la influencia, el efecto, o son consecuencia de otras variables o situaciones fácticas, es decir son las que se explican en función a otras”, en tanto que, las variables independientes “son las que ejercen influencia o causan efecto o determinan a otras variables llamadas dependientes; y, son las que permiten explicar a estas”.

### **2.6.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Aplicación de la filosofía Lean Construction.

#### **INDICADORES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE**

Pérdidas en la mano de obra.

### **2.6.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Productividad de la mano de obra.

#### **INDICADORES DE LA VARIABLE DEPENDIENTE**

- a. Trabajo productivo.
- b. Trabajo contributivo.
- c. Trabajo no contributivo.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1 SEGÚN OBJETO DE ANÁLISIS

Es **cuantitativo**, debido a que las variables de estudio presentan atributos cuantitativos.

Según **Hernández Sampieri, Fernández C. y Baptista I.**, en su libro: Metodología de la Investigación (2014: 4) sugiere que la presente investigación es cuantitativa porque “usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.”

##### 3.1.2 SEGÚN EL PROPÓSITO DE INCREMENTAR CONOCIMIENTO

Esta investigación genera conocimientos de tipo **aplicada** porque resuelve problemas prácticos.

Esta afirmación se basa en el enunciado sobre “investigación aplicada” que hace **Sergio Carrasco** en su libro: Metodología de la Investigación Científica. (2009: 43) donde señala que “esta investigación se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad.”

##### 3.1.3 SEGÚN EL ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene alcance **Descriptiva**; porque para **Hernández, et al.**, en su libro: Metodología de la Investigación (2014: 92) una investigación es descriptiva cuando “busca especificar las propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población.”

## 3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio tiene diseño de investigación tipo **experimental**, de **corte pre-experimental**; porque según **Hernández, et al.**, en su libro: Metodología de la Investigación (2014: 130 y 141) refiere al diseño de investigación experimental como “situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)” y de corte pre-experimental porque “tienen grado de control mínimo”.

DIAGRAMA O ESQUEMA: Con un solo grupo de observación

G            O<sub>1</sub>            X            O<sub>2</sub>

Dónde:

G: Grupo de sujetos o casos.

O<sub>1</sub>: Observación inicial (Antes de la aplicación de la metodología)

X: Aplicación de la metodología.

O<sub>2</sub>: Observación final (Después de la aplicación de la metodología)

## 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

Según **Hernández, et al.**, en su libro: Metodología de la Investigación (2014: 173) sostiene que “(...) lo primero que hay que hacer es definir la **unidad de muestreo/análisis** (individuos, organizaciones, periodos, comunidades, situaciones, eventos, etc.). Una vez definida la unidad de análisis se delimita la población.”

La unidad de análisis de la presente investigación es la “mano de obra”.

**Sergio Carrasco** en su libro: Metodología de la Investigación Científica. (2009, pág.236-237) sostiene que población “es el conjunto de todos los

elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación.”

La población de trabajo que considera la presente investigación, es el conjunto de individuos que integraron las cuadrillas en los procesos constructivos de los elementos estructurales del “casco estructural” de la edificación de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco. Que según lo presupuestado y planificado, contó con:

- 6 operarios.
- 9 oficiales.
- 5 peones.

Entonces, la población que considera esta investigación es:  $N=20$  obreros.

### 3.3.2 MUESTRA Y MÉTODO DE MUESTREO

#### 3.3.2.1 MUESTRA

**Sergio Carrasco** en su libro: Metodología de la Investigación Científica. (2009: 237) sostiene que muestra es “una parte o fragmento representativo de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población”

Según **Francisco Charaja** en su libro: El MAPIC en la Metodología de la Investigación (2011: 112) para determinar el tamaño de muestra se utiliza la “Aplicación de una formula.- Hay casos en que la población es muy grande y no podemos hallar la muestra respectiva en la Tabla de Fisher ni tampoco podemos tomar el 40%, como nos sugiere Mendoza (1999:156)...”.

En estos casos recomienda aplicar la siguiente formula:

$$n = \frac{Z^2 p (1-p) N}{\varepsilon^2 (N-1) + Z^2 p (1-p)} \quad (\text{Fórmula 3.1})$$

Dónde:

$n$  : Tamaño de la muestra.

$N$ : Población = 20

Z: Valor estándar del nivel de confianza = 1.96

$\varepsilon$  : Margen de error = 5% = 0.05

p: Valor supuesto de éxito 50% = 0.5

Estos valores son sustentados por Francisco Charaja:

El valor de Z es de 1.96 siempre y cuando que el nivel de confianza sea del 95% y el margen de error ( $\varepsilon$ ) sea de 0.05 (5%), pero si el nivel de confianza es del 99%, el valor de Z será de 2.58, lo que corresponde a un margen de error ( $\varepsilon$ ) de 0.01 (1%). La Z es el valor estándar del nivel de confianza. (Charaja, 2011, pág.112)

Reemplazando valores tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2 0.5 (1 - 0.5) 20}{(0.05)^2 (20 - 1) + 1.96^2 0.5 (1 - 0.5)}$$

$$n = 19.1 \cong 20$$

Por otra parte, según **Hernández, et al.**, en su libro: Metodología de la Investigación (2014:188) el tamaño mínimo de muestra en investigaciones cuantitativas para estudios experimentales es de “15 por grupo”.

Por su diseño metodológico, esta investigación toma en cuenta un solo grupo, por consiguiente el tamaño de muestra debería estar conformado por 15 obreros, pero, como la población es pequeña y para mayor confiabilidad se tomó en cuenta el total de la población.

### 3.3.2.2 MÉTODO DE MUESTREO

Muestreo no probabilístico o dirigida por conveniencia.

Según **Hernández, et al.**, en su libro: Metodología de la Investigación (2014:190) que la ventaja de un muestreo no probabilístico “(...) —desde la visión cuantitativa— es su utilidad para determinado diseño de estudio que requiere no tanto una “representatividad” de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema.”



### 3.3.2.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

#### **Aplicación de la filosofía Lean Construction.**

Metodología elegida de la filosofía Lean Construction para calcular las pérdidas de la mano de obra en:

- Partidas de acero en columnas.
- Partidas de acero en placas.
- Partidas de acero en vigas.
- Partidas de acero en losas aligeradas.
- Partidas de encofrado en columnas.
- Partidas de encofrado en placas.
- Partidas de encofrado en vigas.
- Partidas de encofrado en losas aligeradas.
- Partidas de concreto en columnas.
- Partidas de concreto en placas.
- Partidas de concreto en vigas.
- Partidas de concreto en losas aligeradas.

#### **Productividad de la mano de obra.**

Trabajo productivo realizado por obreros en:

- Partidas de acero en columnas.
- Partidas de acero en placas.
- Partidas de acero en vigas.
- Partidas de acero en losas aligeradas.
- Partidas de encofrado en columnas.
- Partidas de encofrado en placas.
- Partidas de encofrado en vigas.
- Partidas de encofrado en losas aligeradas.
- Partidas de concreto en columnas.
- Partidas de concreto en placas.
- Partidas de concreto en vigas.
- Partidas de concreto en losas aligeradas.

### 3.4 INSTRUMENTOS

**Sergio Carrasco** en su libro: Metodología de la Investigación Científica (2009: 282 y 314) sostiene que “(...) la observación se define como el proceso sistemático de obtención, recopilación y registro de datos empíricos de un objeto, un suceso, un acontecimiento o conducta humana con el propósito de procesarlo y convertirlo en información” y “(...) la encuesta puede definirse como una técnica de investigación (...) para la indagación, exploración y recolección de datos, mediante preguntas formuladas directa o indirectamente a los sujetos que constituyen la unidad de análisis del estudio investigativo”, respectivamente. Cuando la encuesta se realiza “(...) cara a cara, entre encuestador y el encuestado se denomina entrevista, y cuando se realiza mediante instrumentos se denomina cuestionario (...)”

En consecuencia, esta investigación utiliza la “encuesta por entrevista” y “ficha de observación” como instrumentos de recolección de datos.

### 3.5 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la presente investigación, las técnicas utilizadas para la recolección de datos para cada variable, son:

VARIABLE INDEPENDIENTE: Aplicación de la filosofía Lean Construction.

La técnica adoptada para esta variable, es el de **encuesta por entrevista** (“Identificación de pérdidas”) para evaluar el escenario, en la edificación, en la fase de pre-aplicación de la metodología de las 5 “s”, metodología seleccionada del Lean Construction; y, **una ficha de observación** (“Check List 5 “s”) para verificar el impacto de la aplicación de la metodología 5 “s” del Lean Construction.

Se empleó la encuesta a través de la entrevista que es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a los interrogantes planteadas sobre el problema propuesto; se realizó de esta manera debido a que los entrevistados estaban ocupados en sus frentes de trabajo; y, además se ahorra tiempo y se obtiene información más completa, ya que se tiene la

oportunidad de aclarar alguna interpretación errónea de alguna interrogante.

VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad de la mano de obra.

Para esta variable, para evaluar la productividad de la mano de obra en la pre y post aplicación de la metodología de las 5 “s” del Lean Construction, se utiliza **una ficha de observación** (“Carta Balance”)

### **3.5.1 VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**

Esta investigación se apoya en instrumentos validados por otros autores que investigaron temas relacionados con el Lean Construction, Productividad o pérdidas de la mano de obra, es así que Rodríguez (2013), utilizó los instrumentos: “Identificación de pérdidas”, “Check List 5”s” y “Carta Balance” para la recolección de datos en su investigación; entonces para validar estos instrumentos nos apoyamos en lo enunciado por Rodríguez (2013:65): “El diseño y estructura tanto de la encuesta como de la ficha de observación se los realizó basándose en el libro de Luis Fernando Botero (2004) “Análisis de procesos y filosofía Lean Construction”, sección 4.5, y Virgilio Ghío Castillo (2001) “Productividad en Obras en Construction”, sección 2.7”.

## **3.6 PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

### **3.6.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

Para el procesamiento de los datos se utilizó software de estadísticos aplicativos, tales como el SPSS versión 21. Para la presentación de tablas y gráficos finales, se exportaron indistintamente a los aplicativos de Microsoft Office (Excel, Word y Power Point), dada la flexibilidad y los mejores acabados en la presentación del informe final.

### **3.6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis estadístico se realiza para someter a prueba estadísticamente las hipótesis planteadas. Entonces, es necesario conocer algunos conceptos sobre análisis estadístico:



#### - PRUEBA ESTADÍSTICA

Según Hernández, et al., (2014: 299), una prueba estadística, es la estadística para probar hipótesis, es una forma de evaluar la evidencia que los datos proporcionan para probar una hipótesis.

#### - NIVEL DE SIGNIFICANCIA

Nivel de la probabilidad de equivocarse y que fija de manera a priori el investigador.

#### - HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN (Hi)

Hernández, et al., (2014:107), sostiene que “es la hipótesis que expresa el objetivo del investigador”.

#### - HIPÓTESIS ESTADÍSTICA

Para Vargas (2008: 55) “es una afirmación acerca de un parámetro poblacional, hecho con el propósito de ponerlo a prueba.”.

Para probar la hipótesis estadística se plantea dos hipótesis: nula y alterna:

- **HIPOTESIS NULA (Ho)**, es el status quo o estado actual (lo que se cree hasta el momento), o la que asegura que no hay diferencias en la población. Es la hipótesis de no efecto.
- **HIPOTESIS ALTERNA (Ha)**, es lo opuesto a la hipótesis nula; representa el cambio en la población que el investigador espera sea verdadero (bajo Hi).

Las hipótesis nula y alterna se refieren a la misma población.

#### - PRUEBA DE HIPOTESIS

Hernández, et al., (2014: 299) sostiene que “la prueba de hipótesis es determinar si la hipótesis poblacional es congruente con los datos obtenidos en la muestra”. Y para Vargas (2008: 55) “(...) es el procedimiento para mostrar si la afirmación es válida o no”.

En Hernández, et al., (2014: 304):

“Hay dos tipos de análisis estadísticos que pueden realizarse para



probar hipótesis: los análisis paramétricos y los no paramétricos. Cada tipo posee sus características y presuposiciones que lo sustentan; la elección de qué clase de análisis efectuar depende de los supuestos. De igual forma, cabe destacar que en una misma investigación es posible llevar a cabo análisis paramétricos para algunas hipótesis y variables, y análisis no paramétricos para otras. Asimismo, como vimos, los análisis a realizar dependen del planteamiento, tipo de hipótesis y el nivel de medición de las variables que las conforman.”

En el presente estudio, se busca comparar una característica en una población – productividad de la mano de obra – usando una sola muestra, pero en dos circunstancias distintas. Lo que interesa comparar son las diferencias entre dos variables numéricas (antes y después) a un mismo grupo. Y dependiendo de que si la población tiene distribución normal o no normal es que se determina si la prueba es paramétrica o no paramétrica.

Se dice que las pruebas no paramétricas son alternativas a las paramétricas, por ello se considera apropiado establecer la equivalencia entre ambas, tal y como se muestra en la tabla 3.1:

**Tabla 3.1.** Pruebas paramétricas y su alternativa no paramétrica

Muestra	Prueba paramétrica	Prueba no paramétrica
<i>Muestras relacionadas</i>		
2 muestras	t-Student	Wilcoxon
> 2 muestras	ANOVA	Friedman
<i>Muestras independientes</i>		
2 muestras	t-Student	U de Mann-Whitney
> 2 muestras	ANOVA	Kruskal-Wallis

**Fuente:** Berlanga y Rubio (2012)

De la tabla 3.1, se deduce que para la prueba de hipótesis de la presente investigación se utilizó las pruebas de T-Student y W-Wilcoxon, porque son los que mejor describen la correlación de los variables materia de la presente investigación.



#### - PRUEBA DE T-STUDENT

Es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias en una variable. Hernández, et al., (2014: 304).

#### - PRUEBA DE NORMALIDAD

En Hernández, et al., (2014: 300), es aquella prueba estadística que se realiza para determinar si la variable a evaluar tiene distribución normal, que es útil y necesaria cuando se hacen inferencias estadísticas. Existen dos tipos de prueba:

**Kolmogorok – Smirnov** para muestras grandes (> 30 individuos)

**Shapiro Wilk** para muestras pequeñas (< 30 individuos)

Criterio para determinar Normalidad:

**P-valor  $\geq \alpha$ , aceptar  $H_0$**  = Los datos provienen de una distribución **normal**.

**P-valor  $< \alpha$ , aceptar  $H_1$**  = Los datos **no** provienen de una distribución **normal**.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1 ESTUDIO DE CASO: RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO

El proyecto de construcción donde se aplicó la metodología de las 5 “s” del Lean Construction, es en la Residencial Gold San Francisco de la ciudad del Cusco.

##### 4.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

<b>Proyecto:</b>	Vivienda multifamiliar.
<b>Nombre del proyecto:</b>	Residencial Gold San Francisco.
<b>Propietario:</b>	Grupo inmobiliario Los Faros S.A.
<b>Empresa ejecutora:</b>	Grupo Inmobiliario Los Faros S.A.- División Construcción.

##### Datos generales:

##### Ubicación:

Urbanización:	SAN FRANCISCO, Jr. Libertad K-5.
Distrito:	WANCHAQ.
Provincia:	CUSCO.
Región:	CUSCO.

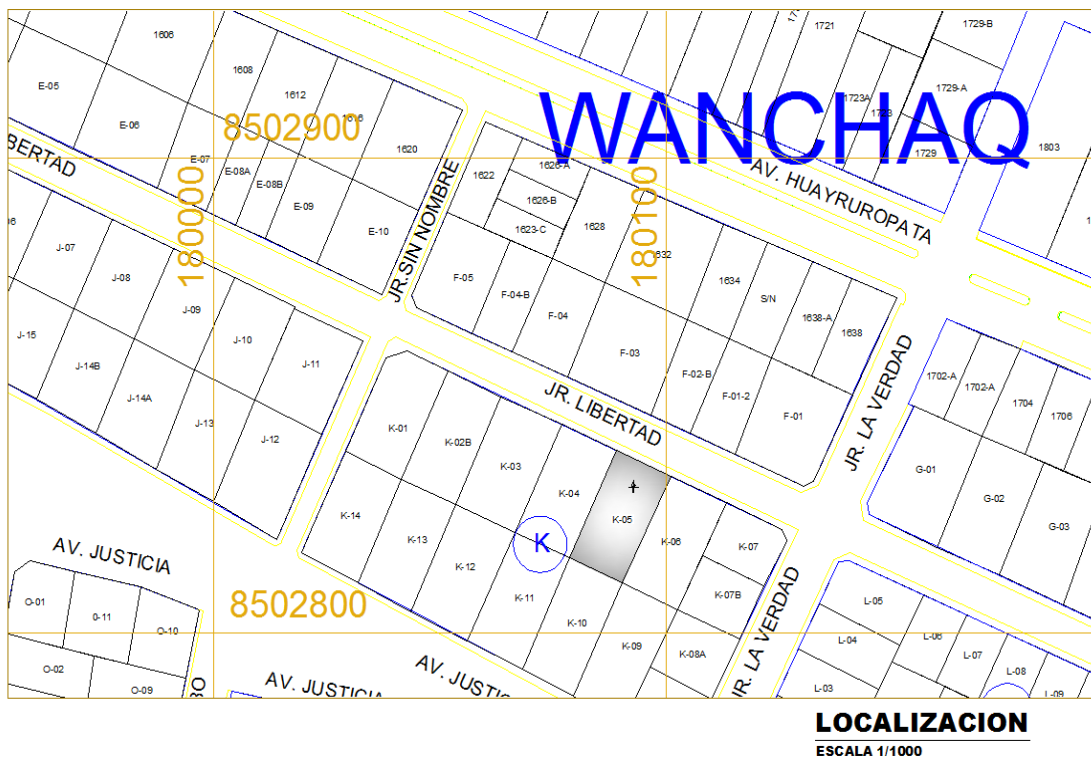
Colinda en ambos extremos con predios residenciales-comerciales. Su fachada exterior dan a la vía pública (Jirón Libertad), de uso peatonal y vehicular, cuyo tránsito vehicular es moderado y fluido.

##### Áreas.

La edificación tiene las áreas consideradas en el proyecto:

Área construida semisótano	235.33 m <sup>2</sup>
Área construida primer nivel	235.33 m <sup>2</sup>
Área construida segundo nivel	270.37 m <sup>2</sup>

Área construida tercer nivel	270.37 m <sup>2</sup>
Área construida cuarto nivel	270.37 m <sup>2</sup>
Área construida quinto nivel	189.61 m <sup>2</sup>
Área construida sexto nivel	189.61 m <sup>2</sup>
Área construida entretecho	111.40 m <sup>2</sup>
<b>ÁREA TOTAL CONSTRUIDA</b>	<b>1772.39 m<sup>2</sup></b>
<b>Área del terreno</b>	<b>294.50 m<sup>2</sup></b>



**Figura 4.1.** Plano de ubicación de la Residencial Gold San Francisco.  
Fuente: Proyecto Residencial Gold San Francisco. (2013)

**Distribución de Ambientes:**

El predio está ubicado en el distrito de Wanchaq, con características de uso residencial de tipo R-5 (Alta densidad), la infraestructura proyectada es de seis niveles más un semisótano. La edificación nueva está conformada por dos bloques separadas por una junta de dilatación, las características constructivas serán de concreto armado aporcado y tiene la siguiente configuración arquitectónica:

TOTAL: 15 DEPARTAMENTOS

### **Semisótano**

Está destinada al área de estacionamientos, área de maniobras, depósitos, cuarto de máquinas, caja de ascensor; se tiene una escalera de evacuación que conduce al primer nivel.

### **Primer Nivel - Departamentos**

- En el primer nivel se ubican los departamentos 101 (vivienda orientada hacia la fachada exterior) y el departamento 102, (vivienda orientada hacia la fachada interior).

### **Segundo, Tercero Y Cuarto Niveles - Departamentos**

- En el segundo nivel se ubican los departamentos 201, 202 (viviendas orientadas hacia la fachada exterior) y 203 (vivienda orientada hacia la fachada interior).
- En el tercer nivel se ubican los departamentos 301, 302 (viviendas orientadas hacia la fachada exterior) y 303 (vivienda orientada hacia la fachada interior).
- En el cuarto nivel se ubican los departamentos 401,402 (viviendas orientadas hacia la fachada exterior) y 403 (vivienda orientada hacia la fachada interior).

### **Quinto Nivel - Departamentos**

- En el quinto nivel se ubican los departamentos 501 y 502 (viviendas orientadas hacia la fachada exterior).

### **Sexto Nivel Y Entretecho - Departamentos Dúplex**

- En el sexto nivel y entretecho se ubican los departamentos 601 y 602 (viviendas orientadas hacia la fachada exterior).

En la figura 4.2, se muestra la simulación de obra terminada del proyecto de viviendas multifamiliares: Residencial Gold San Francisco:



**Figura 4.2.** Simulación de obra terminada.

**Fuente:** Proyecto Residencial Gold San Francisco. (2013)

### **Distribución estructural.**

La distribución estructural adoptada es una estructura aporticada dual y de muros de albañilería con funciones de tabiquería.

El sistema estructural planteado tiene los siguientes componentes estructurales:

- Platea de cimentación.
- Columnas y Placas.
- Vigas y Losas.
- Estructura de techo.

Las cimentaciones están conformadas por platea de cimentación, estas descansan sobre el estrato de suelo resistente, el cual tiene una capacidad portante de 1.50 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad mínima de -2.05 m del nivel de terreno natural.



### **Materiales**

La calidad de los materiales especificada es la siguiente:

- Concreto  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$  para el integro de la estructura, a no ser que se indique lo contrario en casos específicos en los planos del proyecto.
- Acero de refuerzo ASTM 615 con resistencia a la fluencia de  $4200 \text{ kg/cm}^2$ ; acero estructural ASTM A 36 y pernos ASTM A 307.

### **Bases de diseño**

Se ha considerado como código básico para el diseño estructural el Reglamento Nacional de Edificaciones, este reglamento incluye la Norma Técnica E-060 para el concreto armado, la Norma E-030 de Diseño Sismo-Resistente así como la Norma E-020 para la determinación de cargas y sobrecargas y la Norma E-050 para estudio de suelos y cimentaciones.

En conjunto, este reglamento incluye consideraciones detalladas para la carga viva, carga de sismo, métodos aceptados de diseño, cargas de diseño, factores de carga y coeficientes de seguridad para cada uno de los elementos estructurales y de los materiales.

### **Análisis y diseño.**

El análisis de las estructuras se ha realizado por métodos elásticos. Los coeficientes sísmicos se han determinado en base al periodo de vibración de la estructura, a los coeficientes de zona y al tipo de estructuración que corresponde.

El análisis y diseño se ha realizado mediante el programa ETABS versión 9, desarrollado por Computers & Structures Inc. de Berkeley – California.

### **Presupuesto.**

El presupuesto del proyecto de construcción de la Residencial Gold San Francisco, en cuanto a partidas generales, está estructurado de la siguiente forma:

**Tabla 4.1.** Presupuesto con partidas generales de la Residencial Gold San Francisco.**Presupuesto: "Residencial Gold San Francisco"**

Obra : "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
Presupuesto: "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
Ejecuta: GRUPO INMOBILIARIO LOS FAROS SAC - DIVISI3N CONSTRUCCI3N 15/03/2015  
Lugar: CUSCO - CUSCO - WANCHAQ

Item	Descripci3n	Parcial S/.	Parcial H-H S/.
01	ARQUITECTURA	1,399,839.97	504,962.24
02	ESTRUCTURAS	856,069.71	301,207.16
03	INSTALACIONES ELECTRICAS Y MECANICAS	158,514.50	11,070.67
04	INSTALACIONES SANITARIAS	78,840.07	15,768.62
05	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD	68,252.30	11,519.66
06	INSTALACIONES DE GAS	45,784.00	5,625.00
07	INSTALACIONES DE COMUNICACIONES	14,649.00	1,505.30
	COSTO DIRECTO	2,621,949.55	851,658.66
	EJECUCI3N DEL EXPEDIENTE (3%)	78,658.49	
	GASTOS GENERALES ( 5 % )	131,097.48	
	UTILIDAD ( 8 % )	209,755.96	
	SUB TOTAL	3,041,461.47	
	IMPUESTO ( 19 % )	547,463.07	
	TOTAL	3,588,924.54	

Son: Tres millones quinientos ochentiocho mil novecientos veinticuatro con 54/100 n.s.

Fuente: Proyecto Residencial Gold San Francisco. (2013)

Donde la columna de parcial es la multiplicaci3n del metrado con el precio unitario, en tanto que la columna de parcial H-H se calcula multiplicando la mano de obra (parte del precio unitario) con el metrado.

## 4.1.2 DESCRIPCI3N DEL CASO

### 4.1.2.1 SELECCI3N DE LA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION

Para hacer una elecci3n de una metodologfa del Lean Construction que permita reducir las p3rdidas en la productividad de la mano de obra, es necesario, primero hacer un cuadro comparativo de los objetivos, caracterfsticas y ventajas de cada uno de las metodologfas expuestas previamente.



**Tabla 4.2.** Cuadro comparativo de las metodologías Lean Construction.

METODOLOGÍA	OBJETIVO	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	LIMITACIONES
<b>Justo a Tiempo (JIT)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentar la calidad.</li> <li>- Reducir los inventarios.</li> <li>- Eliminar prácticas desperdiciadoras.</li> <li>- Establecer buena relación con los proveedores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesita de una cierta sincronización entre fábricas, procesos y proveedores.</li> <li>- JIT no tiene sentido sin Kanban.</li> <li>- Cualquier empresa que trabaje a pequeña escala puede implementarla.</li> <li>- Se orienta con la demanda.</li> <li>- Mantiene un control adecuado con el departamento de compras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora la calidad y productividad</li> <li>- Se es más competitivo.</li> <li>- Disminuyen los costos y se utilizan mejor los recursos.</li> <li>- Se eliminan los inventarios.</li> <li>- Se recupera espacio físico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencia de culturas.</li> <li>- Resistencia al cambio.</li> <li>- No encontrar los proveedores adecuados.</li> <li>- Complacencia por parte del proveedor.</li> <li>- Renuncia de la administración a descartar técnicas operacionales probadas desde hace tiempo.</li> <li>- Temor a lo desconocido.</li> <li>- La empresa debe ser flexible a los cambios.</li> </ul>
<b>Kanban</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descentralizar el sistema de pedidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite organizarse y conocer de una manera visual la línea de suministro y mejorar la relación con el proveedor.</li> <li>- Se basa en la manera de funcionar de los supermercados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan sensible.</li> <li>- Entregas pequeñas y frecuentes.</li> <li>- Claridad al especificar lo que se requiere.</li> <li>- Papeleo mínimo.</li> <li>- Respuesta casi inmediata a las necesidades</li> <li>- Abastecimiento rápido de suministros.</li> <li>- Control del material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencia de culturas.</li> <li>- Temor a lo desconocido.</li> <li>- La empresa es poco flexible a los cambios que se puedan realizar durante el proceso de su ejecución.</li> </ul>



METODOLOGÍA	OBJETIVO	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	LIMITACIONES
<b>Andón</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visualizar el estado actual del área en la que se está trabajando.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los operarios pueden parar la línea de producción si encuentran un defecto.</li> <li>- Se les delega cierta autoridad.</li> <li>- Andon puede ser una alarma, un indicador visual o una señal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evidencia los problemas cuando ocurren por medio de luces y sonidos.</li> <li>- Permite acciones correctivas oportunas, evita el hábito de la corrección tardía.</li> <li>- Son simples y fáciles de entender.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sería difícil que el operador este en seguida para resolver la anomalía que se presente, y esto es lo que más les preocupa a las empresas el tiempo que se demore en llegar, significaría que se detendría ese proceso. Lo que representaría pérdidas para la producción al menos al inicio de la implementación.</li> <li>- Se tiene que realizar una inversión significativa, para contar con un sistema completo de paneles de visualización (Andon) en los procesos que considere importantes la empresa.</li> </ul>
<b>Poka Yoke</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevenir errores mecánicamente o detectar y reportar un error tan pronto se comete.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporciona una inspección del 100% de las partes producidas; y, si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva.</li> <li>- Busca hacer las cosas bien a la primera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son simples y baratas.</li> <li>- Cuando se evitan errores, se reduce el desperdicio y el proceso opera continuamente.</li> <li>- Evita accidentes causadas por distracción humana.</li> <li>- Asegura la calidad en cada puesto de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio.</li> <li>- Temor a lo desconocido.</li> <li>- No contar con el apoyo de la Gerencia.</li> <li>- No se detecte el error cuando haya ocurrido.</li> </ul>



METODOLOGÍA	OBJETIVO	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	LIMITACIONES
<b>Jidoka</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evita que cualquier pieza o producto defectuoso avance en un proceso productivo.</li> <li>- Fabricar bien a la primera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las maquinas con las que se trabaja en la producción se les instala un mecanismo o un software que permita detectar un error y activar un alarma para que el operador acuda a verificar y corregir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite tener un autocontrol del proceso productivo.</li> <li>- Se producen productos de calidad y con cero defectos.</li> <li>- Aumenta la productividad porque el operario puede revisar varias máquinas a la vez.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio.</li> <li>- Diferencia de culturas.</li> <li>- Temor a la incertidumbre.</li> <li>- Que las personas admitan en el caso de haber cometido un error.</li> </ul>
<b>Kaizen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar un esfuerzo constante y continuo, mejorar los estándares actuales y mantenerlos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabaja conjuntamente con las 5 “s”. Además necesita que se desarrollen la calidad, esfuerzo, compromiso de todos los empleados, buena voluntad hacia el cambio, transparencia y comunicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor participación en el mercado por lealtad de sus clientes y su recomendación a otros.</li> <li>- Mayor rentabilidad.</li> <li>- Menos accidentes industriales.</li> <li>- Calidad mejorada en el trabajo.</li> <li>- Relaciones humanas mejoradas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia al cambio.</li> <li>- Diferencia de culturas.</li> <li>- Temor a la incertidumbre.</li> </ul>
<b>5 “s”</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conseguir lugares de trabajo limpio y ordenado, mejorar la motivación del personal y el ambiente del trabajo, aumenta la seguridad, la calidad y la productividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Está formada por 5 pasos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Seiri – Separar.</li> <li>- Seiton – Ordenar.</li> <li>- Seiso – Limpiar.</li> <li>- Seiketsu – Estandarizar.</li> <li>- Shitsuke – Autodisciplina.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayores niveles de seguridad.</li> <li>- Cumple mejor los plazos.</li> <li>- Mejor calidad de producción.</li> <li>- Aumenta la vida útil de los equipos.</li> <li>- Reducen riesgos de accidentes.</li> <li>- Tiempos de respuesta más cortos.</li> <li>- Genera una cultura organizacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En su etapa inicial poca participación de sus empleados.</li> <li>- Los trabajadores se comportan renuentes a cambiar su forma de trabajo</li> <li>- Falta de participación de los directivos de la empresa.</li> <li>- Incredulidad en el proceso de la metodología 5S y sus beneficios.</li> </ul>

Fuente: Rodríguez (2013).

#### 4.1.2.1.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION

Para la elección de la metodología del Lean Construction más correcta y consistente que satisfaga en mejor grado el objetivo de esta investigación, se recurre a la herramienta matemática denominada: Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process, AHP*), propuesto por Saaty en 1980, el que se basa en la idea de que la complejidad inherente a un problema de toma de decisión con criterios múltiples, se puede resolver mediante la jerarquización de los problemas planteados, en este caso las metodologías del Lean Construction expuestas.

Para esta elección, según Rodríguez (2013: 75), “es importante que en la elección de la metodología Lean Construction se considere cuatro aspectos que son importantes en la construcción de un proyecto como son: el costo, el plazo, la calidad y la seguridad”. El criterio “plazo” es sinónimo de “tiempo”, en tanto que calidad se entiende como la “cuán complejo es su implementación”. Entonces los criterios a tomarse en cuenta son:

- **Costo:** Este criterio implica que no se puede incrementar costos adicionales al proyecto.
- **Tiempo:** La implementación de una metodología debe considerar no adicionar tiempos en la ejecución del proyecto.
- **Complejidad de implementación:** Debido a las características de los proyectos del sector construcción es que se hace necesario que la metodología tenga atributos compatibles que permitan facilidad de implementación.
- **Seguridad:** Que la metodología elegida considere la seguridad como algo inherente en su desarrollo.

En función a estos criterios y el cuadro comparativo de las metodologías Lean Construction se construyó una tabla de valoración donde corresponde señalar que las calificaciones se dan de acuerdo a la escala de Likert en una escala 1 – 9, donde:



- 1 : Inadecuación.
- 3 : Escasa adecuación.
- 5 : Adecuación promedio.
- 7 : Adecuación en gran medida.
- 9 : Adecuación total.

Para construir la tabla de valoración de las metodologías Lean Construction y elegir la metodología que se va a aplicar al proyecto, esta investigación se debería apoyar en la validez de expertos la cual se refiere al “grado en que un instrumento realmente mide la variable de interés, de acuerdo con voces calificadas o expertos en el tema” Hernández, et al., (2014: 204), donde el “instrumento” es la metodología Lean y la “variable de interés” es la productividad de la mano de obra. Pero en la región no se tiene conocimiento de la presencia de “voces calificadas” en el manejo de metodologías de construcción del Lean Construction, por lo que esta investigación se apoyó de la Teoría de la Toma de Decisiones, que es el proceso de definición de problemas, recopilación de datos, generación de alternativas y selección de un curso de acción y se define como el “proceso para identificar y solucionar un curso de acción para resolver un problema específico”. En Canós, et al. (s/a: 2)

“Una decisión es la elección de la alternativa más adecuada de entre varias posibilidades con el fin de alcanzar un estado deseado, considerando la limitación de recursos. La palabra decisión deriva del término decido que significa cortar; referido al concepto actual, se entiende que se “corta” una alternativa finalmente elegida. Las personas encargadas de tomar una decisión son los decisores, que serán los directivos u otros empleados de la empresa en función del tipo de decisión”

Entonces, adaptando estas afirmaciones a esta investigación, “elección de la alternativa” es seleccionar una metodología Lean y el “estado deseado” es la productividad de la mano de obra. Por otro lado, tomando lo señalado por Canós, et al. (s/a), los decisores fueron los 20 obreros considerados en la presente investigación; lo que implica una toma de decisiones en grupo, donde

el grupo, en general, toma mejores decisiones que los individuos y le otorga una mayor aceptación de la decisión y por consiguiente sea más legítima.

Para esta toma de decisiones por parte de los obreros no sea sesgada, se les capacitó según la tabla 4.2 durante cinco días del 19 al 23 de mayo durante la primera media hora de ingreso a la jornada de trabajo y se aplicó la encuesta “metodologías Lean Construcción” – resultados mostrados en el ANEXO VIII – el día sábado 24 de mayo, lo que se resume en la tabla 4.3.:

**Tabla 4.3.** Valoración de las metodologías Lean Construction según los obreros.

ALTERNATIVAS Metodologías Lean Construction	CRITERIOS			
	Costo Implementacion	Tiempo Implementación	Complejidad Implementación	Seguridad
JUSTO A TIEMPO	5	5	7	3
KANBAN	5	9	5	3
ANDON	3	3	3	5
POKA YOKE	9	5	5	5
JIDOKA	3	3	3	3
KAIZEN	5	5	5	7
5 "S"	5	7	9	7
	<b>35</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>33</b>

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 4.3, por los resultados obtenidos y la respuesta dada por los encuestados, el criterio “costo de implementación”: Poka Yoke tiene valoración 9 porque son sencillas y las más baratas; para el criterio “Tiempo”: Kanban tiene valoración 9 debido a esta metodología busca optimizar el tiempo a través de las tarjetas, entonces tiene adecuación total, en tanto que, las 5”s” tienen valoración 7 debido a que para su aplicación se realiza en paralelo con la labor productiva que se realiza; en la “Complejidad de implementación”: las 5”s” tiene valoración 9 porque no es complejo implementarla, no requiere de un conocimiento previo de parte del obrero para mantener un lugar limpio, ordenado y organizado, además de que esto sea un hábito en el lugar de trabajo; para la “Seguridad”: Kaizen tiene valoración 7 porque al realizar un esfuerzo constante y continuo mejora los estándares de calidad y al mantenerlos la probabilidad de ocurrencia de accidentes son menores, por otro lado las 5”s” también tiene valoración 7 debido que al conseguir lugares de



trabajo limpio y ordenado, mejora la motivación del personal y el ambiente del trabajo, en consecuencia se reduce los riesgos de accidente.

Valorados las metodologías de manera empírica, estas deben ser procesadas y comparadas utilizando un modelo matemático; y, la técnica del AHP tiene la capacidad de convertir estos datos empíricos en valores numéricos. Roche y Vejo en su publicación: Métodos cuantitativos aplicados a la administración, (2005: 4/23) sostiene que:

“El método AHP es un procedimiento diseñado para cuantificar juicios u opiniones sobre la importancia relativa de cada uno de los criterios en conflicto empleados en el proceso de toma de decisión.

Las 8 etapas del método AHP son las siguientes:

- (1) **Descomponer el Problema de Decisión en una jerarquía de elementos interrelacionados**, identificando: (a) la Meta General, (b) los Criterios ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) y (c) las Alternativas posibles ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Para cada uno de los “m” criterios repetir las etapas (2) a (5)

- (2) Desarrollar la **Matriz de Comparación por Pares (MCP)** de Alternativas para cada uno de los criterios estableciendo el rating de importancia relativa entre ambas Alternativas consideradas. El rating se establece a partir de la escala siguiente:

- 1: Igualmente preferida.
- 3: Moderadamente preferida.
- 5: Fuertemente preferida.
- 7: Muy fuertemente preferida.
- 9: Extremadamente preferida.

Pueden asignarse los valores intermedios 2, 4, 6,8. Un rating recíproco (ej.  $1/9, 1/7, 1/5, 1/3, \dots$ ) se aplica cuando la segunda alternativa es preferida a la primera. El valor 1 es siempre asignado a la comparación de una alternativa con sí misma.

- (3) Desarrollar la **Matriz Normalizada (MCN)** dividiendo cada número de una columna de la Matriz de Comparación por pares por la suma total de la columna.



- (4) Desarrollar el **Vector de Prioridad para el Criterio** calculando el promedio de cada fila d la Matriz Normalizada. Este promedio por fila representa el Vector de Prioridad d la Alternativa con respecto al criterio considerado.
- (5) La Consistencia de las opiniones utilizadas en la Matriz de Comparación por pares puede ser determinada a través de la **Relación de Consistencia (RC)**. Un CR inferior a 0.10 es considerado aceptable. Para aquellos casos en que  $CR > 0.10$ , las opiniones y juicios deberán ser considerados.
- (6) Luego de que la secuencia (2)-(3)-(4)-(5) ha sido ejecutada para todos los criterios, los resultados obtenido en (4) son resumidos en una **Matriz de Prioridad (MP)**, listado las Alternativas por fila y los Criterios por Columna.
- (7) Desarrollar una **Matriz de Comparación de Criterios** por pares de manera similar a los que se hizo para las Alternativas en (2)-(3)-(4).
- (8) Desarrollar una **Vector de Prioridad Global** multiplicando el vector de prioridad de los Criterios (7) por la Matriz de prioridad de las Alternativas (6).”

Para determinar el cociente de consistencia es como sigue: (Roche y Vejo (2005: 15/23))

- “Para cada fila de la Matriz de Comparación de pares, determinar una suma ponderada en base a la suma del producto de cada valor de la misma por la prioridad de la alternativa correspondiente (que surge del vector de prioridad).
- A la suma ponderada obtenida para cada fila dividirla por la prioridad de la alternativa correspondiente.
- Haciendo un promedio de los resultados de cada columna ( $\lambda$ ) obtenemos  $\lambda_{m\acute{a}x}$ . y con este valor se calcula el Índice de Consistencia, mediante la relación:  $IC = (\lambda_{m\acute{a}x} - n) / (n - 1)$ . Y para el cálculo de la Relación de Consistencia se usa la relación:  $RC = IC / IAM$ , donde IAM (Inconsistencia Aleatoria Media) es una constante cuyo valor depende de la matriz que se está analizando:”

Dimensión de la matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inconsistencia aleatoria media	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49



Entonces, se desarrolla la Matriz de Comparación por Pares (MCP) de Alternativas (Metodologías Lean Construction) para cada uno de los criterios:

**Tabla 4.4.** Matriz de comparación por pares de las metodologías Lean Construction según el criterio: “Costo de implementación”.

COSTO	JUSTO A TIEMPO	KANBAN	ANDON	POKA YOKE	JIDOKA	KAIZEN	5 "S"	Matriz normalizada								Vector prioridad	Suma Ponderada	$\lambda$
								0,10	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10	0,10	0,10			
JUSTO A TIEMPO	1	1	3	1/5	3	1	1	0,10	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10	0,10	0,11	0,805	7,084	
KANBAN	1	1	3	1/5	3	1	1	0,10	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10	0,10	0,11	0,805	7,084	
ANDON	1/3	1/3	1	1/7	1	1/3	1/3	0,03	0,03	0,05	0,07	0,05	0,03	0,03	0,04	0,303	7,038	
POKA YOKE	5	5	7	1	7	5	5	0,52	0,52	0,33	0,48	0,33	0,52	0,52	0,46	3,335	7,261	
JIDOKA	1/3	1/3	1	1/7	1	1/3	1/3	0,03	0,03	0,05	0,07	0,05	0,03	0,03	0,04	0,303	7,038	
KAIZEN	1	1	3	1/5	3	1	1	0,10	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10	0,10	0,11	0,805	7,084	
5 "S"	1	1	3	1/5	3	1	1	0,10	0,10	0,14	0,10	0,14	0,10	0,10	0,11	0,805	7,084	
<b>SUMA</b>	<b>9,67</b>	<b>9,67</b>	<b>21,00</b>	<b>2,09</b>	<b>21,00</b>	<b>9,67</b>	<b>9,67</b>									<b>1,00</b>		

Fuente: Elaboración propia en base a la valoración de metodologías Lean Construction según criterios (Tabla 4.2)

$$\lambda_{\text{máx}} : 7,0963$$

$$CI : 0,0160$$

$$RC : 0,0119$$

$$1,19\% < 10\%$$

De la tabla 4.3, en la columna del criterio “Costo” se hace comparación de pares de las metodologías: teniendo como base a “Justo a tiempo” que tiene valoración 5, comparado con “Kanban” que también tiene valoración 5 le corresponde una escala de 1 (Igualmente preferida), según Saaty (2005); comparado respecto a “Andon” que tiene valoración 3, le corresponde una escala de 3 (Moderadamente preferida) debido a que 5 es mayor que 3, sin embargo, si se compara con “Poka Yoke” que tiene valoración 9, se observa que es mucho menor, entonces le corresponde una escala de 1/5 (inverso de fuertemente preferida). Estas escalas determinadas se colocan en la fila del “Justo a tiempo” en la matriz de comparación (Tabla 4.3), entonces se construye paulatinamente dicha matriz.

De los resultados del vector de prioridad obtenidos en la tabla 4.4, el Poka Yoke es la metodología que menos “Costo de implementación” representa. Otro aspecto a tener en cuenta es el cociente de consistencia, que en este caso es del 1.19% menor que el 10%, que implica que tanto la matriz de comparación de pares, como su valoración, son consistentes.

**Tabla 4.5.** Matriz de comparación por pares de las metodologías Lean Construction según el criterio: “Tiempo de implementación”.

TIEMPO	JUSTO A TIEMPO	KANBAN	ANDON	POKA YOKE	JIDOKA	KAIZEN	5 "S"	Matriz normalizada								Vector prioridad	Suma Ponderada	$\lambda$
JUSTO A TIEMPO	1	1/5	3	1	3	1	1/3	0,09	0,09	0,13	0,07	0,13	0,09	0,06	0,09	0,673	7,164	
KANBAN	5	1	7	5	7	5	3	0,43	0,45	0,30	0,37	0,30	0,43	0,56	0,41	3,061	7,550	
ANDON	1/3	1/7	1	1/3	1	1/3	1/5	0,03	0,06	0,04	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,276	7,160	
POKA YOKE	1	1/5	3	1	3	1	1/3	0,09	0,09	0,13	0,07	0,13	0,09	0,06	0,09	0,673	7,164	
JIDOKA	1/3	1/7	1	1/3	1	1/3	1/5	0,03	0,06	0,04	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,276	7,160	
KAIZEN	1	1/5	3	1	3	1	1/3	0,09	0,09	0,13	0,07	0,13	0,09	0,06	0,09	0,673	7,164	
5 "S"	3	1/3	5	5	5	3	1	0,26	0,15	0,22	0,37	0,22	0,26	0,19	0,24	1,789	7,590	
<b>SUMA</b>	<b>11,67</b>	<b>2,22</b>	<b>23,00</b>	<b>13,67</b>	<b>23,00</b>	<b>11,67</b>	<b>5,40</b>									<b>1,00</b>		

Fuente: Elaboración propia en base a la valoración de metodologías Lean Construction según criterios (Tabla 4.2)

$\lambda_{\text{máx}} : 7,2790$

CI : 0,0465

RC : 0,0344

3,44% < 10%

De los resultados de la tabla 4.5, Kanban, es la metodología que mejor se adecua respecto al “tiempo de implementación”, lo que se sostiene con el 3.44% de relación de consistencia.

**Tabla 4.6.** Matriz de comparación por pares de las metodologías Lean Construction según el criterio: “Complejidad de implementación”.

COMPLEJIDAD	JUSTO A TIEMPO	KANBAN	ANDON	POKA YOKE	JIDOKA	KAIZEN	5 "S"	Matriz normalizada								Vector prioridad	Suma Ponderada	$\lambda$
JUSTO A TIEMPO	1	3	5	3	5	3	1/3	0,19	0,26	0,26	0,26	0,22	0,26	0,15	0,23	1,619	7,140	
KANBAN	1/3	1	3	1	3	1	1/5	0,06	0,09	0,16	0,09	0,13	0,09	0,09	0,10	0,684	6,865	
ANDON	1/5	1/3	1	1/3	1	1/3	1/7	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,06	0,04	0,279	6,901	
POKA YOKE	1/3	1	3	1	3	1	1/5	0,06	0,09	0,16	0,09	0,13	0,09	0,09	0,10	0,684	6,865	
JIDOKA	1/5	1/3	1	1/3	1	1/3	1/7	0,04	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,06	0,04	0,279	6,901	
KAIZEN	1/3	1	1	1	3	1	1/5	0,06	0,09	0,05	0,09	0,13	0,09	0,09	0,08	0,603	7,129	
5 "S"	3	5	5	5	7	5	1	0,56	0,43	0,26	0,43	0,30	0,43	0,45	0,41	2,993	7,328	
<b>SUMA</b>	<b>5,40</b>	<b>11,67</b>	<b>19,00</b>	<b>11,67</b>	<b>23,00</b>	<b>11,67</b>	<b>2,22</b>									<b>1,00</b>		

Fuente: Elaboración propia en base a la valoración de metodologías Lean Construction según criterios. (Tabla 4.2)

$\lambda_{\text{máx}} : 7,0184$

CI : 0,0031

RC : 0,0023

0,23% < 10%

En la tabla 4.6, 5”s” es la metodología que mejor desempeño tiene respecto a la “complejidad de implementación”, lo que se respalda con el 0.23% de coeficiente de consistencia.

**Tabla 4.7.** Matriz de comparación por pares de las metodologías Lean Construction según el criterio: “Seguridad”.

SEGURIDAD	JUSTO A TIEMPO	KANBAN	ANDON	POKA YOKE	JIDOKA	KAIZEN	5 "S"	Matriz normalizada								Vector prioridad	Suma Ponderada	$\lambda$
JUSTO A TIEMPO	1	1	1/3	1/3	1	1/5	1/5	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,356	7,027	
KANBAN	1	1	1/3	1/3	1	1/5	1/5	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,356	7,027	
ANDON	3	3	1	1	3	1/3	1/3	0,16	0,16	0,11	0,11	0,16	0,10	0,10	0,13	0,910	7,076	
POKA YOKE	3	3	1	1	3	1/3	1/3	0,16	0,16	0,11	0,11	0,16	0,10	0,10	0,13	0,910	7,076	
JIDOKA	1	1	1/3	1/3	1	1/5	1/5	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,356	7,027	
KAIZEN	5	5	3	3	5	1	1	0,26	0,26	0,33	0,33	0,26	0,31	0,31	0,30	2,122	7,181	
5 "S"	5	5	3	3	5	1	1	0,26	0,26	0,33	0,33	0,26	0,31	0,31	0,30	2,122	7,181	
<b>SUMA</b>	<b>19,00</b>	<b>19,00</b>	<b>9,00</b>	<b>9,00</b>	<b>19,00</b>	<b>3,27</b>	<b>3,27</b>									<b>1,00</b>		

Fuente: Elaboración propia en base a la valoración de metodologías Lean Construction según criterios. (Tabla 4.2)

$\lambda_{\text{máx}} : 7,0949$

CI : 0,0158

RC : 0,0117

1,17% < 10%

En la tabla 4.7, Kaizen y 5”s” son las metodologías que más se adecuan respecto a la “seguridad”, con un 1.17% de relación de consistencia.

Al igual que para las metodologías Lean Construction, se construye una matriz de comparación de criterios, tomando en cuenta la suma de las columnas de los criterios (tabla 4.3)

**Tabla 4.8.** Matriz de comparación por pares de criterios.

CRITERIOS	Costo	Tiempo	Complejidad implementación	Seguridad	Matriz normalizada				Vector prioridad	Suma Ponderada	$\lambda$
Costo	1	1/3	1/3	3	0.14	0.13	0.13	0.21	0.15	0.619	4.033
Tiempo	3	1	1	5	0.41	0.39	0.39	0.36	0.39	1.582	4.067
Complejidad implementación	3	1	1	5	0.41	0.39	0.39	0.36	0.39	1.582	4.067
Seguridad	1/3	1/5	1/5	1	0.05	0.08	0.08	0.07	0.07	0.275	4.009
<b>SUMA</b>	<b>7.33</b>	<b>2.53</b>	<b>2.53</b>	<b>14.00</b>					<b>1,00</b>		

Fuente: Elaboración propia en base a la valoración de metodologías Lean Construction según criterios. (tabla 4.2)

$\lambda_{\text{máx}} : 4.0439$

CI : 0.0146

RC : 0.0164

1.64% < 10%

De la tabla 4.8, el “tiempo” y “complejidad de implementación” son los criterios que tienen mayor importancia al seleccionar la metodología Lean, lo que se sustenta con el 1.64% de relación de consistencia de acuerdo a Saaty.

Por otra parte, de los resultados de la matriz de comparación por pares de criterios, mostrada en la tabla 4.8, los criterios: **complejidad de implementación** y **tiempo**, son considerados como principales criterios, porque entre los propósitos de la selección de una metodología Lean es que su aplicación no implique un mayor esfuerzo y que este no consuma tiempo, porque es el recurso con el que menos se cuenta, un periodo prolongado de adaptabilidad al entorno de la obra incrementaría costos en la ejecución del proyecto. De acuerdo a esto, el **costo** vendría a ser el criterio de segunda posición. Y, por último, **la seguridad** debe ser algo inherente a la metodología elegida.

Finalmente, para la selección de la metodología más adecuada a los fines de la presente investigación, se construye una matriz de prioridad global

**Tabla 4.9.** Matriz de prioridad global.

	Costo	Tiempo	Complejidad implementación	Seguridad	Vector Prioridad Global
JUSTO A TIEMPO	0.11	0.09	0.23	0.05	0.15
KANBAN	0.11	0.41	0.10	0.05	0.22
ANDON	0.04	0.04	0.04	0.13	0.05
POKA YOKE	0.46	0.09	0.10	0.13	0.15
JIDOKA	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
KAIZEN	0.11	0.09	0.08	0.30	0.11
5 "S"	0.11	0.24	0.41	0.30	<b>0.29</b>
PONDERACIÓN	0.15	0.39	0.39	0.07	

**Fuente:** Elaboración propia en base las tablas de comparación de pares de las metodologías según los criterios: costo, tiempo, complejidad de implementación y seguridad; y, el de comparación de pares de criterios.

De los resultados de la tabla 4.9, las 5"s" es la metodología Lean Construction que tiene la prioridad mayor con un 29%.

Las 5"s", cumple con los criterios establecidos para su selección por las siguientes razones:

- i) Para el criterio: complejidad de implementación, las 5"s" se vale de herramientas propias y sencillas; y, considerando que en obra se

cuenta con personal obrero de escasa formación académica, entonces su implementación debe ser lo más simple posible.

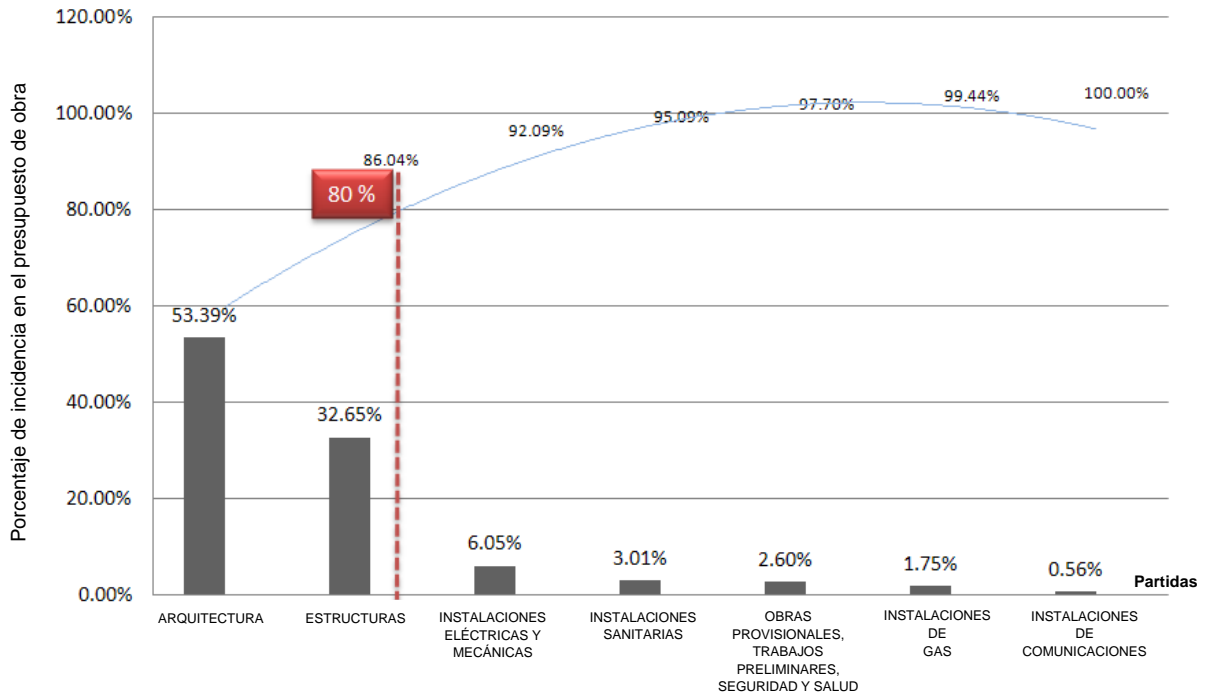
- ii) Para el criterio: tiempo, las 5"s" permite implementar en un periodo mínimo de tiempo, ya que el tener un lugar de trabajo ordenado, limpio, organizado, y que esto se convierta en un hábito, se puede realizar durante los procesos constructivos encomendados al personal obrero.
- iii) Para el criterio: costo, la implementación de las 5"s" permite mantener el orden y la limpieza del lugar de trabajo y si esto se hace cotidianamente no implicará mayores costos al proyecto.
- iv) En cuanto al criterio: seguridad, el mantener un lugar ordenado, limpio y organizado, implicará trabajar en un lugar seguro y saludable.

En conclusión, la instrumentalización de las valoraciones de las metodologías Lean Construction por medio del método AHP conduce a considerar la metodología de las 5"s" como la mejor alternativa para ser aplicado a la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales de la Residencial Gold San Francisco de la ciudad del Cusco

#### **4.1.2.2 DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDADES A EVALUAR**

Para el estudio de la productividad de la mano de obra en la construcción de la Residencial Gold San Francisco, se analizó el presupuesto de obra (tabla 4.1) en lo referente al costo de las partidas generales y al costo de mano de obra u Horas-Hombre de las partidas generales, debido a que un análisis de cada una de las sub-partidas sería muy extenso; para ello, se hace uso del Principio de Pareto, herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice: "El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan"; entonces, tomando en cuenta ese principio sólo se analizó el costo de las partidas generales que sumados alcanzan el 80% del presupuesto del proyecto.

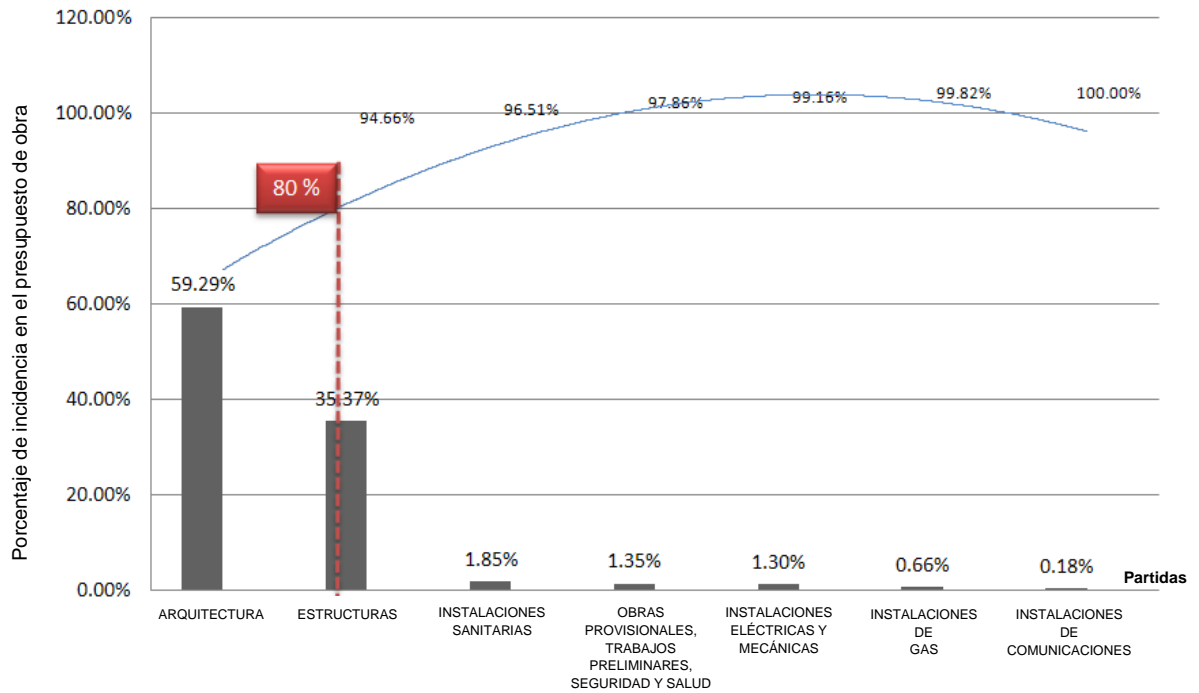
**Presupuesto: "Residencial Gold San Francisco"**



**Figura 4.3.** Presupuesto general de la Residencial Gold San Francisco aplicando Principio de Pareto.

Fuente: Elaboración propia.

**Horas-Hombre: "Residencial Gold San Francisco"**



**Figura 4.4.** Incidencia de las Horas-Hombre en el presupuesto general de la Residencial Gold San Francisco aplicando el Principio de Pareto.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.3 y figura 4.4, aplicado el Principio de Pareto a las partidas generales del presupuesto, en lo referente a su costo total y al costo de Horas-Hombre por partida, éstas tienen una escasa diferencia en su porcentaje de incidencia respecto al total del presupuesto; lo que se percibe con mayor énfasis en el costo de presupuesto y costo de Horas-Hombre de las partidas generales de Arquitectura y Estructura. Esta investigación, toma en cuenta el análisis del presupuesto del proyecto en lo referente al costo de Horas-Hombre del presupuesto de construcción de la Residencial Gold San Francisco, debido el estudio de la productividad de la “mano de obra” en un proyecto de construcción es el interés del presente trabajo de investigación.

En la figura 4.4 se distingue que el costo de Horas-Hombre de la partida general de Arquitectura alcanza el 59.29 % del costo total de Horas-Hombre del presupuesto del proyecto, en tanto que, el costo de Horas-Hombre de la partida general de Estructuras alcanza el 35.37%, sumadas ambas partidas alcanzan el 94.66% del total de costo de Horas-Hombre del presupuesto del proyecto; entonces, aplicando el Principio de Pareto indica que solo es necesario analizar el 80 % de la incidencia de las partidas, entonces, por dichas consideraciones solo se debería analizar las partidas generales de Arquitectura y Estructuras; por otra parte, las sub-partidas de la partida general de Arquitectura son mucho menores en cuanto a costo, pero mayores en número a comparación al de Estructuras; además que, muchas de las sub-partidas de Arquitectura requieren mano de obra especializada como en las sub-partidas de vidrios, ascensor, puertas, cerámico, pintura, entre otros, que no son objeto de análisis en la presente investigación, ya que sólo se analiza la mano de obra calificada y no calificada propia de una obra de edificación; y, dado que estos son inherentes de las sub-partidas de Estructuras, sumado a ello, que la estructura de una edificación es de especial atención en cuanto a su proceso constructivo, del cual depende que el proceso constructivo de la arquitectura y demás partidas generales del proyecto de edificación sea óptimo; por estas consideraciones, el presente estudio de la productividad de la mano de obra aplicando la metodología de las 5 “s” del Lean Construction, se realizará en las sub-partidas de la partida general de Estructura del proyecto en estudio.

La partida general de Estructura del presupuesto de la Residencial Gold San Francisco, está conformada de la siguiente forma:

**Tabla 4.10.** Presupuesto de la partida general de Estructuras

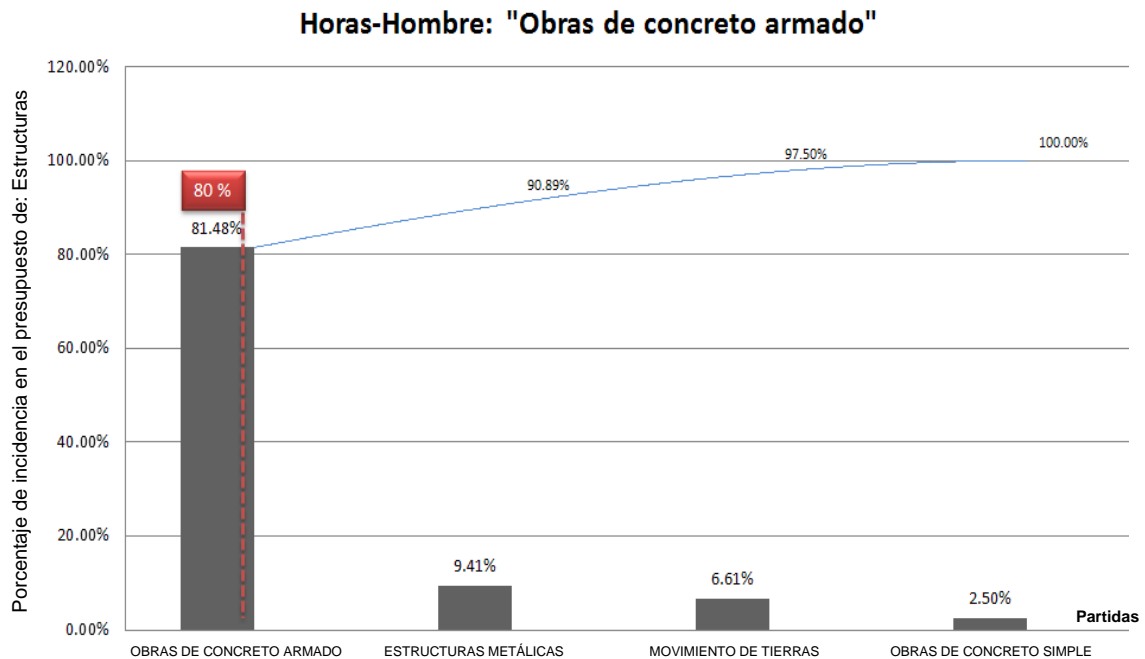
**Presupuesto: "Residencial Gold San Francisco"**

Obra : "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
 Presupuesto: "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
 Ejecuta: GRUPO INMOBILIARIO LOS FAROS SAC - DIVISIÓN CONSTRUCCIÓN 15/03/2015  
 Lugar: CUSCO - CUSCO - WANCHAQ

Item	Descripción	Parcial S/.	Parcial H-H S/.
<b>2.0</b>	<b>ESTRUCTURAS</b>	<b>856,069.71</b>	<b>301,207.16</b>
2.1.	MOVIMIENTO DE TIERRAS	47,730.86	19,900.28
2.2.	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE	23,538.07	7,532.28
2.3.	OBRAS DE CONCRETO ARMADO	725,740.75	245,436.99
2.4	ESTRUCTURAS METÁLICAS	59,060.02	28,337.61

**Fuente:** Proyecto Residencial Gold San Francisco. (2013)

Para el análisis de la incidencia de las partidas de Estructuras se utiliza la herramienta estadísticas del Principio de Pareto a señalar:



**Figura 4.5.** Incidencia de las Horas-Hombre del presupuesto de la partida general Estructuras.

**Fuente:** Elaboración propia.



En la figura 4.5 se observa que el 80 % de incidencia en el Principio de Pareto la toma la partida: Obras de Concreto Armado, que tiene una incidencia del 81.48 % del total del costo de Horas-Hombre de la partida general de Estructuras, entonces se analizará la incidencia de las sub-partidas que componen dicha partida, dicho análisis parte de conocer el presupuesto de esta partida:

**Tabla 4.11.** Presupuesto de la partida de Obras de Concreto Armado.

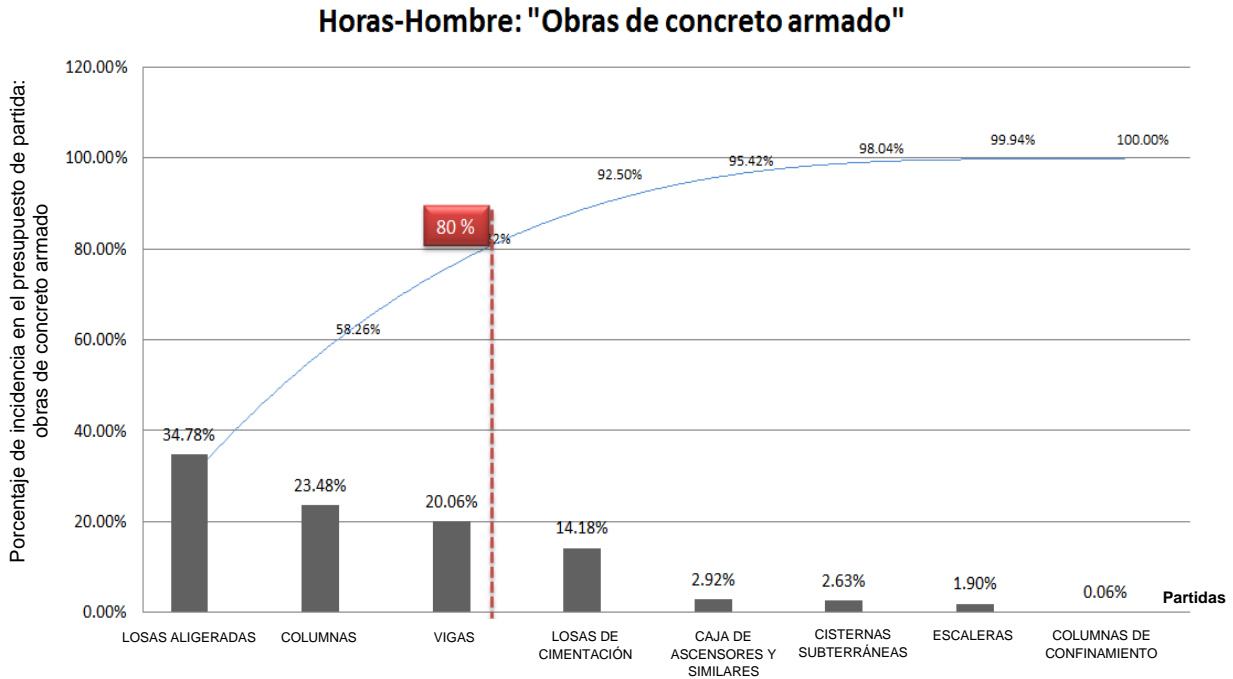
### Presupuesto: "Residencial Gold San Francisco"

Obra : "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
Presupuesto: "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
Ejecuta: GRUPO INMOBILIARIO LOS FAROS SAC - DIVISIÓN CONSTRUCCIÓN 15/03/2015  
Lugar: CUSCO - CUSCO - WANCHAQ

Item	Descripción	Parcial S/.	Parcial H-H S/.
<b>2.3.</b>	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>	<b>725,740.75</b>	<b>245,436.99</b>
2.3.1	LOSAS DE CIMENTACIÓN	155,112.07	34,813.57
2.3.2	COLUMNAS	187,765.17	57,625.10
2.3.3	COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	434.76	137.76
2.3.4	VIGAS	159,002.85	49,236.06
2.3.5	LOSAS ALIGERADAS	167,043.56	85,356.21
2.3.6	ESCALERAS	16,176.44	4,661.50
2.3.7	CAJA DE ASCENSORES Y SIMILARES	21,592.26	7,164.01
2.3.8	CISTERNAS SUBTERRÁNEAS	18,613.64	6,442.79

**Fuente:** Proyecto Residencial Gold San Francisco (2013).

Conocido la composición del presupuesto de la partida de Obras de Concreto Armado, es necesario conocer la incidencia de las sub-partidas que lo componen; entonces, se aplica la herramienta de análisis del Principio de Pareto para advertir cuáles son las sub-partidas que sumados alcancen el 80 % de incidencia para su análisis respectivo.



**Figura 4.6.** Incidencia de las Horas-Hombre del presupuesto de la partida: obras de concreto armado.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.6 se observa que las sub-partidas de losas aligeradas, columnas, vigas y losas de cimentación alcanzan el 92.50 % de incidencia del total de Horas-Hombre de la partida: Obras de Concreto Armado; entonces, se debe analizar estas cuatro sub-partidas. Como para esta investigación se tiene que analizar la productividad de la mano de obra antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” del Lean Construction; entonces, se requiere analizar procesos constructivos repetitivos: condiciones que cumplen las sub-partidas de losas aligeradas, columnas y vigas; en tanto que, la sub-partida de losas de cimentación no es repetitivo, por lo que, no será tomado en cuenta en el presente estudio, en lugar de ello se analizará el proceso constructivo de la sub-partida de cajas de ascensores y similares que si son repetitivos, además que conjuntamente a las tres sub-partidas señaladas alcanzan el 81.24%, porcentaje que cumple con lo exigido por el Principio de Pareto.

Las cuatro sub-partidas seleccionadas están, a su vez, conformados por tres actividades a señalar: acero, encofrado y concreto. Los cuales son fijados según el presupuesto siguiente:

**Tabla 4.12.** Presupuesto de las sub-partidas de columnas, vigas, losas aligeradas convencionales y cajas de ascensor.

**Presupuesto: "Residencial Gold San Francisco"**

Obra: "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
Presupuesto: "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
Ejecuta: GRUPO INMOBILIARIO LOS FAROS SAC - DIVISIÓN CONSTRUCCIÓN 15/03/2014  
Lugar: CUSCO - CUSCO - WANCHAQ

Item	Descripción	Parcial S/.	Parcial H-H S/.
<b>2.3.2</b>	<b>COLUMNAS</b>	<b>187,765.17</b>	<b>57,625.10</b>
2.3.2.1	CONCRETO 245 KG/CM2	82,387.51	27,424.64
2.3.2.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO COLUMNAS	21,534.17	13,448.28
2.3.2.3	ACERO GRADO 60	83,843.49	16,752.18
<b>2.3.4</b>	<b>VIGAS</b>	<b>159,002.85</b>	<b>49,236.06</b>
2.3.4.1	CONCRETO 245 KG/CM2	99,946.11	33,269.44
2.3.4.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO VIGAS	8,896.84	5,556.15
2.3.4.3	ACERO GRADO 60	50,159.90	10,410.47
<b>2.3.5</b>	<b>LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES</b>	<b>147,699.72</b>	<b>80,618.50</b>
2.3.5.1	CONCRETO 245KG/CM2	14,755.12	4,911.59
2.3.5.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO LOSA	114,392.45	72,940.40
2.3.5.3	ACERO GRADO 60	18,552.15	2,766.51
<b>2.3.7</b>	<b>CAJA DE ASCENSORES Y SIMILARES</b>	<b>21,592.26</b>	<b>7,164.01</b>
2.3.7.1	CONCRETO 245KG/CM2	4,167.28	1,387.18
2.3.7.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO ASCENSOR	4,608.43	2,966.19
2.3.7.3	ACERO GRADO 60	12,816.55	2,810.64

**Fuente:** Proyecto Residencial Gold San Francisco (2013).

Como se observa en la tabla 4.12 las sub-partidas de columnas, vigas, losas aligeradas convencionales y caja de ascensores y similares, tienen en común sus actividades constructivas: concreto 245 kg/cm<sup>2</sup>, encofrado y desencofrado y acero grado 60, los cuales pueden ser medidos con los instrumentos de recolección de datos propuestos en la presente investigación.

#### 4.1.2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A EVALUAR

Seleccionado las actividades del proceso constructivo a evaluar, seguidamente se describe cuáles son los elementos estructurales dónde se debe realizar las mediciones orientadas a la cuantificación de cómo es usado el tiempo por el personal obrero en la construcción del proyecto de la Residencial Gold San Francisco. De esa forma se evaluará numéricamente qué porcentaje de tiempo del trabajo total que emplean los obreros, éstos se dedican a labores productivas (TP), cuánto a labores contributorias (TC) y cuánto a labores no contributorias (TNC).

En el diseño estructural de la edificación se tiene elementos estructurales como columnas y vigas con características similares, lo que permite agruparlos y analizar con más detalle de cómo se utiliza el tiempo de trabajo durante la ejecución de un proceso constructivo respectivo.

**Tabla 4.13.** Agrupamiento de columnas.

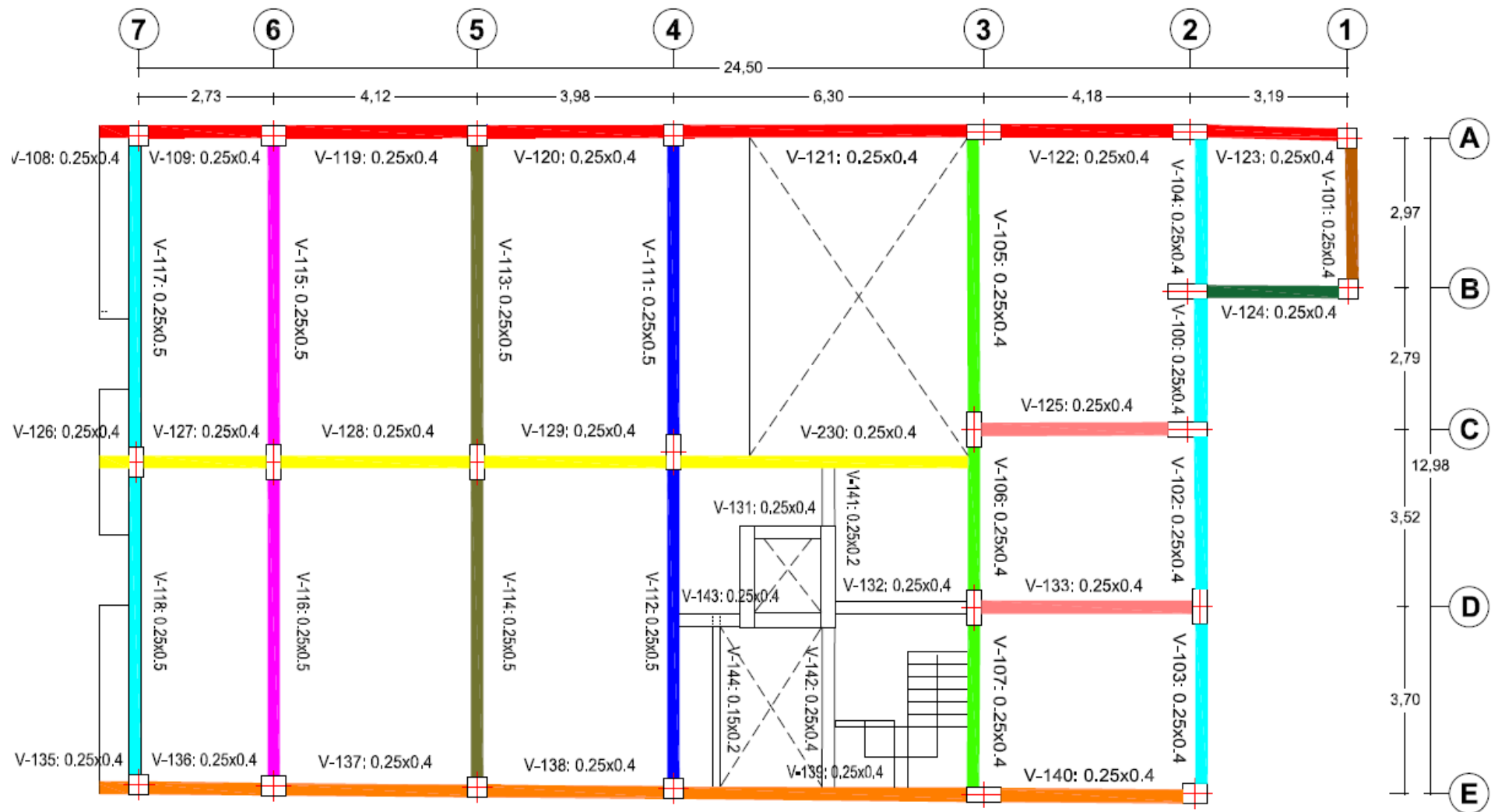
AGRUPAMIENTO DE COLUMNAS	DIMENSIONES (m x m)
C1, C3, C10 y C12	0.40 x 0.40
C2, C5, C8 y C11	0.70 x 0.30
C4, C6, C7 y C9	0.50 x 0.40
C13, C14, C15 y C16	0.30 x 0.70
C17, C18, C19 y C20	0.80 x 0.30
C21	0.50 x 0.50
C22 y C23	0.40 x 0.40

**Fuente:** Plano de estructuras de Proyecto Residencial Gold San Francisco (2013).

Otro criterio para agrupar las columnas es su proximidad. En cuanto a las placas sólo se tiene en la caja del ascensor en un número de dos, por lo que se analizó cada una de ellas independientemente.

Las placas de la caja del ascensor tendrán denominación: PLACA 1 y PLACA 2.





**Figura 4.8.** Plano de agrupamiento de vigas en el Proyecto Residencial Gold San Francisco.

**Fuente:** Proyecto Residencial Gold San Francisco (2013).

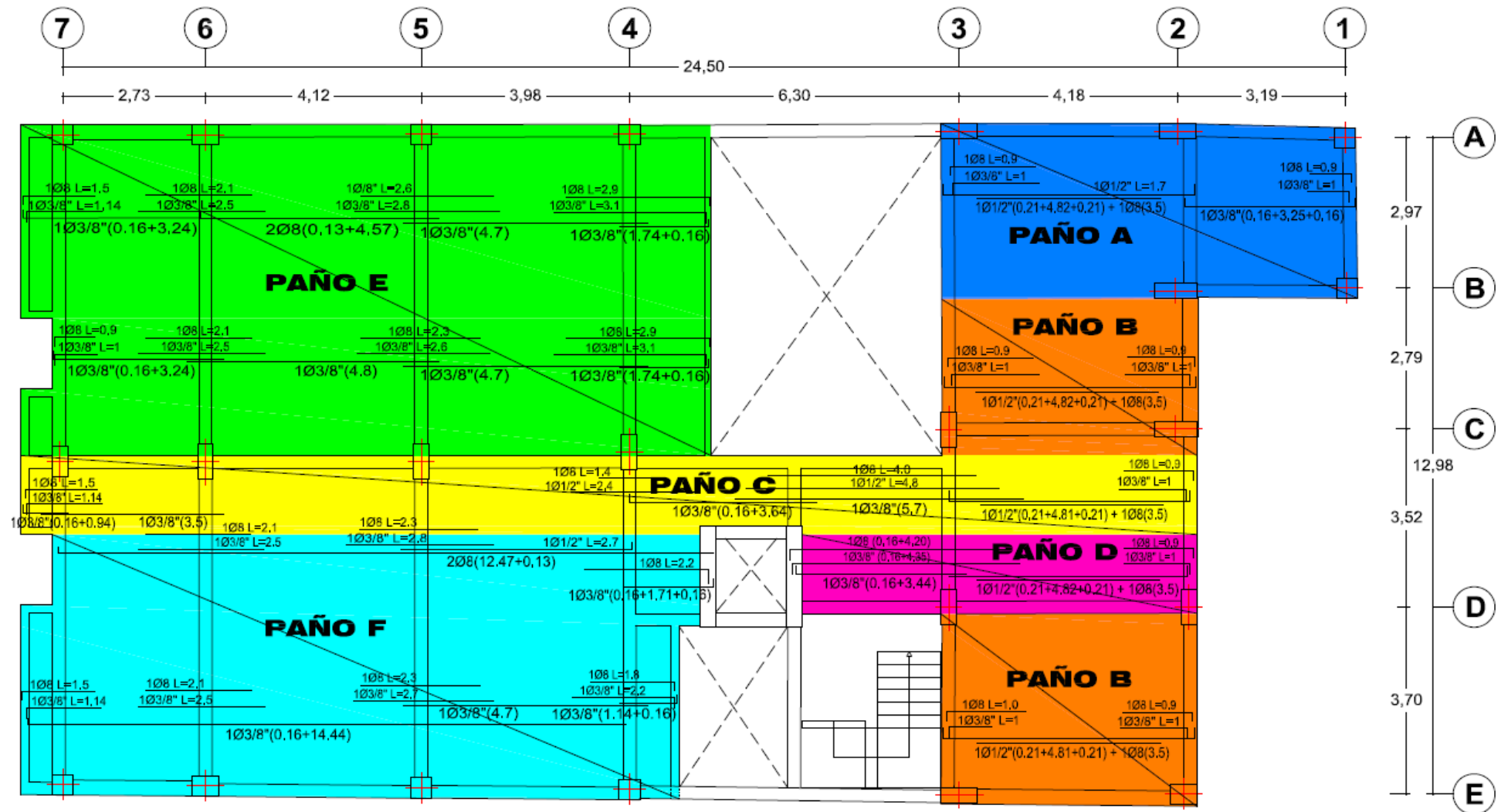


Figura 4.9. Plano de división de la losa aligerada en paños en el Proyecto Residencial Gold San Francisco.

Fuente: Proyecto Residencial Gold San Francisco (2013).

**Tabla 4.14.** Agrupamiento de vigas.

AGRUPAMIENTO DE VIGAS	DIMENSIONES (m x m)
V-135, V-136, V-137, V-138, V-139, V-140	0.25 x 0.40
V-119, V-120, V-121, V-122, V-123, V-108, V-109	0.25 x 0.40
V-124	0.25 x 0.40
V-117, V-118	0.25 x 0.50
V-115, V-116	0.25 x 0.50
V-113, V-114	0.25 x 0.50
V-111, V-112	0.25 x 0.50
V-126, V-127, V-128, V-129, V-130	0.25 x 0.40
V-101	0.25 x 0.40
V-102, V-103, V-104, V-100	0.25 x 0.40
V-105, V-106, V-107	0.25 x 0.40
V-125, V-133	0.25 x 0.40

**Fuente:** Plano de estructuras de Proyecto Residencial Gold San Francisco (2013).

Los criterios para agrupar las vigas son: Sus dimensiones geométricas, su configuración estructural, su distribución estructural, entre otros; de igual forma incide la proximidad entre estos elementos estructurales.

En la figura 4.9, geoméricamente los paños de las losas aligeradas sólo tienen en común su espesor de 0.20 m.; el criterio principal para dividirlo en paños es el armado del acero de las viguetas en losa.

**Tabla 4.15.** División de la losa aligerada en paños.

DIVISIÓN DE LOSAS	DIMENSIONES (m x m)
PAÑO A	8.12 X 3.55
PAÑO B	5.15 x 3.05
PAÑO C	22.50 x 1.30
PAÑO D	7.55 x 1.65
PAÑO E	13.08 X 6.53
PAÑO F	13.08 X 5.29

**Fuente:** Plano de estructuras de Proyecto Residencial Gold San Francisco (2013).



### 4.1.3 PRODUCTIVIDAD ANTES DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAS 5 “s”

Para medir la productividad de la mano de obra, el principal instrumento utilizado fue la carta balance, que permite mostrar los resultados de la ocupación del tiempo total de trabajo. Esta medición se centra en una actividad específica, desde un punto fijo, donde se apunta a cada minuto la actividad que realiza cada obrero (operario, oficial o peón), según las nomenclaturas para cada tipo de trabajo señaladas en la carta balance.

El proyecto de construcción en estudio cuenta con mano de obra calificada y no calificada en un total de 20 obreros, para la evaluación de la productividad de la mano de obra pre y post aplicación de la metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction se tomará en cuenta al total del personal obrero, debido a que estas personas son las que se encuentran involucradas directamente con el proyecto y mantienen una relación directa con lo que acontece durante la ejecución de la obra; por ende identifican las principales pérdidas y con qué frecuencia se presentan en sus frentes de trabajo.

Para los temas de transporte de materiales entre un piso y otro, como puede ser: transporte de acero, madera, poliestileno, entre otros materiales e insumos necesarios para el avance de la obra, se tomó dos peones que son mano de obra no calificada los cuales no serán tomados en cuenta en la presente investigación porque a estos se les encomienda labores puntuales y estos son cumplidos en su totalidad mayormente, además que estos son eventuales.

El estudio de la productividad antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s” se realizó en los pisos dos y tres de la construcción en condiciones normales de trabajo, respetando la metodología de trabajo que tiene cada uno de los obreros. Se realiza la medición del tiempo de trabajo de una actividad determinada en dos pisos diferentes, debido a que se recomienda tener como mínimo dos mediciones de una misma actividad.

En la tabla 4.16 se muestra el personal con que se cuenta para cumplir con los fines de la investigación.

**Tabla 4.16.** Personal obrero participantes en la implementación del Lean Construction

Obra : "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
 Presupuesto: "PROYECTO RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO"  
 Ejecuta: GRUPO INMOBILIARIO LOS FAROS SAC - DIVISIÓN CONSTRUCCIÓN  
 Lugar: CUSCO - CUSCO - WANCHAQ

PERSONAL DE OBRA							
Item	APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	NOMBRES	DNI	FECHA NACIMIENTO	CATEGORIA	FECHA DE INGRESO
1	HUAMAN	TAPIA	MARIANO	23893032	25/03/1969	M. OBRAS	15/04/2013
2	CCACYA	CUMPA	JOSE	43693076	24/09/1985	OPERARIO	15/04/2013
3	HUAMAN	RIVAS	LEONCIO	10640115	20/02/1964	OPERARIO	15/04/2013
4	TTITO	CONDORI	HILARIO	42162354	08/01/1984	OPERARIO	15/04/2013
5	CONDORI	APAZA	JAIME	41879970	12/01/1980	OPERARIO	15/04/2013
6	SACA	AYQUIPA	ESTANISLAO	24985916	29/11/1975	OPERARIO	15/04/2013
7	PÉREZ	SUCA	ROGER	43257393	17/06/1984	OFICIAL	15/04/2013
8	ESTRADA	QUISPE	EUSEBIO	80027494	18/05/1977	OFICIAL	15/04/2013
9	HUAMAN	TAPIA	HILARIO	25073670	03/11/1961	OFICIAL	15/04/2013
10	CRUZ	HUISA	SIXTO	25218863	28/03/1972	OFICIAL	15/04/2013
11	QUISPE	APAZA	GERMAN	43977537	02/12/1983	OFICIAL	15/04/2013
12	QQUESUHUALLPA	GARCIA	OCTAVIO	80010698	22/03/1977	OFICIAL	15/04/2013
13	QQUESUHUALLPA	YUCRA	PERCY	44885223	26/08/1987	OFICIAL	15/04/2013
14	QUISPE	LLAPONCCA	ISABELINO	41556597	01/10/1976	OFICIAL	15/04/2013
15	SUAREZ	RIVAS	ALEJANDRO	23967025	21/05/1974	OFICIAL	15/04/2013
16	QQUESUHUALLPA	CONDORI	NAZARIO	25219521	04/11/1973	PEON	15/04/2013
17	TTITO	QQUESHUALPA	DANIEL	25218988	10/07/1972	PEON	15/04/2013
18	QQUESUALLPA	QUISPE	BERNARDINO	25215893	20/08/1959	PEON	15/04/2013
19	QQUESUALLPA	CONDORI	EDWIN EDISON	45506545	03/11/1988	PEON	15/04/2013
20	CONDORI	CCAJAMARCA	JUAN	45332103	09/01/1980	PEON	15/04/2013

**Fuente:** Elaboración propia en base al control de asistencia del personal de obra.

El personal obrero para llevar a cabo los procesos constructivos de la estructura de la edificación, formó cuadrillas de acero y encofrado en base a afinidad, para la sub-partida de concreto se utilizó el premezclado, por lo que para su colocación participaron de manera indistinta una parte de los obreros.

Para el cimiento de la edificación se excavó 3.0 m debajo del nivel del terreno natural; la cimentación está conformado por losa de 0.60 de espesor, vigas de conexión y muro de contención perimetral, el proceso constructivo de estos elementos estructurales es de cuidado y considerando que en esta etapa se trabaja debajo del nivel del terreno, medir productividad no es confiable. La etapa de construcción de la primera losa o primer piso es también complicado

porque aún se trabaja debajo del nivel del terreno y no se tiene espacio suficiente en los diferentes frentes de trabajo, además de generarse gran cantidad de desperdicio de materiales, entonces medir productividad aún no es confiable.

A partir del segundo nivel los procesos constructivos son repetitivos, se trabaja sobre una losa aligerada determinada, se tiene espacio en los frentes de trabajo y se puede controlar las actividades que realiza el personal obrero.

### **Medición de los tiempos de trabajo antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”**

Para la presente investigación, medir numéricamente el tiempo del TP que emplea el personal de obra en el desarrollo de un proceso constructivo es medir la productividad de una determinada actividad. El tiempo del TNC, implica tiempo perdido en el proceso constructivo y el tiempo del TC es un tiempo que favorece a las actividades productivas.

Las actividades del TP y TC son diferentes e inherentes a cada sub-partida de los elementos estructurales en estudio; en tanto que, las actividades del TNC son similares.

#### **i. Medición de los tiempos de trabajo en la sub-partida de acero antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”.**

Antes de realizar la medición de los tiempos de trabajo en la sub-partida de acero, previo a la aplicación de la metodología de las 5”s”, es preciso identificar las actividades que comprenden el TP, TC y TNC de la sub-partidas de acero, encofrado y concreto de los elementos estructurales en estudio.

La sub-partida de **acero** en el elemento estructural de columnas está conformado por las actividades de:

#### **Trabajo productivo:**

- Amarrado/ Colocación del acero longitudinal.
- Colocación de estribos.
- Amarrado de alambre # 16.



**Trabajo contributorio:**

- Búsqueda de materiales (acero).
- Toma de nivel.
- Corte del acero.
- Moverse hacia otro punto de colocación.
- Tomar medidas (incluye el marcar con tiza).
- Abrir los paquetes de fierro con cizalla.
- Acarreo de material (fierro).
- Recibir /dar instrucciones.

**Trabajo no contributorio.**

- Esperas.
- Trabajo rehecho (volver a enderezar el fierro).
- Tiempo ocioso.
- Ir a servicios higiénicos.
- Viaje improductivo.

La sub-partida de **encofrado** en el elemento estructural de columnas tiene las actividades de:

**Trabajo productivo:**

- Colocación de puntales.
- Colocación de tapas.
- Colocación de soleras.
- Colocación de Arriostre.
- Amarrado de fondos.

**Trabajo contributorio:**

- Corte de material.
- Toma de niveles y plomada.
- Colocación de cantillón.
- Movimiento del material.
- Trazo en el material.
- Colocación de topes.



- Acarreo de material (madera).
- Recibir /dar instrucciones.

**Trabajo no contributorio.**

- Esperas.
- Trabajo rehecho.
- Tiempo ocioso.
- Ir a servicios higiénicos.
- Viaje improductivo.

Para la sub-partida de **concreto** del elemento estructural columnas se tiene:

**Trabajo productivo:**

- Colocación del concreto.
- Sujeción de la manguera.
- Vibrado del concreto.

**Trabajo contributorio:**

- Desplazamiento de la manguera
- Movimiento de la vibradora
- Colocación de topes / dados
- Instalación de la bomba telescópica
- lechado de la columna / vigas / losa
- Recibir /dar instrucciones

**Trabajo no contributorio (TNC):**

- Esperas.
- Trabajo rehecho.
- Tiempo ocioso.
- Ir a servicios higiénicos.
- Viaje improductivo.

Las actividades de las sub-partidas de acero, encofrado y concreto son específicas según el tipo de elemento estructural estudiado. La constitución de

las actividades para medir el TP, TC y TNC en placas, vigas y losas aligeradas se mencionan en las tablas posteriores de productividad antes y después de la aplicación de la metodología de las 5“s” de un determinado elemento estructural presentado.

Para conocer el TP, TC y TNC de la sub-partida de acero de columnas, se llena la carta balance siguiente:

**Tabla 4.17.** Carta balance de la sub-partida de acero en la columna C-1.

GRUPO INMOBILIARIO <b>LOS FAROS</b> División Construcción					<b>CARTA DE BALANCE</b>	
PARTIDA: ACERO EN COLUMNA C-1, C-3					<b>** PISO 2 **</b>	
Tiempo (minuto)	Obr. 1	Obr. 2	Obr. 3	Obr. 4	ACTIVIDAD :	ACERO EN COLUMNAS
1	X	E	X	E	DÍA :	02/04/2014
2	X	E	X	E	HORA INICIO :	09:20
3	X	X	X	X	<b>TRABAJO PRODUCTIVO - TP</b>	
4	E	E	E	E	<b>AAL</b>	Amarrado del acero longitudinal
5	Tm	X	E	X	<b>CE</b>	Colocación de estribos
6	Tm	Tm	Apf	Apf	<b>A1</b>	Amarrado de alambre # 16
7	Tm	Tm	Apf	Apf	<b>TRABAJO CONTRIBUTORIO - TC</b>	
8	Tm	Tm,	Apf	Apf	X	Búsqueda de materiales (acero)
9	Tm	N	N	N	Tn	Toma de nivel
10	Tm	N	N	N	Ca	Corte del acero
11	N	N	Am	Am	MOV	Moverse hacia otro punto de colocación
12	N	Tm	Am	Am	Tm	Tomar medidas (incluye marcar con tiza)
13	N	Tm	Am	Am	Apf	Abrir los paquetes de fierro con cizalla
14	Tm	N	Am	Am	Am	Acarreo de material (fierro)
15	Tm	MOV	N	Am	I	Recibir /dar instrucciones
16	Tm	MOV	N	N	<b>TRABAJO NO CONTRIBUTORIO - TNC</b>	
17	Tm	N	Am	N	E	Esperas
18	Tm	MOV	Am	MOV	R	Trabajo rehecho (volver a enderezar fierro)
19	Tm,	MOV	Am	MOV	N	Tiempo ocioso
20	E	MOV	E	MOV	BAÑO	Ir a servicios higiénicos
21	E	E	E	MOV	VIAJE	Viaje improductivo
22	E	E	MOV	MOV	<b>Cargo</b> <b>Nombres y apellidos</b>	
23	E	E	MOV	E	Obrero 1	OPERARIO      JOSÉ CCACYA CUMPA
24	MOV	Am	MOV	E	Obrero 2	OFICIAL      ROGER PÉREZ SUCA
25	MOV	Am	MOV	Am	Obrero 3	OFICIAL      EUSEBIO ESTRADA QUISPE
26	MOV	Am	MOV	Am	Obrero 4	PEÓN      NAZARIO QUESUHUALLPA C.
27	E	Am	E	Am		
28	E	Am	E	Am		
29	E	X	E	Am		
30	E	X	Tm	Am		
31	I	X	Tm	N		



Tiempo (minuto)	Obr. 1	Obr. 2	Obr. 3	Obr. 4
32	I	X	Tm	N
33	I	Am	Tm	N
34	I	Am	Tm	N
35	I	Am	I	Am
36	I	Am	I	Am
37	N	Am	I	Am
38	N	E	I	Am
39	N	E	Ca	Am
40	N	E	Ca	Am
41	N	E	Ca	Am
42	N	I	Ca	Ca
43	N	I	Ca	N
44	N	CE	Ca	N
45	N	CE	Ca	E
46	MOV	CE	E	E
47	MOV	CE	N	Ca
48	MOV	CE	MOV	Ca
49	MOV	CE	MOV	Ca
50	N	E	MOV	E
51	MOV	N	MOV	N
52	MOV	N	MOV	N
53	MOV	E	Tn	N
54	AAL	MOV	Tn	Am
55	AAL	CE	Tn	Am
56	AAL	CE	Tn	Am
57	Tm	CE	Tn	Am
58	AAL	CE	Tn	E
59	AAL	Tn	AAL	E
60	AAL	E	AAL	Ca
61	AAL	E	AAL	Ca
62	Tn	E	AAL	Ca
63	A1	E	AAL	Ca
64	A1	CE	N	Ca
65	N	CE	E	Ca
66	N	CE	A1	E
67	I	CE	A1	E
68	I	CE	A1	MOV
69	N	AAL	AAL	MOV
70	I	Tn	AAL	I
71	I	AAL	AAL	I
72	AAL	AAL	Tn	E
73	AAL	AAL	Tn	E
74	AAL	N	A1	Tn
75	AAL	E	A1	Tn
76	Tn	N	A1	Tn
77	AAL	N	AAL	E
78	AAL	CE	AAL	E
79	AAL	CE	E	AAL
80	N	CE	E	Tn
81	CE	CE	E	AAL

Tiempo (minuto)	Obr. 1	Obr. 2	Obr. 3	Obr. 4
82	CE	CE	E	AAL
83	CE	CE	A1	E
84	CE	A1	A1	E
85	CE	Tn	A1	MOV
86	Tn	A1	A1	MOV
87	CE	A1	Tn	MOV
88	N	E	A1	MOV
89	Tn	E	N	MOV
90	A1	N	N	MOV
91	A1	N	A1	MOV
92	A1	Tn	A1	MOV
93	N	A1	A1	N
94	N	Tn	A1	N
95	A1	A1	A1	Tn
96	A1	A1	A1	A1
97	Tn	Tn	A1	A1
98	N	N	A1	Tn
99	N	A1	Tn	A1
100	N	A1	A1	A1
101	Tn	A1	A1	Tn

ENCUESTADOR: Wilber Edwin Corahua Romero

**Fuente:** Elaboración propia en base a la medición de tiempos de trabajo en C-1

La carta balance de la tabla 4.17, representa al tiempo de trabajo de una cuadrilla de obreros en la sub-partida de acero en la columna C-1, evaluada en el segundo nivel de la construcción de la edificación; se observa que la cuadrilla está conformada por cuatro obreros: un operario, dos oficiales y un peón, así mismo se tiene contabilizado 101 minutos de trabajo por cuadrilla, es decir, cumplir con la tarea del proceso constructivo de acero en la columna C-1 tomó una hora con 41 minutos por cuadrilla. En cada minuto de trabajo evaluado, cada obrero realiza actividades ya sea del TP, TC o TNC indistintamente, los cuales son anotados en la carta balance para su posterior evaluación. Como guía se adjunta cuadros de las actividades que comprenden el TP, TC y TNC.

La frecuencia de ocurrencia de una actividad, es la suma de las veces en que se repite una actividad determinada de toda la cuadrilla de obreros durante el proceso constructivo en medición.

Los porcentajes de incidencia de cada actividad realizada se obtiene de la frecuencia de ocurrencia de dicha actividad, dividida entre el total de tiempo



empleado por todos los obreros de la cuadrilla, es decir para nuestro caso: 404 minutos, resultado de multiplicar 101 minutos por 4 obreros. Y para obtener el porcentaje del TP, TC o TNC, se suma el porcentaje de las actividades que están comprendidas dentro de ese tipo de trabajo que se desea determinar, el porcentaje de incidencia del trabajo productivo representa la productividad de esta actividad.

En la tabla 4.18 se presenta la frecuencia de ocurrencia de las actividades a evaluar, el porcentaje de incidencia y el porcentaje del TP, TC y TNC.

**Tabla 4.18.** Porcentajes de incidencia de las actividades de la sub-partida de acero en la columna C-1.

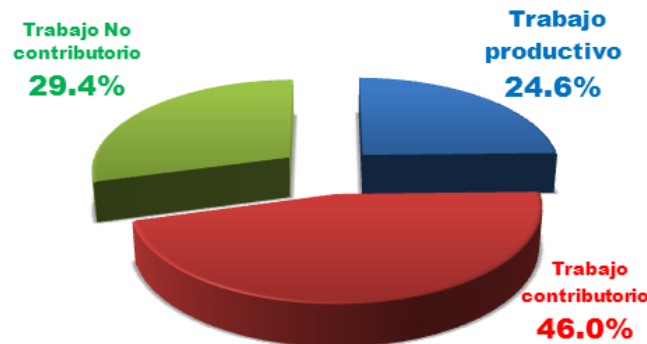
Tipo	Leyenda	Descripción de actividad	Frecuencia	Incid. total	%
TRABAJO PRODUCTIVO	AAL	Amarrado del acero longitudinal	31	7.7%	24.6%
	CE	Colocación de estribos	27	6.7%	
	A1	Amarrado de alambre # 16	41	10.2%	
TRABAJO CONTRIBUTORIO	X	Búsqueda de materiales (acero)	14	3.5%	46.0%
	Tn	Toma de nivel	29	7.2%	
	Ca	Corte del acero	17	4.2%	
	MOV	Moverse hacia otro punto de colocación	41	10.2%	
	Tm	Tomar medidas (incluye el marcar con	21	5.2%	
	Apf	Abrir los paquetes de fierro con cizalla	6	1.5%	
	Am	Acarreo de material (fierro)	39	9.7%	
	I	Recibir /dar instrucciones	18	4.5%	
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	E	Esperas	59	14.7%	29.4%
	R	Trabajo rehecho (volver a enderezar fie	0	0.0%	
	N	Tiempo ocioso	59	14.7%	
	BAÑO	Ir a servicios higiénicos	0	0.0%	
	VIAJE	Viaje improductivo	0	0.0%	

**Fuente:** Elaboración propia en base a la carta balance de la sub-partida de acero de C-1.

La actividad del trabajo productivo que tiene mayor incidencia es: Amarrado de alambre # 16, con un 10.2% del tiempo total empleado en esta sub-partida, en tanto que: Moverse hacia otro punto de colocación tiene una incidencia del 10.2%, es decir que tomamos ese tiempo en movernos para realizar una actividad del trabajo productivo, entretanto: Esperas y Tiempo ocioso, significan un 14.7% cada uno de ellos lo que implicaría que la actividad de Esperas se debería a los tiempos de espera ya sea por falta de material, personal o instrucciones, entre otros, es decir aquellas actividades

involuntarias por parte del obrero, pero el Tiempo ocioso es aquella actividad que son ocasionadas de manera consciente por el obrero, entre estas tenemos: contestar celular, comer, tomar bebidas, bromearse unos a otros, jugar, entre otros.

Los resultados para el TP, TC y TNC de la sub-partida de acero en la columna C-1 se presentan en la figura 4.10.



**Figura 4.10.** Productividad en la sub-partida de acero en la columna C-1 antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.10 se observa que el TP alcanza el 24.6% del tiempo empleado en la ejecución del proceso constructivo de la sub-partida de acero en la columna C-1, el cual es obtenido de la suma aritmética de los porcentajes de las actividades que lo conforman; el 46.0% en trabajos que contribuyen al TP y el 29.4% del tiempo en trabajos que no contribuyen al propósito del TP. Entonces sólo una cuarta parte del tiempo que se emplea en la ejecución de esta sub-partida es productivo, en tanto que la tercera parte es pérdida representado por el TNC.

Teniendo en cuenta el análisis del tiempo de trabajo para el TP, TC y TNC de la sub-partida de acero, se realiza el análisis para las demás sub-partidas de los elementos estructurales en estudio. Se realizó mediciones de los tiempos de trabajo de las actividades del proceso constructivo de las sub-partidas de acero, encofrado y concreto para cada elemento estructural en estudio. Con esos tiempos se determinó el TP, TC y TNC de las sub-partidas indicadas siguiendo los procedimientos señalados en la sub-partida de acero en la columna C-1.



Se obtiene un TP, TC y TNC de cada elemento estructural en estudio para el segundo piso y de ese mismo elemento estructural en el tercer piso. Promediando los valores del TP, TC y TNC de los elementos estructurales evaluados de los pisos dos y tres se obtiene un valor final del TP, TC y TNC de dicho elemento estructural evaluado antes de la aplicación de la metodología de las 5”s” del Lean Construction.

Para determinar el porcentaje total de incidencia de las actividades que conforman el TP, TC y TNC se sigue el procedimiento anterior descrito.

Los valores obtenidos en la tabla 4.17 son plasmados en la tabla 4.19 al igual que al de las demás sub-partidas de acero en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, los que son presentados en el DVD adjunto (“Procesamiento de datos tesis”).

En la tabla 4.19 se presenta los valores porcentuales de las actividades que conforman el proceso constructivo de la sub-partida de acero de todos los elementos estructurales en estudio, estas actividades a su vez están agrupadas según el TP, TC y TNC.

Otra aspecto a tener en cuenta, en la tabla 4.19 se observa que para determinadas actividades no se tienen valores en determinados elementos estructurales debido a que no son inherentes a estos, es así que “Colocación del acero de temperatura” es propia de una losa, así como “Colocación de estribos” se presenta en columnas, placas o vigas.



**Tabla 4.19.** Análisis de productividad en la sub-partida de ACERO por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Sub-partida: <b>ACERO</b>		COLUMNAS								PLACAS		VIGAS										LOSA						
		C-1, C-3, C-10, C-12	C-2, C-5, C-8, C-11	C-4, C-6, C-7, C-9	C-13, C-14, C-15, C-16	C-17, C-18, C-19, C-20	C-21	C-22, C-23	PLACA 1	PLACA 2	VIGA DERECHA V-138, V-136, V-137, V-138, V-139	VIGA LQUERDA V-118, V-119, V-120, V-121, V-122, V-123	VIGA V-124	VIGA HORIZONTAL V-113, V-114	VIGA HORIZONTAL V-115, V-116	VIGA HORIZONTAL V-117, V-118	VIGA HORIZONTAL V-111, V-112	VIGAS MEDIO V-128, V-127, V-128, V-129, V-130	VIGAS V-101	VIGAS V-102, V-103, V-104, V-100	VIGAS V-105, V-106, V-107	VIGAS V-125, V-133	PAÑO F	PAÑO A	PAÑO B	PAÑO C	PAÑO D	PAÑO E
<b>Tipo</b>		<b>SEGUNDO PISO</b>																										
<b>Descripción de actividad</b>		<b>SEGUNDO PISO</b>																										
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación / amarrado del acero longitudin	7.7%	6.9%	5.6%	9.0%	6.7%	6.3%	6.6%	5.5%	6.2%	6.0%	9.4%	6.6%	6.2%	6.6%	7.2%	6.6%	6.3%	9.6%	6.1%	6.5%	4.8%	11.9%	9.0%	13.5%	10.1%	12.4%	11.7%
	Colocación de acero de temperatura	6.7%	6.0%	5.6%	6.8%	6.2%	6.3%	6.6%	7.8%	7.7%	6.3%	8.6%	6.7%	6.8%	7.0%	6.5%	7.0%	7.1%	7.1%	6.4%	6.8%	6.1%	8.0%	3.2%	6.2%	9.5%	8.7%	8.6%
	Colocación de estribos	10.2%	14.2%	13.0%	11.5%	13.2%	11.6%	13.1%	19.8%	14.2%	9.9%	10.2%	10.8%	10.1%	10.8%	10.6%	10.8%	12.0%	8.3%	10.0%	10.8%	12.3%	8.0%	14.6%	13.3%	12.3%	12.1%	12.1%
	Amarrado de alambre # 16	3.5%	2.8%	3.5%	1.6%	1.7%	1.8%	1.9%	2.2%	2.3%	3.5%	2.6%	3.9%	3.3%	3.6%	3.5%	3.6%	3.2%	4.5%	3.5%	3.4%	4.8%	5.2%	5.1%	5.1%	5.2%	4.8%	3.8%
	Búsqueda de materiales (acero)	7.2%	3.3%	3.4%	3.1%	3.8%	3.4%	3.7%	3.9%	4.4%	1.7%	1.4%	0.9%	1.8%	1.8%	1.9%	1.8%	1.8%	0.6%	1.8%	1.7%	0.4%	4.0%	3.6%	3.8%	2.8%	2.1%	2.0%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Toma de nivel	4.2%	7.4%	7.5%	7.7%	7.0%	8.5%	8.1%	7.4%	7.9%	8.7%	11.2%	8.5%	7.7%	7.4%	7.6%	7.4%	7.4%	10.3%	8.5%	7.8%	9.7%	11.9%	11.9%	10.8%	9.2%	8.7%	10.3%
	Corte del acero	10.2%	12.6%	9.6%	10.6%	10.7%	11.4%	11.7%	9.1%	9.9%	12.9%	9.7%	12.6%	11.0%	12.0%	12.2%	12.0%	10.3%	8.1%	13.2%	11.8%	10.2%	11.9%	11.9%	10.8%	9.2%	8.7%	10.3%
	Moverse hacia otro punto de colocación	5.2%	5.7%	6.4%	5.9%	6.6%	6.4%	6.0%	5.1%	5.5%	7.4%	6.9%	6.2%	7.3%	6.5%	7.2%	6.5%	8.7%	7.1%	7.4%	6.5%	7.1%	11.9%	10.5%	9.3%	9.0%	11.4%	9.9%
	Tomar medidas (incluye el marcar con tiza)	1.5%	3.6%	2.7%	2.9%	2.5%	3.2%	2.9%	2.2%	2.3%	2.5%	2.1%	3.2%	3.1%	3.1%	3.0%	3.1%	2.7%	3.6%	2.6%	2.9%	3.9%	2.9%	3.4%	2.7%	3.7%	4.3%	3.2%
	Abrir los paquetes de fierro con cizalla	9.7%	5.0%	4.5%	3.8%	4.2%	4.8%	4.9%	3.1%	3.4%	3.8%	3.4%	3.2%	5.0%	5.0%	5.2%	5.0%	4.2%	5.6%	3.9%	4.8%	3.9%	4.4%	5.4%	5.1%	6.9%	5.5%	4.3%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Acarreo de material (fierro)	4.5%	2.2%	2.2%	3.7%	2.0%	2.2%	2.6%	2.2%	2.1%	3.8%	2.2%	3.9%	3.7%	3.4%	2.6%	3.4%	2.1%	1.3%	3.9%	3.1%	2.2%	3.6%	3.6%	2.7%	1.7%	3.0%	2.7%
	Recibir /dar instrucciones	14.7%	17.8%	15.7%	18.0%	14.5%	19.7%	23.2%	12.5%	14.4%	5.2%	2.1%	3.0%	4.6%	4.1%	3.3%	4.1%	2.9%	2.8%	5.1%	5.1%	3.2%	1.3%	1.7%	2.0%	2.4%	0.9%	2.0%
	Esperas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Trabajo rehecho (volver a enderezar fierro )	14.7%	11.2%	20.2%	14.5%	19.2%	12.8%	7.6%	18.9%	19.3%	26.5%	28.9%	25.9%	29.4%	27.3%	29.3%	27.3%	31.5%	28.2%	25.9%	26.6%	26.0%	26.8%	28.0%	25.7%	25.6%	26.1%	29.5%
	Tiempo ocioso	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	1.3%	2.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	1.1%	1.5%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%
RESUMEN	Ir a servicios higiénicos	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	1.6%	1.0%	0.4%	0.5%	0.6%	0.0%	1.8%	0.0%	1.4%	0.0%	1.4%	0.0%	0.6%	0.7%	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Viaje improductivo	24.6%	27.0%	24.2%	27.3%	26.1%	24.1%	26.4%	33.1%	28.1%	22.2%	28.2%	24.1%	23.1%	24.4%	24.3%	24.4%	25.4%	25.0%	22.5%	24.1%	23.2%	27.9%	26.8%	33.0%	31.8%	33.2%	32.4%
	<b>TP</b>	46.0%	42.6%	39.9%	39.4%	38.5%	41.7%	41.8%	35.1%	37.7%	44.3%	39.6%	42.4%	42.9%	42.7%	43.1%	42.7%	40.3%	41.0%	44.7%	42.0%	42.2%	44.0%	43.6%	39.4%	38.5%	39.8%	36.2%
<b>TC</b>	29.4%	30.3%	35.9%	33.3%	35.4%	34.2%	31.8%	31.8%	34.2%	33.4%	32.2%	33.5%	32.9%	32.9%	32.6%	32.9%	34.3%	34.0%	32.8%	34.0%	34.6%	28.1%	29.7%	27.7%	29.7%	27.0%	31.5%	
<b>TNC</b>																												
<b>Tipo</b>		<b>TERCER PISO</b>																										
<b>Descripción de actividad</b>		<b>TERCER PISO</b>																										
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación / Amarrado del acero longitudin	7.3%	8.6%	5.8%	6.5%	7.4%	8.0%	5.1%	5.0%	5.7%	6.1%	11.1%	7.0%	5.8%	5.9%	6.8%	5.9%	6.3%	6.9%	6.1%	6.2%	6.1%	9.5%	9.5%	13.4%	10.9%	12.6%	16.7%
	Colocación de acero de temperatura	5.7%	5.9%	5.5%	6.5%	7.0%	6.5%	6.9%	8.2%	7.7%	7.6%	7.4%	7.7%	6.1%	6.3%	7.0%	6.3%	6.9%	7.1%	7.3%	6.5%	6.7%	5.4%	6.8%	5.1%	10.4%	6.8%	8.2%
	Colocación de estribos	9.6%	9.1%	12.0%	10.8%	11.1%	10.1%	12.9%	20.8%	15.5%	11.5%	10.6%	12.9%	11.1%	12.0%	10.8%	12.0%	12.2%	12.3%	11.6%	10.5%	11.6%	10.2%	12.1%	12.4%	13.7%	11.8%	8.7%
	Amarrado de alambre # 16	2.1%	2.5%	3.0%	2.8%	2.9%	2.6%	2.1%	1.3%	2.3%	3.5%	2.6%	3.4%	3.2%	3.1%	3.2%	3.1%	2.5%	3.4%	3.5%	2.9%	3.2%	5.2%	4.9%	5.4%	4.9%	3.9%	3.0%
	Búsqueda de materiales (acero)	4.1%	3.5%	3.3%	3.7%	2.9%	3.5%	2.8%	3.5%	4.2%	1.7%	1.5%	1.6%	1.9%	1.9%	2.0%	1.9%	1.7%	1.8%	1.7%	1.7%	1.9%	3.9%	3.3%	4.9%	2.3%	3.7%	4.9%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Toma de nivel	8.9%	7.7%	8.3%	8.6%	7.3%	9.5%	10.5%	7.1%	8.0%	8.3%	9.0%	8.0%	7.7%	7.6%	8.1%	7.6%	8.6%	5.4%	8.4%	8.4%	6.0%	3.9%	3.3%	4.9%	2.3%	3.7%	4.9%
	Corte del acero	12.3%	11.1%	11.2%	10.8%	11.4%	10.1%	9.2%	8.4%	9.9%	12.9%	10.2%	13.2%	10.7%	10.6%	10.4%	10.6%	11.9%	12.5%	13.0%	11.3%	13.3%	12.0%	11.5%	10.0%	10.0%	9.3%	9.5%
	Moverse hacia otro punto de colocación	6.6%	6.1%	6.5%	6.0%	5.2%	5.6%	5.7%	5.1%	5.5%	7.4%	6.3%	7.9%	8.1%	8.0%	7.5%	8.0%	7.7%	6.3%	7.5%	7.9%	7.5%	10.2%	10.4%	10.2%	8.1%	9.1%	7.7%
	Tomar medidas (incluye el marcar con tiza)	3.2%	3.9%	3.5%	2.9%	3.6%	2.7%	3.9%	2.5%	2.3%	2.9%	2.1%	2.8%	3.2%	3.1%	2.9%	3.1%	3.1%	3.1%	2.9%	3.0%	3.3%	3.9%	4.0%	3.2%	5.1%	3.5%	2.5%
	Abrir los paquetes de fierro con cizalla	5.3%	5.1%	4.5%	4.5%	3.9%	4.2%	4.8%	2.7%	3.4%	3.9%	3.0%	3.9%	5.3%	5.2%	6.3%	5.2%	4.0%	4.3%	4.0%	4.3%	5.3%	4.6%	4.9%	6.8%	4.6%	5.2%	6.3%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Acarreo de material (fierro)	2.8%	2.2%	2.3%	3.4%	2.6%	3.2%	2.1%	1.9%	2.3%	3.5%	3.0%	2.5%	3.7%	3.6%	3.0%	3.6%	2.8%	3.3%	3.5%	3.2%	2.8%	2.3%	1.8%	1.2%	2.5%	2.1%	2.1%
	Recibir /dar instrucciones	23.8%	18.5%	20.0%	19.6%	16.2%	20.8%	16.0%	10.1%	13.5%	5.0%	2.3%	3.1%	3.7%	3.6%	2.9%	3.6%	2.2%	4.3%	5.0%	4.8%	3.7%	2.3%	2.2%	1.5%	0.7%	1.7%	1.6%
	Esperas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Trabajo rehecho (volver a enderezar fierro )	7.3%	14.1%	12.0%	13.3%	15.3%	12.5%	17.9%	23.2%	19.4%	24.2%	30.0%	23.1%	29.6%	29.0%	29.2%	29.0%	28.5%	26.8%	23.7%	29.4%	26.3%	30.5%	28.7%	26.0%	26.9%	30.2%	28.8%
	Tiempo ocioso	0.0%	1.7%	1.8%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.9%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	1.1%	0.9%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
RESUMEN	Ir a servicios higiénicos	1.1%	0.0%	0.2%	0.6%	1.5%	0.6%	0.0%	0.3%	0.5%	0.6%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.3%	0.6%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Viaje improductivo	22.6%	23.6%	23.3%	23.8%	25.5%	24.5%	25.0%	34.0%	28.9%	25.1%	29.1%	27.7%	23.0%	24.1%	24.6%	24.1%	25.5%	26.3%	25.1%	23.2%	24.4%	25.1%	28.5%	30.9%	35.0%	31.3%	33.6%
	<b>TP</b>	45.3%	42.1%	42.7%	42.7%	39.7%	41.7%	41.1%	32.4%	37.8%	44.0%	37.7%	43.5%	43.7%	43.2%	43.4%	43.2%	42.3%	40.2%	44.5%	42.7%	43.3%	42.1%	40.6%	41.6%	37.5%	36.9%	36.0%
<b>TC</b>	32.1%	34.3%	34.0%	33.5%	34.8%	33.8%	33.9%	33.6%	33.3%	30.9%	33.2%	28.9%	33.3%	32.6%	32.1%	32.6%	32.3%	33.5%	30.4%	34.1%	32.3%	32.8%	30.9%	27.5%	27.5%	31.9%	30.3%	
<b>TNC</b>																												

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 4.19, se calcula el porcentaje de incidencia de las actividades que conforman los tipos de trabajo por cada elemento estructural, el cual es el resultado de promediar las incidencias de una misma actividad para un tipo de elemento estructural determinado (columnas, placas, vigas o losas aligeradas) y el Índice General de productividad pre-aplicación de la metodología de las 5”s” por actividad para esta sub-partida, es el resultado de promediar los porcentajes de la incidencia general en columnas, placas, vigas y losas aligeradas por actividad.

Por otro lado, el TP, TC y TNC de esta sub-partida por elemento estructural, es el promedio del porcentaje de incidencia de todas las actividades que conforman el tipo de trabajo para esta sub-partida de dicho elemento estructural en estudio. Procedimiento similar para calcular el TP, TC y TNC del índice general de productividad pre aplicación para esta sub-partida

**Tabla 4.20.** Productividad en la sub-partida de acero de columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

		PRODUCTIVIDAD PRE APLICACIÓN				ÍNDICE GENERAL DE PRODUCTIVIDAD PRE APLICACIÓN
		COLUMNAS	PLACAS	VIGAS	LOSA	
<b>Sub-partida:</b> <b>ACERO</b>						
Tipo	Descripción de actividad					
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación / amarrado del acero longitudinal	7.0%	5.6%	6.8%	11.8%	7.8%
	Colocación de acero de temperatura				7.2%	1.8%
	Colocación de estribos	6.3%	7.8%	6.9%		5.3%
	Amarrado de alambre # 16	11.6%	17.6%	11.1%	11.8%	13.0%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Búsqueda de materiales (acero)	2.5%	2.0%	3.4%	4.7%	3.1%
	Toma de nivel	3.7%	4.0%	1.6%		2.3%
	Corte del acero	7.9%	7.6%	8.1%	3.4%	6.8%
	Moverse hacia otro punto de colocación	10.9%	9.3%	11.5%	10.4%	10.5%
	Tomar medidas (incluye el marcar con tiza)	6.0%	5.3%	7.3%	9.8%	7.1%
	Abrir los paquetes de fierro con cizalla	3.1%	2.3%	3.0%	3.5%	3.0%
	Acarreo de material (fierro)	4.9%	3.1%	4.5%	5.3%	4.5%
	Recibir /dar instrucciones	2.7%	2.1%	3.1%	2.4%	2.6%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	18.5%	12.6%	3.7%	1.7%	9.1%
	Trabajo rehecho (volver a enderezar fierro )	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	13.8%	20.2%	27.6%	27.7%	22.3%
	Ir a servicios higiénicos	0.6%	0.0%	0.8%	0.1%	0.4%
	Viaje improductivo	0.5%	0.4%	0.7%	0.0%	0.4%
<b>TP</b>		24.9%	31.0%	24.7%	30.8%	<b>27.8%</b>
<b>TC</b>		41.8%	35.7%	42.5%	39.7%	<b>39.9%</b>
<b>TNC</b>		33.3%	33.2%	32.8%	29.5%	<b>32.2%</b>

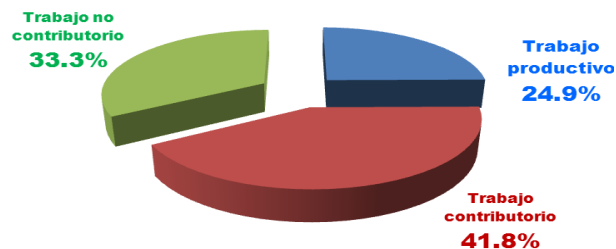
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la tabla 4.20 proyectan que el “Amarrado de alambre # 16” es la actividad que tiene mayor incidencia del TP con un 13.0%, en tanto que el “Moverse hacia el otro punto de colocación” es la actividad que más se

repite en el TC con un 10.5%, entretanto que “Trabajo ocioso” es la actividad más frecuente en el TNC así como de todo el proceso constructivo de esta sub-partida alcanzando el 22.3%, lo que implica que el “Tiempo ocioso” representa alrededor de una cuarta parte del tiempo empleado en la ejecución de ese proceso constructivo.

En las figuras subsiguientes, se presenta de cómo es la distribución del tiempo empleado en la ejecución de un proceso constructivo de la sub-partida de acero de un elemento estructural determinado.

- **Caso: sub-partida de acero en columnas.**

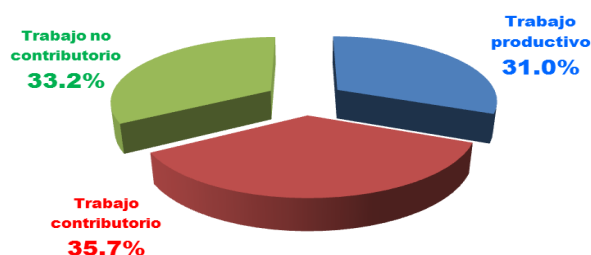


**Figura 4.11.** Productividad en la sub-partida de acero en columnas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.11, para la sub-partida de acero en columnas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”, el TP es 24.9% que representa la cuarta parte del tiempo de trabajo total, en tanto que, el TC alcanza el 41.8% y el tiempo perdido es 33.3%, es decir una tercera parte del tiempo total. Como se mencionó anteriormente el TP representa la “Productividad” y el TNC son las “Pérdidas” de la mano de obra o tiempo perdido de la mano de obra.

- **Caso: sub-partida de acero en placas.**

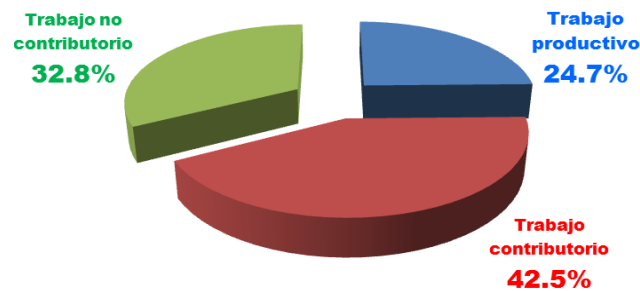


**Figura 4.12.** Productividad en la sub-partida de acero en placas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.12, la productividad alcanzada en la sub-partida de acero en placas antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”, es el 31.0% y el trabajo que contribuyó para alcanzar ese porcentaje de productividad es 35.7%, en tanto que, las pérdidas que se presentan son del orden del 33.2%.

▪ **Caso: sub-partida de acero en vigas.**

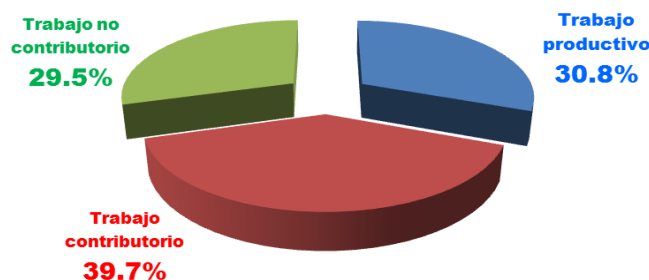


**Figura 4.13.** Productividad en la sub-partida de acero en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.13, la productividad alcanzada en la sub-partida de acero en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5“s” es 24.7% para lo que se utilizó un 42.5% de TC, en tanto que, las pérdidas alcanzadas son del 32.8%, lo que se puede apreciar en la figura 4.13.

▪ **Caso: sub-partida de acero en losas aligeradas.**



**Figura 4.14.** Productividad en la sub-partida de acero en losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.14, en la sub-partida de acero en el elemento estructural; losas aligeradas, la productividad alcanzada es 30.8%, el trabajo que contribuyó a ello es 39.7% y las pérdidas que se presentan son el 29.5%.

En el proceso constructivo para la sub-partida de acero en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, el que presenta mayor productividad son las placas con un 31.0% debido que es un elemento donde se tiene más espacio para trabajar, y al tener mayor metrado de acero, los obreros le prestan mayor atención, en contraparte, también tiene mayor porcentaje de pérdidas porque se perdió tiempo de trabajo en un 12.6 % en “Esperas” al momento de acopiar materiales por estar en desorden la obra y 20.2% en “Tiempo ocioso”.

**ii. Medición de los tiempos de trabajo en la sub-partida de encofrado antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”.**

Al igual que la tabla 4.20 se cuantificó el tiempo de trabajo en las actividades que conllevan a cumplir el proceso constructivo de la sub-partida de encofrado en los elementos estructurales en estudio, lo que es mostrado en el Anexo I: “Análisis de productividad en la sub-partida de encofrado por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5”s” ”. Los resultados son resumidos en la tabla 4.21

**Tabla 4.21.** Productividad en la sub-partida de encofrado de columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

		PRODUCTIVIDAD PRE APLICACIÓN				INDICE GENERAL DE PRODUCTIVIDAD PRE - APLICACIÓN
		COLUMNAS	PLACAS	VIGAS	LOSA	
<b>Sub -partida: ENCOFRADO</b>						
Tipo	Descripción de actividad					
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación de puntales	4,9%	4,8%	7,2%	10,5%	6,8%
	Colocación de tapas	6,7%	4,5%	7,5%		4,7%
	Colocación de tablas LOSA				15,9%	4,0%
	Colocación de soleras	3,7%	5,2%		6,9%	3,9%
	Colocación de fondo de VIGAS			3,8%		0,9%
	Colocación de Arriestre	5,3%	10,3%	6,2%		5,4%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Amarrado de fondos	13,0%	11,8%	4,6%		7,4%
	Corte de material	2,6%	1,4%	3,6%	4,3%	3,0%
	Toma de niveles y Plomada	4,3%	4,6%	4,9%	4,3%	4,5%
	colocacion de cantillon	3,7%	3,5%	3,8%		2,8%
	Movimiento del material	7,8%	5,3%	8,7%	15,6%	9,3%
	trazo en el material	3,9%	3,0%	4,2%	4,2%	3,8%
	colocacion de topes	4,1%	3,3%	4,5%		3,0%
	Acarreo de material (madera )	2,9%	3,1%	2,6%	3,0%	2,9%
	Recibir /dar instrucciones	1,6%	1,1%	2,6%	2,5%	1,9%
	Esperas	11,6%	12,2%	6,2%	3,5%	8,4%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Trabajo rehecho (volver a encofrar)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Tiempo ocioso	21,0%	23,4%	29,7%	29,2%	25,8%
	Ir a servicios higiénicos	1,5%	1,7%	0,0%	0,2%	0,9%
	Viaje improductivo	1,4%	0,7%	0,0%	0,0%	0,5%
<b>TP</b>		33,6%	36,6%	29,2%	33,2%	33,2%
<b>TC</b>		30,9%	25,3%	34,9%	33,9%	31,3%
<b>TNC</b>		35,5%	38,0%	36,0%	32,8%	35,6%

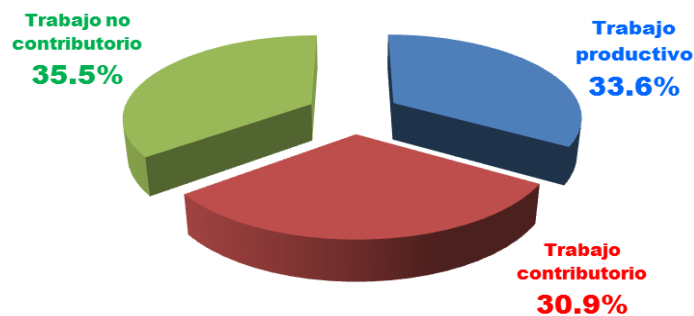
Fuente: Elaboración propia.



En la tabla 4.13, las actividades: “Amarrado de fondos” y “Colocación de puntales” son las que más inciden con 7.4 % y 6.8% respectivamente, la primera es donde se pone el encofrado en plomada y geoméricamente acabado, es el último retoque para colocar el concreto en el encofrado; mientras la colocación de puntales se presenta en el encofrado de los todo los elementos estructurales en estudio. Por otra parte, el “Tiempo ocioso” es la actividad que más pérdidas ocasiona con un 25.8%, la cuarta parte del tiempo total empleado en la ejecución de esta sub-partida y el de mayor incidencia en el TNC.

En las figuras subsiguientes se presenta la distribución de los tiempos empleados en la ejecución del proceso constructivo de la sub-partida de encofrado de los elementos estructurales estudiados:

- **Caso: sub-partida de encofrado en columnas.**

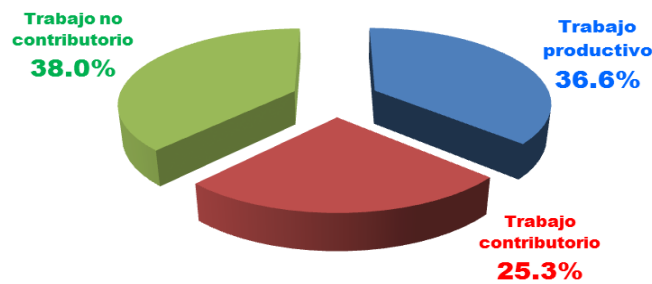


**Figura 4.15.** Productividad en la sub-partida de encofrado en columnas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.15, en la sub-partida de encofrado en columnas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”, la productividad es del orden de 33.6%, las pérdidas alcanzan el 35.5%, más de la tercera parte del tiempo de trabajo, pero los trabajos que contribuyen a alcanzar ese porcentaje de productividad es 30.9%, se observa que en esta partida las pérdidas de la mano de obra superan al TP.

- **Caso: sub-partida de encofrado en placas.**

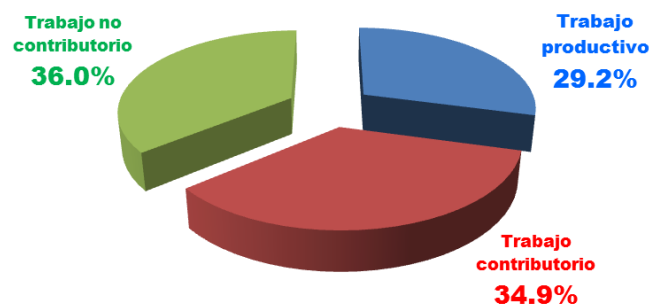


**Figura 4.16.** Productividad en la sub-partida de encofrado en placas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.16, en la sub-partida de encofrado en placas antes de la aplicación de la metodología de la aplicación de la metodología de las 5 "s", la productividad alcanza el 36.6%, debido que en esta etapa ya se tiene moldes o formas preparadas por tipo de columna y placa; pero contrariamente las pérdidas aumenta hasta 38.0% y el trabajo contributivo baja a 25.3%

- **Caso: sub-partida de encofrado en vigas.**

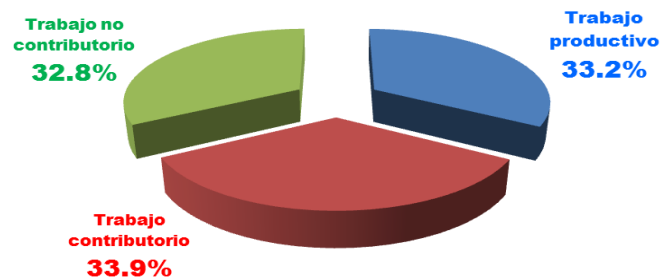


**Figura 4.17.** Productividad en la sub-partida de encofrado en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.17, la productividad en la sub-partida de encofrado en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s" es 29.2%, el trabajo contributivo es 34.9% y las pérdidas alcanzan el 36.0%. Entonces, menos de la tercera parte del tiempo total de trabajo es productivo. En tanto que más de la tercera parte de ese tiempo empleado en este proceso constructivo son pérdidas.

- **Caso: sub-partida de encofrado en losas aligeradas.**



**Figura 4.18.** Productividad en la sub-partida de encofrado en losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.18, en la sub-partida de encofrado en losas aligeradas en evaluación antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”, la productividad alcanza el 33.2%, en tanto que, el trabajo contributivo es 33.9% y las pérdidas alcanzan el 32.8%.

En la ejecución de la sub-partida de encofrado en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, el que presenta mayor productividad es el encofrado en placas, debido a que sólo se tiene dos placas para la caja del ascensor y en esta etapa ya se tiene formas y fondos preparados, además de tener más espacio y estar ambas placas juntas; pero en contraparte, las pérdidas en placas también es la más alta debido a las esperas.

**iii. Medición de los tiempos de trabajo en la sub-partida de concreto antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”.**

Para la colocación del concreto en los elementos estructurales de la edificación se usó el concreto premezclado suministrado por la planta concretera del Grupo Inmobiliario LOS FAROS S.A.C, entonces la evaluación del tiempo de trabajo se realizó considerando el tipo de concreto suministrado.

En el Anexo II: “Análisis de productividad en la sub-partida de concreto por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s””, se presenta los tiempos de trabajo que se cuantificaron en la ejecución del proceso productivo para la sub-partida de concreto en los elementos estructurales en estudio. En la tabla 4.14, se presentan un resumen de estos resultados:

**Tabla 4.22.** Productividad en la sub-partida de concreto de columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

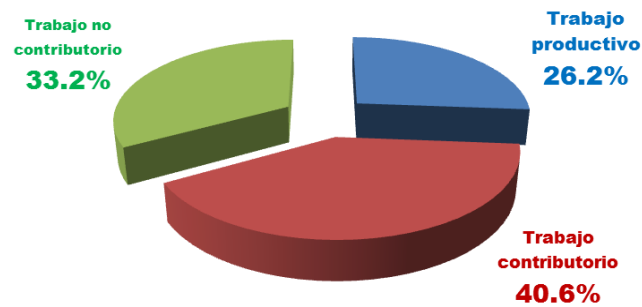
Sub-partida: <b>CONCRETO</b>		PRODUCTIVIDAD PRE APLICACIÓN				INDICE GENERAL DE PRODUCTIVIDAD PRE APLICACION
		COLUMNAS	PLACAS	VIGAS	LOSA	
Tipo	Descripción de actividad					
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación del concreto	5.9%	9.8%	10.1%		6.5%
	Sujeción de la manguera	11.5%	21.5%	19.5%	13.4%	16.5%
	Regleado de la losa				10.6%	2.6%
	Vibrado del concreto	5.9%	9.2%	10.1%	5.3%	7.6%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	Desplazamiento de la manguera	6.4%	3.3%	3.1%		3.2%
	Movimiento de la vibradora	5.0%	9.8%	8.7%	6.6%	7.5%
	Dispersión de la mezcla				12.6%	3.2%
	Colocación de topes / dados	6.1%	3.4%	3.4%	4.4%	4.3%
	Instalacion de la bomba telescopica	7.9%	3.4%	4.3%	4.9%	5.1%
	lechado de la columna / vigas / losa	6.7%	2.8%	3.1%	4.1%	4.2%
	Recibir /dar instrucciones	9.5%	3.3%	3.2%	3.9%	5.0%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	Esperas	12.2%	11.2%	5.9%	4.7%	8.5%
	Trabajo rehecho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	22.3%	21.5%	28.5%	29.5%	25.5%
	Ir a servicios higiénicos	0.6%	1.0%	0.0%	0.0%	0.4%
	Viaje improductivo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<b>TP</b>		23.3%	40.4%	39.8%	29.2%	33.2%
<b>TC</b>		41.5%	26.0%	25.8%	36.6%	32.5%
<b>TNC</b>		35.2%	33.6%	34.4%	34.2%	34.3%

Fuente: Elaboración propia.

En el resumen de la tabla 4.22, la actividad: “Tiempo ocioso” es la actividad que se presenta con más frecuencia con un 25.5%, es decir una cuarta parte del tiempo de trabajo total, “Sujeción de la manguera” es la segunda actividad que tiene más incidencia en el tiempo total de trabajo con un 16.5%, esto porque para la sujeción de la manguera se requiere de más obreros por la fuerza con que se bombea el concreto. De las actividades que contribuyen a la productividad es el “Movimiento de la vibradora” con un 7.5%, esto además del trasladar de una lugar a otro la vibradora incluye las maniobras que se hacen al encender y apagar dicho equipo.

En las subsiguientes figuras se muestran los resultados del tiempo de trabajo realizados para la sub-partida de concreto en los elementos estructurales estudiados:

- **Caso: sub-partida de concreto en columnas.**

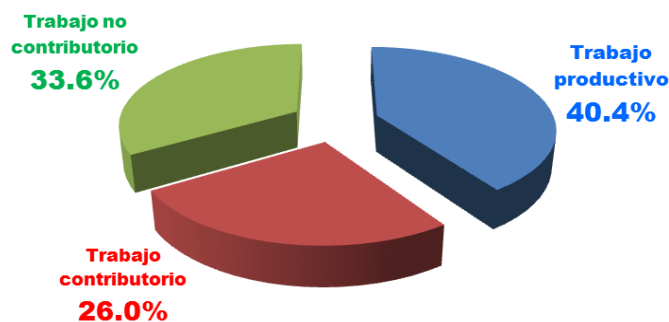


**Figura 4.19.** Productividad en la sub-partida de concreto en columnas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.19, se observa que la productividad en la sub-partida de concreto en columnas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s" es 26.2%, en tanto que, las pérdidas alcanzan el 33.2%, una tercera parte del tiempo total de trabajo; por otra, el trabajo que contribuye a la productividad es 40.6%.

- **Caso: sub-partida de concreto en placas.**

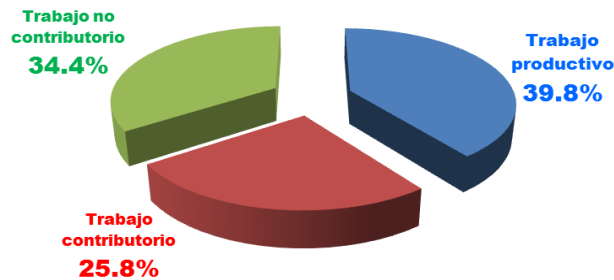


**Figura 4.20.** Productividad en la sub-partida de concreto en placas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.20, la sub-partida de concreto en placas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s" tiene una productividad de 40.4%, las pérdidas que se presentan son 33.6% y el trabajo contributivo es solamente 26.0%.

- **Caso: sub-partida de concreto en vigas.**

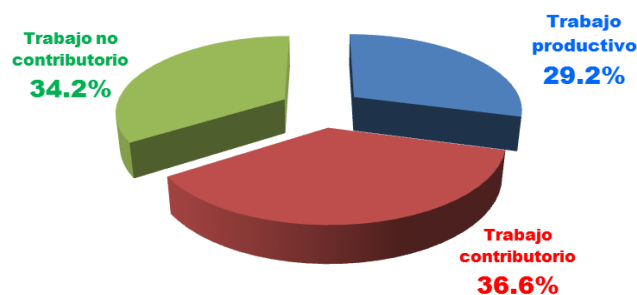


**Figura 4.21.** Productividad en la sub-partida de concreto en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.21, la productividad en la sub-partida de concreto en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s" es 39.8% y las pérdidas alcanzan el 34.4% y el trabajo que contribuye a la productividad es 25.8%

- **Caso: sub-partida de concreto en losas aligeradas.**



**Figura 4.22.** Productividad en la sub-partida de concreto en losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

De la figura 4.22, la sub-partida de concreto en losas aligeradas evaluadas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s" del tiempo de trabajo total se alcanza una productividad de 29.2%, con un trabajo de 36.6% que contribuye a obtener esa productividad, pero las pérdidas que se presentan son el 34.2%.

Para esta sub-partida de concreto en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, el elemento estructural que alcanza mayor productividad son las placas con un 40.4%, debido a su forma rectangular y sus dimensiones facilitan la colocación del concreto; y, dónde presenta mayor porcentaje de pérdidas son las vigas con 34.4%.

**iv. Resumen de la productividad antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.**

Después de la evaluación del comportamiento del tiempo de trabajo en los diferentes elementos estructurales estudiados, se realiza un resumen del TP, TC y TNC en cada una de las sub-partidas de acero, encofrado y concreto, antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”, resumidos en la tabla siguiente, dónde el Índice de Productividad Parcial es el Trabajo Productivo en la sub-partida en el elemento estructural respectivo y el Índice de Productividad General es el promedio de los índice de productividad parcial de sus respectivas sub-partidas.

**Tabla 4.23.** Resumen por tipo de trabajo en las sub-partidas: acero, encofrado y concreto en columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Elemento estructural	Descripción sub-partida	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	Índice de Productividad Parcial	Índice de productividad General
COLUMNAS	Acero	24.9%	41.8%	33.3%	24.9%	27.3%
	Encofrado	33.6%	30.9%	35.5%	33.6%	
	Concreto	23.3%	41.5%	35.2%	23.3%	
PLACAS	Acero	31.0%	35.7%	33.2%	31.0%	36.0%
	Encofrado	36.6%	25.3%	38.0%	36.6%	
	Concreto	40.4%	26.0%	33.6%	40.4%	
VIGAS	Acero	24.7%	42.5%	32.8%	24.7%	31.2%
	Encofrado	29.2%	34.9%	36.0%	29.2%	
	Concreto	39.8%	25.8%	34.4%	39.8%	
LOSA	Acero	30.8%	39.7%	29.5%	30.8%	31.1%
	Encofrado	33.2%	33.9%	32.8%	33.2%	
	Concreto	29.2%	36.6%	34.2%	29.2%	

**Fuente:** Elaboración propia.

De la tabla 4.23, en el elemento estructural columnas la sub-partida de encofrado es la que presenta mayor índice de productividad: 33.6%, también es la que tiene mayor índice de pérdida: 35.5%. En las placas, la sub-partida de concreto es la que presenta mayor índice de productividad: 40.4% y la sub-partida de encofrado presenta mayor índice de pérdida: 38.8%; en el elemento estructural vigas, la sub-partida de concreto es la que presenta mayor índice de

productividad con 39.8% y el que presenta mayor índice de pérdidas es la sub-partida de encofrado con 36.0%. Para el elemento estructural losas aligeradas, la sub-partida de encofrado es la que presenta mayor índice de productividad con 33.2% y la sub-partida de concreto es la que presenta mayor índice de pérdidas con 34.2%.

En la tabla 4.24 se resumen los índices del TP, TC y TNC de los elementos estructurales: Columnas, placas, vigas y losas aligeradas, además del índice de productividad general antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s” de la filosofía Lean Construction.

**Tabla 4.24.** Resumen de productividad en columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Elemento estructural	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
COLUMNAS	27.3%	38.1%	34.7%
PLACAS	36.0%	29.0%	34.9%
VIGAS	31.2%	34.4%	34.4%
LOSA	31.1%	36.7%	32.2%
	<b>31.4%</b>	<b>34.6%</b>	<b>34.0%</b>

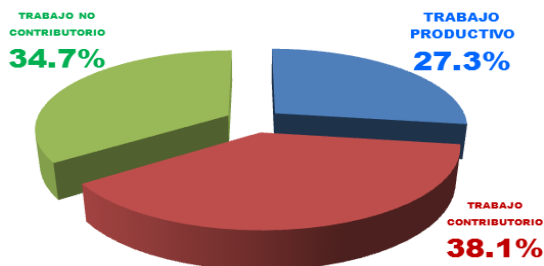
**Fuente:** Elaboración propia.

El elemento estructural placas es la presenta mayor índice de productividad con 36.0%, la ejecución de procesos constructivos en columnas con 27.3% es la que menor índice de productividad presenta; en columnas se presenta mayor trabajo contributorio con 38.1% y la que tiene menor trabajo contributorio son la placas; las columnas, placas y vigas son las que presentan similar índice de pérdidas con 34.7%, 34.9% y 34.4% respectivamente y las losas aligeradas con 32.2% es la que tiene menor pérdidas.

Promediando los valores obtenidos de los índices del trabajo realizado en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, se obtiene los índices generales del TP, TC y TNC. En los gráficos siguientes se ilustran los resultados de la tabla 4.16.



- **Caso: Elemento estructural: columnas antes de aplicación de las 5 "s".**

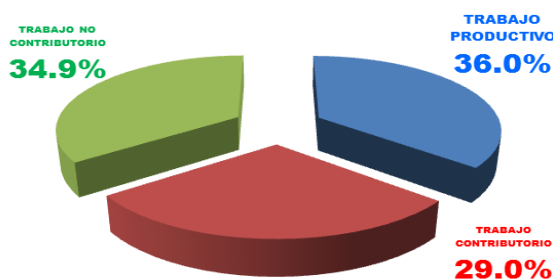


**Figura 4.23.** Productividad en columnas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

Fuente: Elaboración propia.

De la figura 4.23, del total del tiempo de trabajo empleado en los procesos constructivos en columnas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s", el 27.3% es productivo, el 38.1% contributorio y 34.7% son pérdidas.

- **Caso: Elemento estructural: placas antes de aplicación de las 5 "s".**

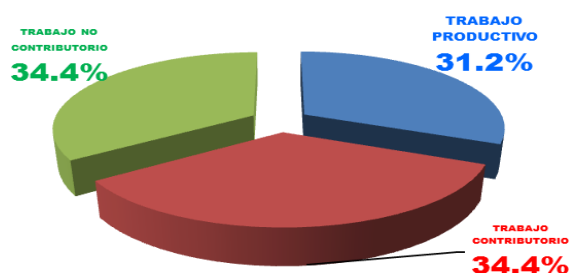


**Figura 4.24.** Productividad en placas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

Fuente: Elaboración propia.

De la figura 4.24, del total de tiempo trabajado en los procesos constructivos en placas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s", el 36.0% es productivo, 29.0% es contributorio y 34.9% son pérdidas.

- **Caso: Elemento estructural: vigas antes de la aplicación de las 5 "s".**

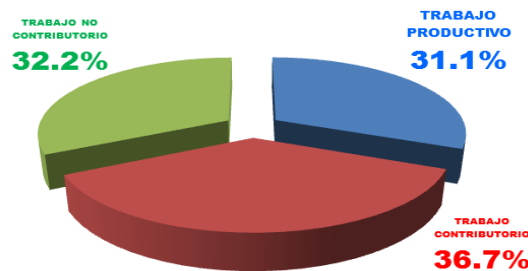


**Figura 4.25.** Productividad en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.25, del tiempo de trabajo empleado en los procesos constructivos en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5"s", el 31.2% es productivo, 34.4% son contributorios y el 34.4% son pérdidas.

- **Caso: Elemento estructural: losas aligeradas antes de la aplicación de las 5"s".**

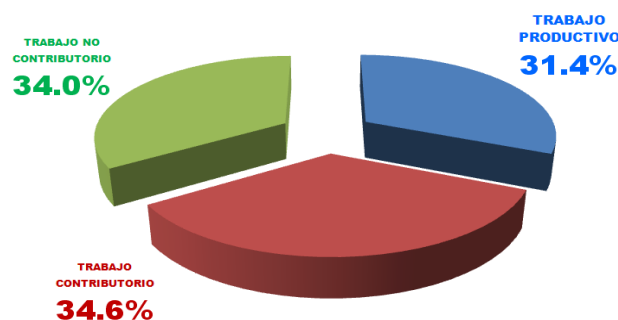


**Figura 4.26.** Productividad en losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.26, del total del tiempo empleado en los procesos constructivos en las losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5"s", el 31.1% son productivos, 36.7% son contributorios y las pérdidas son 32.2%.

- **Caso: Productividad general antes de la aplicación de las 5"s".**



**Figura 4.27.** Productividad antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.27, la productividad general antes de la aplicación de la metodología de las 5"s" del Lean Construction es 31.4%, los trabajos que contribuyen a alcanzar ese índice de productividad tienen un índice de 34.5% y las pérdidas en la mano de obra que se presentan durante la ejecución del proceso constructivo de esta sub-partida es 33.8%.

#### 4.1.4 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAS 5 “s”

Realizado las mediciones de la productividad de la mano de obra antes de la aplicación de la metodología de las 5“s”, seguido a ello, se implementa esta metodología del Lean Construcción para disminuir las pérdidas que se presentan durante el proceso constructivo de los elementos estructurales que conforman el cuarto nivel como son: columnas, vigas, losas aligeradas y placas de la estructura del ascensor.

Al personal de obra se le informó de manera individual y grupal el programa de implementación de la metodología 5 “s” que se efectuará en sus frentes de trabajo. En un inicio, se notó en el personal obrero cierta resistencia a la implementación de la metodología de las 5 “s” del Lean Construction, entre algunas de las razones que señalaron fueron:

- Incertidumbre al cambio.
- La metodología 5 “s” de la filosofía Lean Construction, se centra en el orden y limpieza, por lo que el personal de obra consideraba que esto no tiene ninguna influencia con el avance de la obra.
- Desconfianza hacia los beneficios de la metodología de las 5 “s” del Lean Construction ya que no era conocida en el medio local.

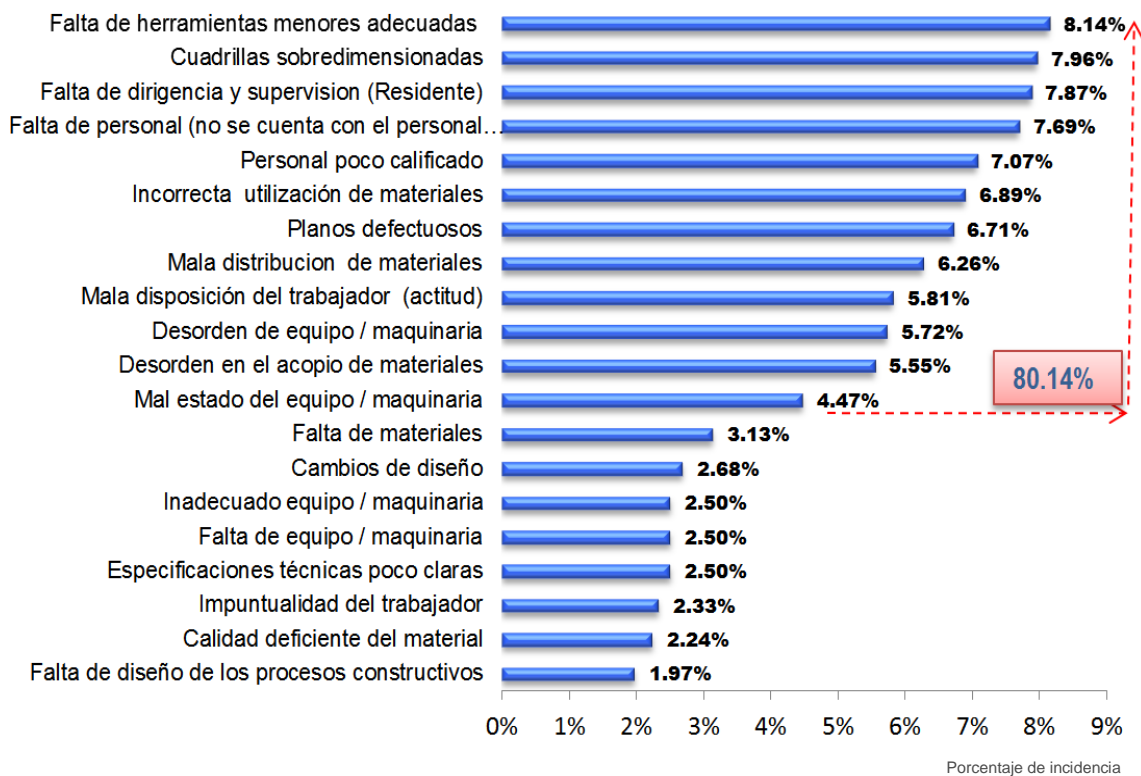
#### **Análisis de datos antes de la aplicación de la metodología de la 5 “s” de la filosofía Lean Construcción.**

Antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s” del Lean Construction, se debe conocer las fuentes de pérdidas que se dan en los procesos constructivos de la obra, para ello se utilizó el instrumento de la encuesta por entrevista “Identificación de Perdidas” dirigida a los 20 obreros que laboran en la obra, quienes mantienen un relación directa con el acontecer en la obra; y, por consiguiente, identifican las principales perdidas y con qué frecuencia se presentan éstos en sus frentes de trabajo.

Este instrumento “Identificación de pérdidas” busca conocer datos desde el punto de vista del encuestado, con qué frecuencia ocurren las pérdidas en obra ocasionadas en: Recursos humanos, Materiales de construcción,

Maquinarias y/o equipos, Herramientas menores, e Información. Además, de inferir sobre el conocimiento que tienen los encuestados sobre la filosofía Lean Construction y su disponibilidad de optar por una metodología de esta filosofía para optimizar los procesos constructivos en la obra.

A continuación se muestran los resultados de la encuesta realizada:



**Figura 4.28.** Fuentes de pérdidas percibidas por el personal de obra

**Fuente:** Elaboración propia.

De las 20 fuentes de pérdidas estimadas en la encuesta “Identificación de Pérdidas”, según los encuestados, 12 se presentan con mayor frecuencia, haciendo un total de 80.14% de incidencia del total de pérdidas identificadas en los diferentes frentes de trabajo. Esto se analizó tomando el Principio de Pareto que considera que el 80% de los problemas sujetos a estudio tienen su origen en tan solo un 20% de las causas potenciales.

En la tabla 4.25, se muestra las causas y soluciones de las 12 principales fuentes de pérdidas identificados por los obreros en sus respectivos frentes de trabajo:

**Tabla 4.25.** Causas y soluciones de las principales fuentes de pérdidas.

FUENTES DE PÉRDIDAS	CAUSAS	SOLUCIONES
<b>Falta de herramientas menores adecuadas (no tienen / por pérdida)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Despreocupación por parte del personal obrero por contar con sus propias herramientas menores (martillo, huincha, tortol, plomada, entre otros)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Motivar al personal para la adquisición de sus herramientas.</li> <li>– Contratar sólo personal que cuente con su herramientas completas y que presente su caja de herramientas</li> </ul>
<b>Cuadrillas sobredimensionadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exceso de personal en áreas de trabajo reducidas.</li> <li>– Deficiente planificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Formar cuadrillas con personal que tenga habilidades en ese frente de trabajo.</li> </ul>
<b>Falta de dirigencia y supervisión (Residente)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Deficiente control de calidad en los frentes de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Emplear modernas técnicas de control de calidad.</li> </ul>
<b>Falta de personal (no se cuenta con el personal planificado)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Salario por debajo del mercado.</li> <li>– Retraso en el pago de los salarios.</li> <li>– Irresponsabilidad del obrero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mejores condiciones de trabajo</li> <li>– Pagos puntuales.</li> <li>– Incentivos.</li> </ul>
<b>Personal poco calificado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Personal contratado empírico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Capacitación en técnicas de trabajo.</li> <li>– Inducción en objetivos de la empresa</li> </ul>
<b>Incorrecta utilización de materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inadecuado manipulación del material en los procesos constructivos.</li> <li>– Desconocimiento del obrero en la actividad asignada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inducción de la correcta técnica de manipulación del material.</li> <li>– Estar presente al inicio de una actividad indicada.</li> </ul>
<b>Planos defectuosos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Diseño erróneo del proyectista.</li> <li>– Incompatibilidad entre planos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Control de calidad de los planos recibidos antes de ser ejecutados.</li> </ul>
<b>Mala distribución de materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Deficiente planificación del proceso constructivo, lo se refleja en que el obrero baja muchas veces al día por un material a almacén.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Buena planificación en el proceso productivo y eficiente abastecimiento de materiales.</li> </ul>
<b>Mala disposición del trabajador (actitud)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inestabilidad laboral.</li> <li>– Mal comportamiento en obra.</li> <li>– Problemas familiares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Motivación al personal en obra.</li> <li>– Inducción en el comportamiento en obra.</li> <li>– Comunicación más fluida con el personal.</li> </ul>
<b>Desorden de equipo / maquinaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ubicación inapropiada de los equipos en los lugares de circulación en obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inducción para la ubicación del equipo en lugares específicos.</li> </ul>
<b>Desorden en el acopio de materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Escasa organización al abastecer el material.</li> <li>– Acopio de material lejos del frente de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Coordinación en el abastecimiento del material.</li> <li>– Establecer un lugar apropiado para el acopio de material de cualquier frente de trabajo.</li> </ul>
<b>Mal estado del equipo / maquinaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desconocimiento de la utilización de un equipo.</li> <li>– Utilización inapropiada de los equipos en trabajos para los cuales no fue diseñado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Inducción en la correcta utilización de los equipos.</li> <li>– Permitir que solo personal calificado opere con un determinado equipo.</li> </ul>

**Fuente:** Adaptado de Rodríguez. (2013)

La tercera parte de la encuesta, corresponde a dos preguntas que se hacen respecto al conocimiento que tengan los intervinientes sobre la filosofía Lean Construction que se desea implementar, cuyos resultados son los siguientes:

**4.- ¿Conoce usted sobre la filosofía Lean que se aplica al sector construcción o también conocido como Lean Construction?**

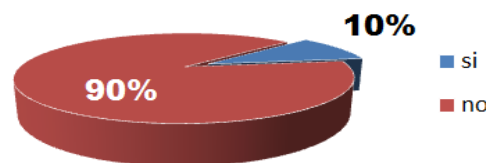
**Tabla 4.26.** Conocimiento del Lean Construction.

¿Conoce?	frecuencia	%
si	2	10%
no	18	90%

**Fuente:** Elaboración propia.

Y gráficamente se tiene:

¿Conoce usted sobre la filosofía Lean que se aplica al sector construcción o también conocido filosofía Lean Construction?



**Figura 4.29.** Conocimiento en porcentajes del Lean Construction.

**Fuente:** Elaboración propia.

De los 20 obreros encuestados, 18 desconocen de la filosofía Lean Construction lo que representa el 90% del total de la población, en tanto que, 2 obreros señalan conocer la filosofía Lean Construction lo que representa el 10%; estos valores nos indican que más que el desconocimiento del tema, es la falta de información sobre esta filosofía que entre sus múltiples beneficios contribuye a mejorar la planificación, aumentar la calidad y productividad de las obras, esto indica que es necesaria la intervención a través de este estudio para dar a conocer e informar sobre esta filosofía para que sea aplicada en sus frentes de trabajo y se obtengan los beneficios antes mencionados.

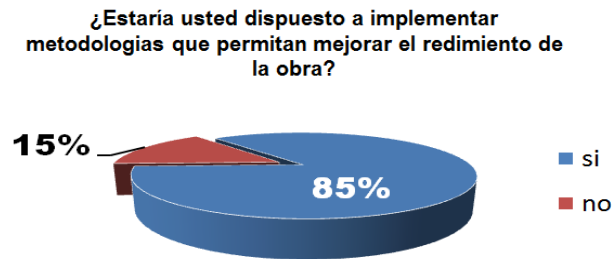
**5.- ¿Estaría usted dispuesto a implementar metodologías que permitan mejorar el rendimiento en obra?**

**Tabla 4.27.** Disponibilidad del personal obrero en implementar el Lean Construction.

¿Está dispuesto?	frecuencia	%
si	17	85%
no	3	15%

**Fuente:** Elaboración propia.

Y gráficamente se tiene:



**Figura 4.30.** Disponibilidad en porcentaje del personal obrero en implementar el Lean Construction.

**Fuente:** Elaboración propia.

De las 20 personas encuestadas, 17 personas que representa un 85% de las personas encuestadas, están dispuestos a implementar la filosofía Lean Construction en sus frentes de trabajo, de esta manera se opte por un cambio de mentalidad y cultura que contribuyan a optimizar el tiempo y la calidad en sus trabajos. Por otra parte, 3 de las 20 personas encuestadas, las que representan el 15% del total de personas encuestadas no están de acuerdo con la implementación de esta filosofía, debido a que este personal considera no necesitar ningún cambio en la manera de trabajar, ninguna innovación; y, sostienen encontrarse satisfechos con los resultados que obtienen de la manera tradicional con la que han estado trabajando.

Con los resultados obtenidos se conoce respecto a las pérdidas que se presentan en la ejecución de esta obra, además de la percepción que tiene el personal obrero respecto a la implementación de la filosofía Lean Construction.

### **Capacitación del personal de obra.**

Capacitar al personal de obra es una herramienta de la que se valió este estudio con el fin de tener personal obrero capaz de aplicar la metodología de las 5"s de la filosofía Lean Construction por sí mismo, de tal manera que contribuyan con el avance de la obra; y a su vez, educar e informar a sus compañeros tanto nuevos como aquellos que demoren en entender de esta filosofía en cuanto a los procedimientos o métodos dentro de su frente de trabajo, además de fortalecer el respeto, la comunicación eficaz, coordinación, planificación, trabajo en equipo, entre otros. Así mismo, esta capacitación se



convirtió en una orden de trabajo, logrando de esta manera dar un mejor seguimiento y control de las actividades.

Las capacitaciones estuvieron a cargo de los autores de la presente investigación y se realizó a pie de obra; el día sábado 31 de mayo, se dio una charla de inducción sobre la filosofía Lean Construction en general y la metodología de las 5 “s” específicamente, dando a conocer los objetivos y su implicancia en el proyecto de construcción evaluado. Esta etapa de preparación es muy importante que se la realice en obra porque el impacto, la información, las dudas que se despejen, la imagen que proyecte el implementador en el frente de trabajo así como el aumentar el nivel de confianza en la metodología 5 “s” es primordial para que se consigan buenos resultados y los objetivos se cumplan. Y, desde el lunes 02 de junio al 27 de junio, tiempo programado de aplicación de la metodología de las 5 “s”, se capacitó en las mañanas antes de la que empiece la jornada de trabajo; con un tiempo estimado de 5 minutos cada una, se realizó con este tiempo debido a que el tiempo en obra es dinero y no se debe abusar de la accesibilidad del personal obrero al implementar la metodología, la información que se ofreció fue precisa, clara, transparente, manejado con un lenguaje sencillo y brindada en un tiempo corto, se puede decir como cápsulas diarias de información. Solamente la capacitación del día 02 de junio tuvo una duración de 30 minutos, por ser una charla de retroalimentación a más de ser el primer día de aplicación de la metodología en los diferentes frentes de trabajo.

La cartilla para las capacitaciones se hizo llegar al personal obrero el día viernes 30 de mayo para que puedan revisarlo y al día siguiente absolver sus dudas. A las capacitaciones de la metodología 5 “s” se acompañaron de una capacitación sobre las pérdidas que se dan por aspectos de personal, materiales, equipos, herramientas e información; con el objetivo de concientizar e infundir el cambio de mentalidad para que se minimicen estas fuentes de pérdidas.

Es importante aprovechar las ideas y sugerencias que el personal obrero ofrece de acuerdo a las actividades que desarrollan en la obra, contribuyendo a aumentar la moral de los empleados, ya que sentirán que





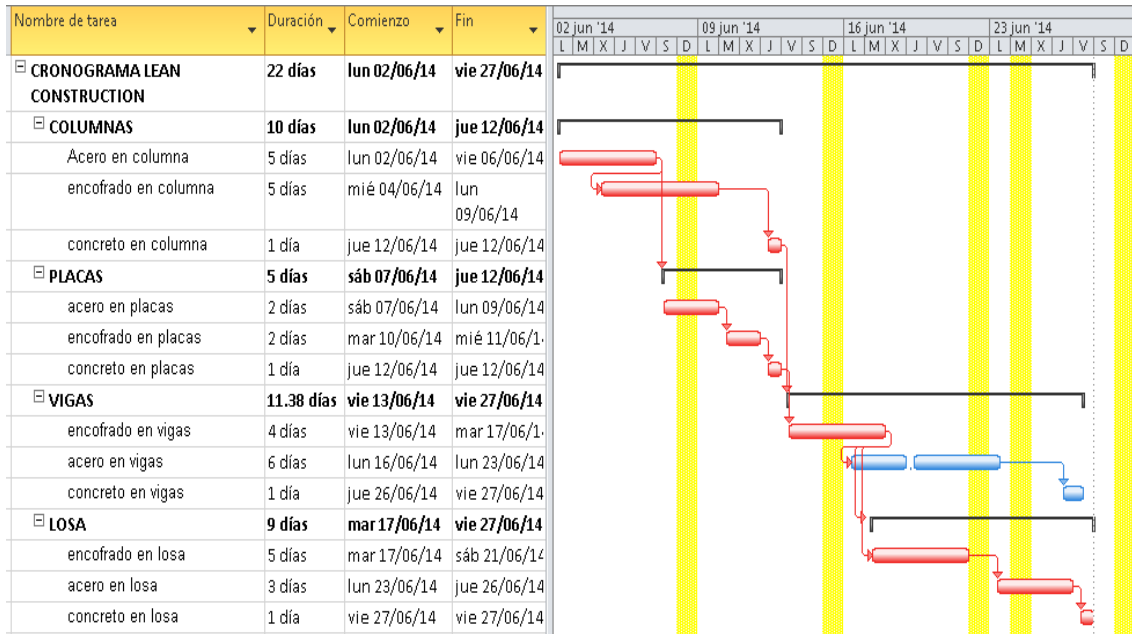
sus sugerencias son tomadas en cuenta y estas serán utilizadas para diseñar estrategias que ayuden a detectar defectos o errores durante la ejecución de sus tareas.

Para que la implementación se lleve a cabo con éxito, el trabajo debe ser continuo, es importante mencionar que en un inicio se mostraron dificultades como la falta de participación de los trabajadores, encontrar el medio por el cual llegar con la información precisa hacia ellos, la misma que sea receptada y aplicada en sus actividades en obra.

Los trabajadores durante los primeros días de implementación de la metodología de las 5 “s”, se mostraban más que remisos, temerosos por la aplicación de esta nueva metodología desconocida para ellos, entonces se aplicó una estrategia simple, las charlas de seguridad se llevaban a cabo en los frentes de trabajo considerados desordenados llenos de restos de materiales y con restos de escombros, que eran seleccionados un día antes, después de la jornada de trabajo, ese lugar fue el sitio ideal para practicar las 5”s”, los obreros de ese frente de trabajo se encargaban de organizar, ordenar y limpiar su frente de trabajo antes de empezar su jornada de trabajo, con lo que entendieron de a poco que tener un lugar limpio, ordenado y organizado es saludable; para reforzar esta estrategia se obligó al personal a realizar limpieza de su frente de trabajo al final de jornada, lo que permitió conservar un espacio de trabajo ordenado y limpio. Con el pasar de los días, los trabajadores empezaron a entender cuán importante es hacer de esta metodología un hábito en todas sus actividades, mejorando de esta manera la calidad, la productividad, seguridad y en optimizar el tiempo.

### **Análisis de datos después de la aplicación de la metodología de la 5 “s” de la filosofía Lean Construcción.**

La aplicación de la metodología de las 5 “s” se realiza durante el proceso constructivo de los elementos estructurales: Columnas, placas, vigas y losas aligeradas, del cuarto nivel del casco estructural de la edificación en estudio, entonces es necesario tener en cuenta la programación de actividades en este nivel para poder analizar la tendencia de la implementación de la metodología de las 5 “s” de la filosofía Lean Construction.



**Figura 4.31.** Programación de actividades para la ejecución del cuarto nivel de la estructura de la edificación.

Fuente: Proyecto Residencial Gold San Francisco (2013).

Con la programación de actividades y capacitado al personal obrero es necesario medir los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología de las 5 “s” de la filosofía Lean Construction, para ello se utilizó el instrumento de investigación: “Check List 5 “s” “.

**Check List.**

En Rodríguez (2013) se define a Check List como una lista de comprobación formada por varios ítems que pueden contener una o varias preguntas la que sirve de guía para recordar los puntos que deben ser evaluados en función del tema a estudiar, por lo general suele ser un cuestionario de preguntas en el que se responde SI o NO concretamente o a través de una escala de puntuación.

El instrumento **Check List 5 “s”** fue estructurado en cinco pasos que son Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, en cada uno de los cuales se establecen preguntas que permiten evaluarlos a través de un puntaje, que va desde la escala de Malo hasta Excelente logrando tener un puntaje final de la implementación de cada uno de los pasos 5 “s”, lo que permite obtener porcentaje de cumplimiento de esta metodología.

La metodología para la toma de datos en este ítem fue la siguiente:

- La toma de datos en los Check List se dio individualmente en cada uno de los procesos constructivos de cada una de actividades programadas para el día.
- Para la tabulación de los Check List “s” se procedió a sumar los puntajes obtenidos en cada paso 5 “s”, es decir, el puntaje obtenido de la implementación de Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke; así mismo como su porcentaje de cumplimiento, luego se realizó las gráficas de las curvas en dónde se analizará los porcentajes de implementación obtenidos en cada uno de los pasos 5 “s”.

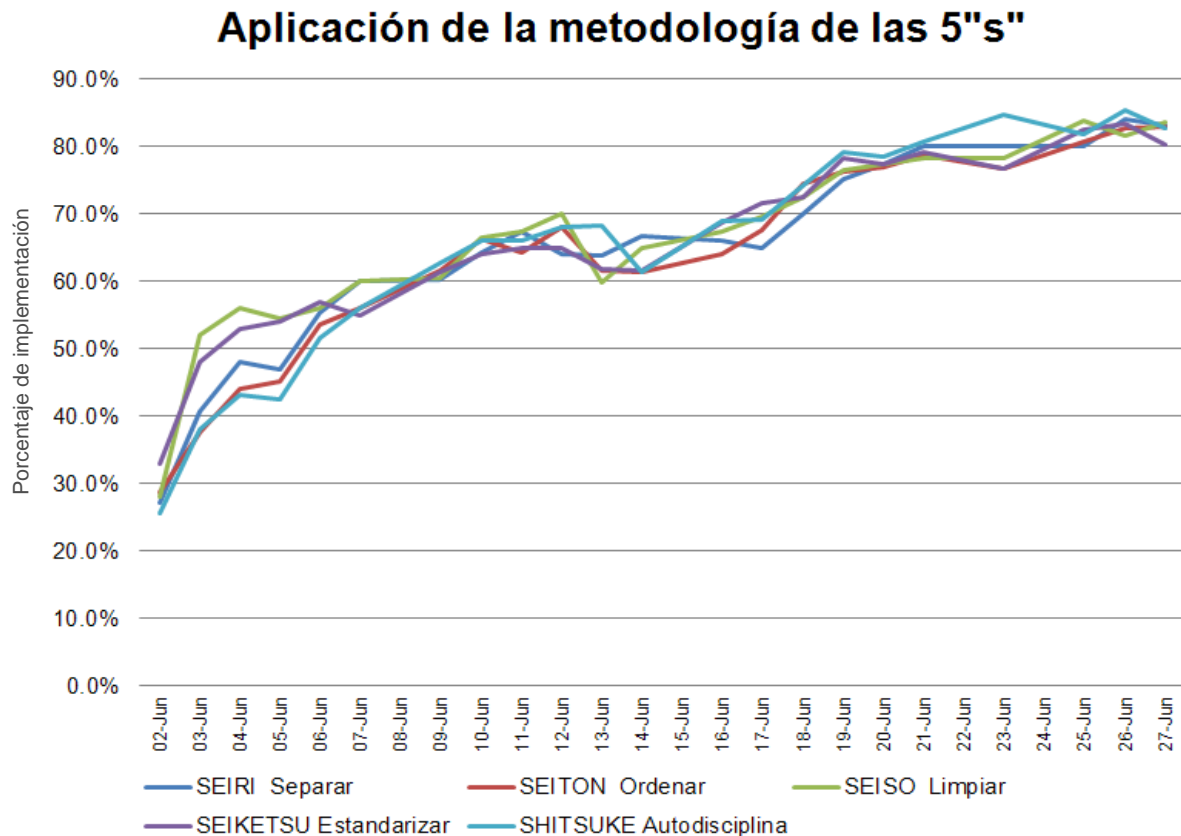
En la tabla 4.28, haciendo uso del instrumento: Check List 5”s” se da a conocer los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología 5 “s” desde el día 02 de junio al 27 de junio:

**Tabla 4.28.** Resultados de la implementación de la metodología de las 5 “s”.

	<b>SEIRI</b> Separar	<b>SEITON</b> Ordenar	<b>SEISO</b> Limpiar	<b>SEIKETSU</b> Estandarizar	<b>SHITSUKE</b> Autodisciplina	<b>Cumplimiento de las 5”s”</b>
02-Jun	27.2%	28.8%	28.0%	33.0%	25.6%	<b>28.5%</b>
03-Jun	40.8%	37.6%	52.0%	48.0%	38.0%	<b>43.3%</b>
04-Jun	48.0%	44.0%	56.0%	53.0%	43.2%	<b>48.8%</b>
05-Jun	47.0%	45.2%	54.6%	54.2%	42.5%	<b>48.7%</b>
06-Jun	55.3%	53.7%	56.0%	57.0%	51.6%	<b>54.7%</b>
07-Jun	60.0%	56.0%	60.0%	55.0%	56.0%	<b>57.4%</b>
09-Jun	60.4%	61.6%	60.5%	61.5%	62.8%	<b>61.4%</b>
10-Jun	64.4%	66.4%	66.5%	64.0%	66.0%	<b>65.5%</b>
11-Jun	67.3%	64.3%	67.5%	65.0%	66.0%	<b>66.0%</b>
12-Jun	64.0%	68.0%	70.0%	65.0%	68.0%	<b>67.0%</b>
13-Jun	63.8%	61.7%	59.8%	61.9%	68.3%	<b>63.1%</b>
14-Jun	66.7%	61.3%	65.0%	61.7%	61.3%	<b>63.2%</b>
16-Jun	66.0%	64.0%	67.5%	68.8%	69.0%	<b>67.1%</b>
17-Jun	65.0%	67.7%	69.6%	71.7%	69.2%	<b>68.6%</b>
18-Jun	70.0%	74.5%	72.5%	72.5%	74.3%	<b>72.8%</b>
19-Jun	75.3%	76.2%	76.5%	78.3%	79.1%	<b>77.1%</b>
20-Jun	77.5%	77.0%	77.5%	77.5%	78.5%	<b>77.6%</b>
21-Jun	80.0%	78.7%	78.3%	79.2%	80.7%	<b>79.4%</b>
23-Jun	80.0%	76.7%	78.3%	76.7%	84.7%	<b>79.3%</b>
25-Jun	80.0%	80.8%	83.8%	82.5%	81.8%	<b>81.8%</b>
26-Jun	84.0%	82.7%	81.7%	83.3%	85.3%	<b>83.4%</b>
27-Jun	83.2%	82.9%	83.6%	80.3%	82.7%	<b>82.5%</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la tabla 4.28, gráficamente se representan de la siguiente forma:



**Figura 4.32.** Evolución de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

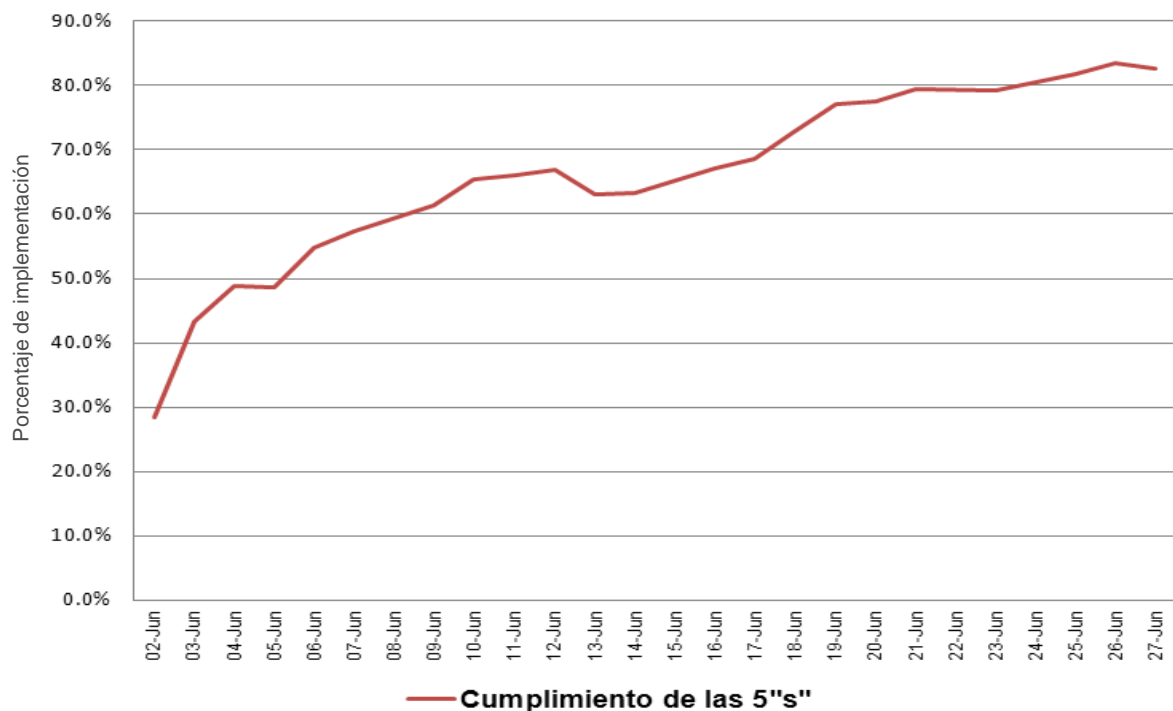
En la figura 4.32 se observa:

- Que, el paso SEISO es el que tiene mayor incidencia al inicio de la implementación de la metodología de las 5 “s” los dos primeros días, el día 05 de junio se observa un descenso en la evolución de la implementación de los cinco pasos, debido a que se inicia el proceso constructivo de encofrado de columnas; así mismo, ocurre lo mismo el día 13 y 14 de junio cuando se ejecuta las partidas de concreto en columnas, concreto en placas y encofrado de vigas, de igual forma al final de la implementación de la metodología; lo que implica que hay un retroceso en la evolución de la implementación de la metodología cada vez que se inicia un proceso constructivo diferente.
- El paso SEITON es el que marcha ligeramente retrasado, implicando que se tiene obreros renuentes a mantener un orden en obra.
- El paso SHITSUKE parte rezagado para finalmente presentar mayor

progreso en su implementación, significa que el paso de Autodisciplina logró ser asimilado por el personal de obra, entonces si hay Autodisciplina los demás pasos se practican de manera continua y se convierten en hábitos dónde el mantener el espacio de trabajo ordenado, limpio y seguro contribuye a un avance en la forma de trabajar, obteniendo un personal satisfecho, un mejor ambiente de trabajo, optimizar el tiempo y cumplir con la programación establecida.

- En el gráfico de los 5 pasos en general, se observa que hay comportamiento tipo valle de la evolución de los resultados desde el día 13 al 18 de junio por desarrollarse los procesos constructivos de las partidas de encofrado de vigas y acero en vigas. La partida de encofrado es donde se produce la mayor cantidad de desperdicios por el uso de diferentes tipos de materiales, motivo por el que se presenta desorden en la obra, lo que hace que no se trabaje con seguridad.

Al promediar los porcentajes obtenidos de los pasos SEIRI, SEITON, SEISO, SEIKETSU y SHITSUKE se obtiene un porcentaje de Cumplimiento de la metodología de las 5 “s”:



**Figura 4.33.** Cumplimiento de la metodología de las 5 “s”.

Fuente: Elaboración propia.



En la figura 4.33 se observa que la implementación de la metodología 5 “s” comienza con un 28.5 %, crece rápidamente hasta un 48.7 % durante los tres primeros días por estar ejecutándose el proceso constructivo de acero en columna dónde no se produce mayor desperdicio, a partir de ese punto se tiene un crecimiento uniforme permitiendo poco a poco crear estándares de orden, limpieza y seguridad; a excepción del valle que se presenta entre los días 13 al 18 de junio dónde el frente de trabajo es el encofrado de las vigas, etapa donde se genera desperdicios en mayor cantidad. Al final de la implementación se observa que tiende a ser constante lo que implica que sólo hasta ese porcentaje en promedio es posible su implementación. Entonces, en obra no se logró implementar el separar, ordenar, limpiar, estandarizar y autodisciplina en un 100 % que es lo ideal.

El grafico de la figura 4.33, no empieza en un 0.0 % sino en un 28.5% porque en toda ejecución de una proceso constructivo de un proyecto de construcción, generalmente, se tiene algo de la cultura de limpieza de la zona de trabajo por instinto del mismo ser humano; además que la mayor parte de las empresas constructoras encargan la función de limpieza de la zona de trabajo a personal exclusivo; pero en el caso de la ejecución de trabajos de construcción por sólo “maestritos” – grupo de personas que eventualmente se juntan para llevar a cabo la ejecución de una edificación, que puede ser el caso de una autoconstrucción de una vivienda – esta limpieza de la zona de trabajo las realizan según sus necesidades de avance de la obra. En tanto que, las demás actividades comprendidas dentro de la metodología de las 5”s” como son el separar, ordenar, estandarizar y la autodisciplina, al igual que la limpieza son actividades que se realizan por necesidad de desarrollo de la obra. Por ahí que la aplicación de la metodología de las 5”s” del Lean Construction no empieza de un 0.0%, sino se inicia teniendo en cuenta la cultura primigenia de higiene y salud ocupacional, además de realizarlo por su propia seguridad.

Por otro lado, no se llega al 100% de la implementación de la metodología de las 5”s”, porque muchas veces los obreros con que se trabaja son personas que conocen del proceso constructivo de la construcción civil en base a su “experiencia” y es muy difícil cambiar el pensamiento formado que tienen.

#### **4.1.5 PRODUCTIVIDAD DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LAS 5 “s”**

Aplicado la metodología de las 5”s” del Lean Construction es necesario cuantificar el tiempo de trabajo en la ejecución de las sub-partidas de los elementos estructurales en estudio para evaluar si la productividad sufrió algún efecto respecto a la productividad inicial. Estas mediciones se realizaron en el quinto y sexto piso de la edificación, dónde se dio énfasis que antes, durante y al final de un proceso constructivo debía estar el frente de trabajo: separado lo necesario de lo innecesario, es decir organizado, ordenado, limpio, que estas actividades sean constantes, y sea convertido en un hábito, algo cotidiano; y, con los elementos necesarios para la seguridad en los diferentes frentes de trabajo.

##### **Medición de los tiempos de trabajo después de la aplicación de la metodología de las 5”s”**

Siguiendo el mismo método de medir los tiempos de trabajo antes de la aplicación de la metodología de las 5”s” se mide estos tiempos para determinar el trabajo productivo después de la aplicación de la metodología de las 5”s” en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto de los elementos estructurales en estudio de la Residencial Gold San Francisco.

##### **i. Medición de los tiempos de trabajo en la sub-partida de acero después de la aplicación de la metodología de las 5”s”.**

Las actividades que comprenden la sub-partida de acero para medir el TP, TC y TNC en columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco son las mismas con las cuales se midió la productividad en dicha sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”, por el diseño de la investigación se requiere que las mediciones se realicen en las mismas condiciones antes y después del estímulo al grupo de observación. Al tener las mismas actividades a medir, nos permite hacer una comparación de un antes y un después del comportamiento de la productividad en las sub-partidas a evaluar.

Al igual que las tablas presentadas para evaluar la productividad antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”, se cuantificó el tiempo de trabajo en las actividades que conllevan a cumplir el proceso constructivo de la sub-partida de acero después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” en los elementos estructurales en estudio, lo que es mostrado en el Anexo III: “Análisis de productividad en la sub-partida de acero por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas **después** de la aplicación de la metodología de las 5”s””, cuyos resultados son resumidos en la tabla 4.29.

**Tabla 4.29** Productividad en la sub-partida de acero de columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de 5 “s”.

Sub-partida: <b>ACERO</b>		PRODUCTIVIDAD POST-APLICACIÓN				INDICE GENERAL DE PRODUCTIVIDAD POST-APLICACIÓN
		<b>COLUMNAS</b>	<b>PLACAS</b>	<b>VIGAS</b>	<b>LOSA</b>	
Tipo	Descripción de actividad					
TRABAJO PRODUCTIVO	Amarrado/ Colocación del acero longitudinal	13.3%	7.3%	9.4%	13.2%	<b>10.8%</b>
	Colocación del acero de temperatura (LOSA)				7.8%	<b>2.0%</b>
	colocacion de estribos	8.3%	8.3%	7.3%		<b>6.0%</b>
	Amarrado de alambre # 16	15.8%	19.7%	19.3%	13.8%	<b>17.1%</b>
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Búsqueda de materiales (acero)	3.6%	2.6%	4.1%	4.4%	<b>3.7%</b>
	Toma de nivel	3.8%	5.9%	1.8%		<b>2.9%</b>
	Corte del acero	7.9%	6.7%	7.3%	3.0%	<b>6.2%</b>
	Moverse hacia otro punto de colocación	11.5%	9.4%	10.7%	13.6%	<b>11.3%</b>
	Tomar medidas (incluye el marcar con tiza)	5.8%	6.2%	9.6%	7.7%	<b>7.3%</b>
	Abrir los paquetes de fierro con cizalla	4.3%	1.9%	3.9%	5.0%	<b>3.8%</b>
	Acarreo de material (fierro)	5.4%	3.6%	5.0%	8.1%	<b>5.5%</b>
	Recibir /dar instrucciones	0.6%	2.4%	3.4%	3.4%	<b>2.5%</b>
	Esperas	10.0%	11.2%	1.8%	2.2%	<b>6.3%</b>
	Trabajo rehecho (volver a enderezar fierro )	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	<b>0.1%</b>
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Tiempo ocioso	8.7%	14.0%	15.8%	17.1%	<b>13.9%</b>
	Ir a servicios higiénicos	0.3%	0.0%	0.5%	0.3%	<b>0.3%</b>
	Viaje improductivo	0.5%	0.7%	0.1%	0.6%	<b>0.5%</b>
	<b>TP</b>	37.5%	35.3%	35.9%	34.8%	<b>35.9%</b>
	<b>TC</b>	42.9%	38.7%	45.7%	45.1%	<b>43.1%</b>
	<b>TNC</b>	19.7%	25.9%	18.4%	20.1%	<b>21.0%</b>

Fuente: Elaboración propia.

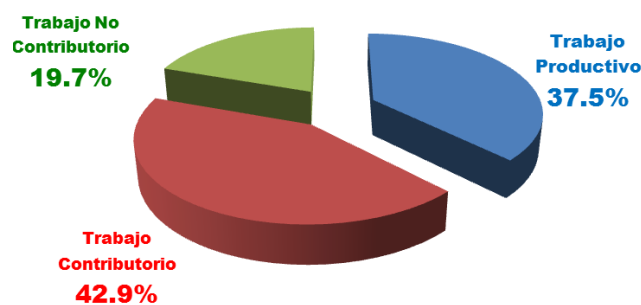
En la tabla 4.29, las actividades del TP: “Amarre de alambre # 16” y “Amarrado/ colocación del acero longitudinal” son las que más inciden con 17.1% y 10.8% respectivamente, la primera es donde se amarra cada punto de contacto de los estribos con el acero longitudinal y el segundo es la colocación de acero longitudinal y su respectivo empalme; estas mismas actividades



respecto a la medición antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s” incrementan su porcentaje de incidencia en un 4.1% y 3.0% respectivamente. De igual forma las actividades del TNC: “Esperas” con 6.3% y el “Tiempo ocioso” con un 13.9% disminuyen en un 2.8% y 8.4% respectivamente; en tanto que, los porcentajes de las actividades que conforman el TC aumentan en general. En el resumen de la tabla se observa que el porcentaje de incidencia del TP y TC aumenta y del TNC disminuye.

En las figuras subsiguientes, para el proceso constructivo de la sub-partida de acero en los elementos estructurales estudiados, se presenta la distribución del tiempo empleado después de la aplicación de la metodología de las 5”s”:

- **Caso: Sub-partida de acero en columnas después de la aplicación de las 5”s”**

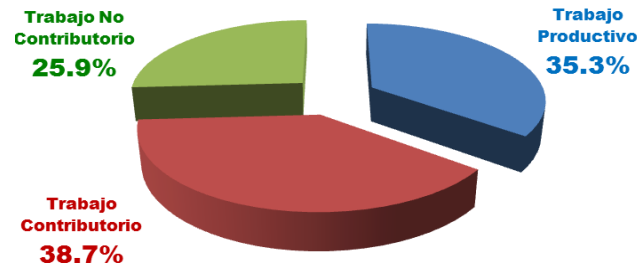


**Figura 4.34.** Productividad en la sub-partida de acero en columnas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.34, del total del tiempo empleado para ejecutar el proceso constructivo de la sub- partida de acero en columnas después de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el 37.5% es TP, 42.9% es TC y sólo el 19.7% es TNC que representa el “tiempo perdido de la mano de obra” de esa actividad. El porcentaje del TP se incrementa en 12.6%, del TC también se incrementa en 1.1%, mientras que la del TNC disminuye en 13.6% respecto a los porcentajes obtenidos del TP, TC y TNC de esta sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”. Esto implica que al bajar las pérdidas se incrementa la productividad mientras los trabajos que contribuyen a alcanzar la productividad de la mano de obra se mantienen constantes para este caso.

- **Caso: Sub-partida de acero en placas después de la aplicación de las 5”s”**

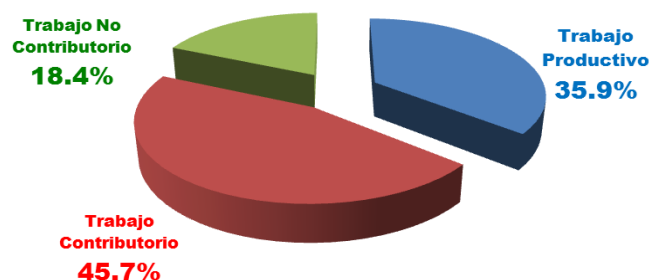


**Figura 4.35.** Productividad en la sub-partida de acero en placas con aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.35, el TP alcanza el 35.3%, el TC el 38.7%, mientras que el TNC alcanza el 25.9% del total del trabajo de mano de obra en el proceso constructivo de la sub-partida de acero en placas después de la aplicación de la metodología de las 5”s”. En comparación con los resultados obtenidos para el TP, TC y TNC de esta sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el TP se incrementa en 4.3%, el TC se incrementa en 3.0% y el TNC se reduce en 7.3%, lo que implica que al reducir las pérdidas de la mano de obra se incrementa la productividad, pero también se incrementa los porcentajes del trabajo contributorio.

- **Caso: Sub-partida de acero en vigas después de la aplicación de las 5”s”**



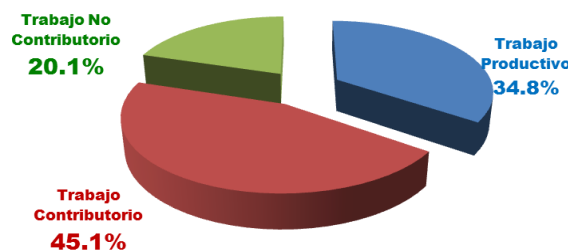
**Figura 4.36.** Productividad en la sub-partida de acero en vigas con aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.36, del total del tiempo empleado en el proceso constructivo de la sub-partida de acero en vigas después de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el TP es 35.9%, el TC es 45.7%, en tanto que el TNC

es 18.4%, lo que implica que incrementar la productividad en 11.2% denota reducir las pérdidas de la mano de obra en 14.4% e incrementar en 3.2% el trabajo que contribuye a alcanzar ese nivel de productividad, respecto al proceso constructivo de esta sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5"s".

- **Caso: Sub-partida de acero en losas aligeradas después de la aplicación de las 5"s"**



**Figura 4.37.** Productividad en la sub-partida de acero en losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.37, el TP alcanzado es 34.8%, el TC 45.1% y el TNC el 20.1% del total de tiempo empleado en el proceso constructivo de la sub-partida de acero en losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5"s". Comparando con los resultados obtenidos para el TP, TC y TNC para esta sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5"s", el TP se incrementa en 4.0%, el TC aumenta en 5.4% y el TNC disminuye en 9.4%, lo que implica que cuando se reduce las pérdidas significativamente y la productividad no se incrementa de manera proporcional con esa reducción de pérdidas, el trabajo contributorio es el que aumenta en mayor porcentaje que la productividad; es decir, es el que balancea la disminución o incremento considerable de la productividad o pérdidas.

- Medición de los tiempos de trabajo en la sub-partida de encofrado después de la aplicación de la metodología de las 5"s".**

Para medir la incidencia de los TP, TC y TNC en el tiempo de trabajo de la sub-partida de encofrado después de la implementación de la metodología de las 5"s" en los elementos estructurales en estudio, se debe tomar en cuenta

las mismas actividades con las que se mide el tiempo empleado en el proceso constructivo de esta sub-partida antes de la metodología aplicada.

Al igual que las tablas presentadas para evaluar la productividad en esta sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”, se cuantificó el tiempo de trabajo en las actividades que conllevan a cumplir el proceso constructivo de la sub-partida de encofrado después de la aplicación de la metodología de las 5 “s” en los elementos estructurales en estudio, lo que es mostrado en el Anexo IV: “Análisis de productividad en la sub-partida de encofrado por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas **después** de la aplicación de la metodología de las 5”s””, cuyos resultados son resumidos en la tabla 4.30.

**Tabla 4.30.** Productividad en la sub-partida de encofrado de columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5”s”.

Subpartida: <b>ENCOFRADO</b>		PRODUCTIVIDAD POST-APLICACIÓN				INDICE GENERAL DE PRODUCTIVIDAD POST-APLICACIÓN
		COLUMNAS	PLACAS	VIGAS	LOSA	
Tipo	Descripción de actividad					
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación de puntales	5.0%	5.5%	9.6%	16.3%	9.1%
	Colocación de tapas	8.8%	4.4%	11.9%		6.3%
	Colocación de tablas LOSA				18.1%	4.5%
	Colocación de soleras	5.3%	5.2%		8.0%	4.6%
	Colocación de fondo de VIGAS			5.3%		1.3%
	Colocación de Arriostre	5.7%	10.3%	8.6%		6.1%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Amarrado de fondos	17.2%	12.0%	6.0%		8.8%
	Corte de material	3.1%	1.4%	4.1%	4.7%	3.3%
	Toma de niveles y Plomada	4.8%	5.0%	5.2%	5.5%	5.1%
	colocacion de cantillon	4.1%	3.7%	4.8%		3.1%
	Movimiento del material	11.6%	5.7%	8.5%	14.1%	10.0%
	trazo en el material	4.6%	3.0%	5.2%	4.7%	4.4%
	colocacion de topes	5.0%	3.6%	4.0%		3.1%
	Acarreo de material (madera )	3.9%	3.1%	4.1%	4.9%	4.0%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Recibir /dar instrucciones	2.6%	1.1%	2.6%	3.8%	2.5%
	Esperas	6.0%	11.4%	2.9%	2.6%	5.7%
	Trabajo rehecho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	11.9%	22.3%	16.4%	16.7%	16.8%
	Ir a servicios higiénicos	0.2%	1.7%	0.8%	0.4%	0.8%
	Viaje improductivo	0.2%	0.7%	0.1%	0.2%	0.3%
	<b>TP</b>	41.9%	37.4%	41.3%	42.4%	40.7%
	<b>TC</b>	39.8%	26.6%	38.5%	37.7%	35.6%
	<b>TNC</b>	18.3%	36.1%	20.2%	19.9%	23.6%

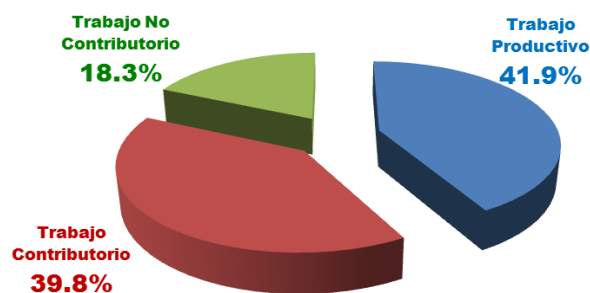
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.30, las actividades del TP: “Colocación de puntales” y “Amarrado de fondos” son las que más inciden con 9.1% y 8.8% respectivamente, la primera es donde se mantiene el aplome de las columnas y

placas, también donde se apoya el fondo de las vigas y la tabla del encofrado de la losa; en tanto que el segundo es donde, haciendo uso del alambre # 8, se fija los fondos de las columnas, placas y vigas para que el encofrado de estos elementos estructurales no se abra; estas actividades respecto a su medición antes de la aplicación de la metodología aplicada incrementan su porcentaje de incidencia en 2.3% y 1.4% respectivamente. Las actividades del TNC: “Esperas” con 5.7% y “Tiempo ocioso” con un 16.8% son las que tienen mayor incidencia para este tiempo de trabajo medido, pero también las que más disminuyen en un 2.7% y 9.0% respectivamente, esto se refleja porque al estar ordenado las maderas es más fácil utilizarlas en el encofrado; los porcentajes de las actividades de forman parte del TC aumentan en general. En el resumen de la tabla se observa que los porcentajes de incidencia del TP y TC aumentan, en tanto que el del TNC disminuye.

En las figuras subsiguientes, se presenta la distribución de los tiempos empleados en la ejecución del proceso constructivo de la sub-partida de encofrado después de la aplicación de la metodología de las 5”s” en los elementos estructurales estudiados:

- **Caso: Sub-partida de encofrado en columnas después de la aplicación de las 5”s”**



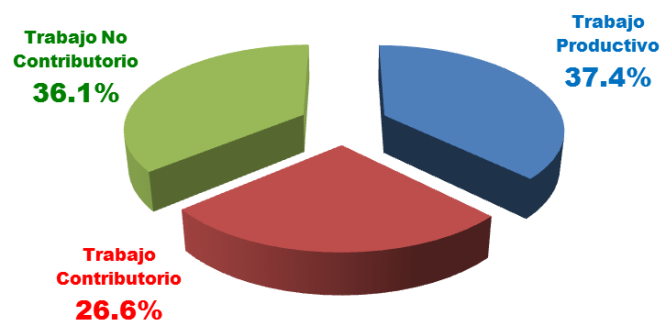
**Figura 4.38.** Productividad en la sub-partida de encofrado en columnas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.38, del total del tiempo empleado para ejecutar el proceso constructivo de la sub- partida de encofrado en columnas después de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el 41.9% es TP, 39.8% es TC y sólo el 18.3% es TNC que representa el “tiempo perdido de la mano de obra” en las

actividades de la partida en análisis. El porcentaje del TP se incrementa en 8.3%, del TC también se incrementa en 8.9%, mientras que la del TNC disminuye en 17.2% respecto a los porcentajes obtenidos del TP, TC y TNC de esta sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5"s". Esta partida es la que tiene mayor incidencia en la reducción de pérdidas en la mano de obra, esto se refleja en el hecho de tener clasificada y ordenada la madera a ser utilizada, así como, el estar limpio la zona de trabajo se facilita la ejecución de las actividades de esta partida; al reducir las pérdidas se mejora la productividad, pero también se elevan en igual porcentaje los trabajos contributorios.

- **Caso: Sub-partida de encofrado en placas después de la aplicación de las 5"s"**

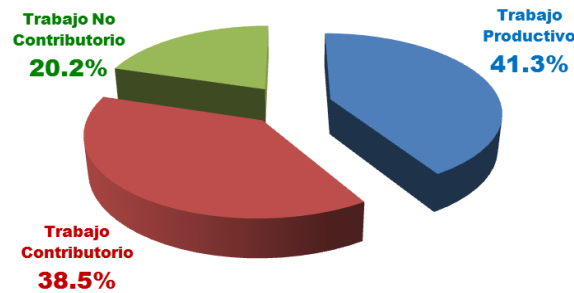


**Figura 4.39.** Productividad en la sub-partida de encofrado en placas después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.39, del total del tiempo empleado para ejecutar del proceso constructivo de la sub- partida de encofrado en placas después de la aplicación de la metodología de las 5"s", el 37.4% es TP, 26.6% es TC, en tanto que el 36.1% es TNC que representa el "tiempo perdido de la mano de obra" en las actividades de la partida en análisis. El porcentaje del TP se incrementa en 0.8%, del TC también se incrementa en 1.3%, mientras que la del TNC disminuye en 1.9% respecto a los porcentajes obtenidos del TP, TC y TNC de esta sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5"s". La productividad en esta sub-partida se incrementa en menor porcentaje por la calidad del material que se utilizó en el encofrado – fenólicos – las cuales duran óptimamente hasta cinco veces un encofrado.

- **Caso: Sub-partida de encofrado en vigas después de la aplicación de las 5”s”**

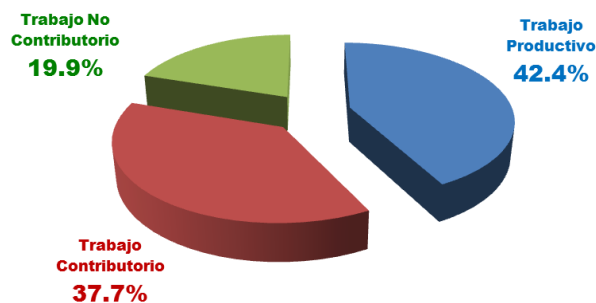


**Figura 4.40.** Productividad en la sub-partida de encofrado en vigas con aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.40, del tiempo empleado para ejecutar las actividades del proceso constructivo de la sub- partida de encofrado en vigas después de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el 41.3% corresponde al TP, el 38.5% al TC, y, el restante 20.2% es TNC que caracteriza al “tiempo perdido de la mano de obra” en las actividades de la partida en análisis. Con respecto a los porcentajes obtenidos del TP, TC y TNC de esta sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el porcentaje en el TP se incrementa en 12.1%, en el TC también se incrementa en 3.6%, mientras que la del TNC disminuye en 15.8%. De los resultados obtenidos, las pérdidas disminuyen significativamente debido a que para esta actividad la madera se encuentra ordenada; y, al estar ordenada se facilita el proceso del encofrado.

- **Caso: Sub-partida de encofrado en losas aligeradas después de la aplicación de las 5”s”**



**Figura 4.41.** Productividad en la sub-partida de encofrado en losas aligeradas con aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.41, el 42.4% representa el TP, en tanto que el 37.7% es TC y sólo el 19.9% es TNC del tiempo de trabajo utilizado en la ejecución del proceso constructivo de la sub-partida de encofrado en losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5" s". Comparando con los resultados obtenidos de los tiempos de trabajo obtenidos antes de la aplicación de la metodología de las 5" s", el porcentaje del TP aumenta en 9.2%, en tanto que el del TNC aumenta en 3.8%; y, el del TNC disminuye en 12.9%. Este incremento de productividad se da porque al aplicar esta metodología en un elemento estructural de tamaño grande además de ser horizontal.

### **iii. Medición de los tiempos de trabajo en la sub-partida de concreto después de la implementación de la metodología de las 5" s".**

Las actividades que forman parte de la sub-partida de concreto para medir el TP, TC y TNC en columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco son las mismas con las cuales se midió estos tiempos empleados en dicha sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s", con lo cual se cumple el propósito de este estudio que busca medir la productividad antes y después de aplicar la metodología de las 5" s".

Al igual que las tablas presentadas para evaluar la productividad en esta sub-partida antes de la aplicación de la metodología de las 5 "s", se cuantificó el tiempo de trabajo en las actividades que conllevan a cumplir el proceso constructivo de la sub-partida de concreto después de la aplicación de la metodología de las 5 "s" en los elementos estructurales en estudio, lo que es mostrado en el Anexo V: "Análisis de productividad en la sub-partida de concreto por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas **después** de la aplicación de la metodología de las 5" s" ", cuyos resultados son resumidos en la tabla 4.31.



**Tabla 4.31.** Productividad en la sub-partida de concreto de columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

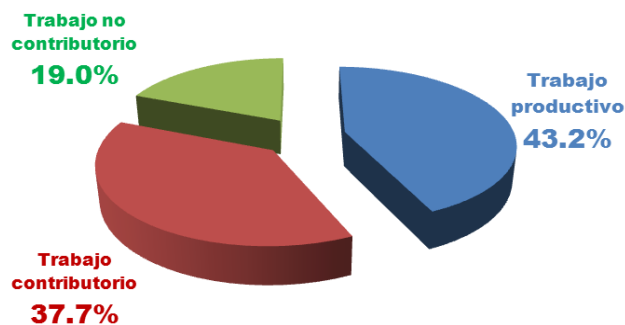
Sub-partida: <b>CONCRETO</b>		PRODUCTIVIDAD POST-APLICACIÓN				INDICE GENERAL DE PRODUCTIVIDAD POST-APLICACIÓN
		COLUMNAS	PLACAS	VIGAS	LOSA	
Tipo	Descripción de actividad					
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación del concreto	10.8%	10.1%	10.7%		7.9%
	Sujeción de la manguera	21.6%	21.8%	20.5%	17.7%	20.4%
	Regleado de la losa				15.9%	4.0%
	Vibrado del concreto	10.8%	9.2%	10.9%	8.0%	9.7%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Desplazamiento de la manguera	5.1%	3.0%	4.4%		3.1%
	Movimiento de la vibradora	9.2%	10.2%	10.5%	7.4%	9.3%
	Dispersión de la mezcla				16.7%	4.2%
	Colocación de topes / dados	4.6%	3.4%	5.2%	2.6%	3.9%
	Instalación de la bomba telescópica	6.6%	3.7%	4.6%	5.1%	5.0%
	lechado de la columna / vigas / losa	5.8%	2.8%	4.2%	4.3%	4.3%
	Recibir /dar instrucciones	6.5%	3.3%	6.0%	3.9%	4.9%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	11.3%	10.9%	3.4%	1.2%	6.7%
	Trabajo rehecho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	7.2%	20.6%	19.6%	17.3%	16.2%
	Ir a servicios higiénicos	0.5%	1.0%	0.0%	0.0%	0.4%
	Viaje improductivo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<b>TP</b>		43.2%	41.1%	42.1%	41.6%	42.0%
<b>TC</b>		37.7%	26.5%	34.9%	40.0%	34.8%
<b>TNC</b>		19.0%	32.5%	23.0%	18.4%	23.2%

Fuente. Elaboración propia.

En la tabla 4.31, las actividades del TP: “Sujeción de la manguera” y “Vibrado del concreto” son las que más inciden con un 20.4% y 9.7% respectivamente, la primera es donde se sujeta y se guía la manguera de la bomba telescópica a donde se requiera colocar el concreto; y, la segunda es dónde, con ayuda de la vibradora, se vibra el concreto para ayudar que pueda deslizarse en toda la forma del encofrado y no se forme cangrejeras; Estas actividades respecto a su medición antes de la aplicación de la metodología de las 5”s” incrementan su porcentaje de incidencia en un 3.7% y 2.1% respectivamente.. Las actividades del TNC: “Esperas” con 6.7% y “Tiempo ocioso” con 16.2% son las que tienen mayor incidencia para este tiempo de trabajo medido, pero también las que más disminuyen en un 1.7% y 9.1% respectivamente; esto es reflejo de que al estar ordenado la zona de trabajo es más fácil desplazar la manguera de la bomba telescópica; los porcentajes de las actividades de forman parte del TC aumentan en general. En el resumen de la tabla se observa que los porcentajes de incidencia del TP y TC aumentan, en tanto que el del TNC disminuye.

En las figuras subsiguientes se presenta la distribución de los tiempos de trabajo en la ejecución del proceso constructivo de la sub-partida de concreto en los elementos estructurales estudiados después de la aplicación de la metodología de las 5”s”:

- **Caso: Sub-partida de concreto en columnas después de la aplicación de las 5”s”**



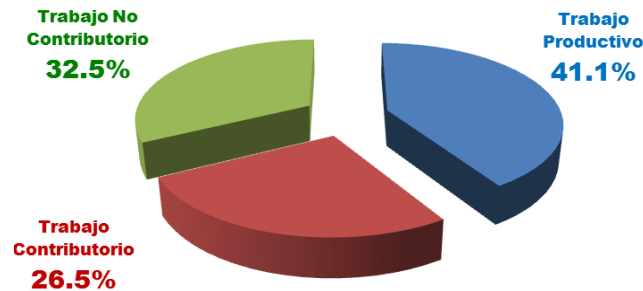
**Figura 4.42.** Productividad en la sub-partida de concreto en columnas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.42, se observa que después de la aplicación de la metodología de las 5”s” en la sub-partida de concreto en columnas, del tiempo total de trabajo empleado en la ejecución de las actividades del proceso constructivo en esta sub-partida, el TP alcanza el 43.2%, el TC el 37.7% y finalmente el TNC es sólo el 19.0%, este valor ultimo representa el nivel de pérdidas de la mano de obra en esta sub- partida. Haciendo una comparación con los resultados obtenidos antes de la aplicación de la metodología en estudio, el porcentaje del TP aumenta en 17.0%, el del TC disminuye en 2.9% y el del TNC disminuye en 14.2%. Observando los resultados de la comparación del antes y después de la aplicación de la metodología de las 5”s”, en esta sub-partida, la productividad se incrementa significativamente a medida que las “pérdidas de la mano de obra” disminuyen en la misma proporción, además que los trabajos preparatorios o contributivos disminuyen ligeramente que es casi imperceptible respecto a la variación en la productividad y perdidas encontradas; lo que se explica en el hecho de que el concreto es premezclado y para su colocación se requiere que todo el área de trabajo, además que el encofrado del elemento estructural, este ordenado y despejado; vale decir, que

antes del proceso de colocación del concreto se debe planificar las rutas por donde se guiara la bomba telescópica para su colocación.

- **Caso: Sub-partida de concreto en placas después de la aplicación de las 5”s”**

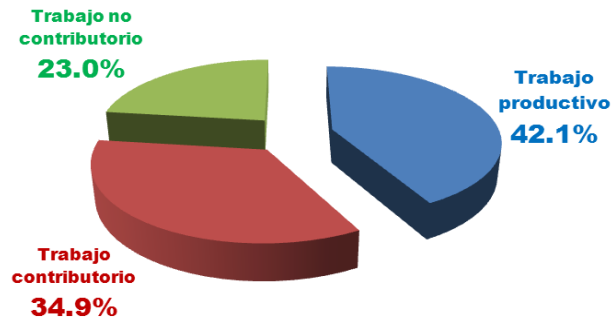


**Figura 4.43.** Productividad en la sub-partida de concreto en placas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.43, de todo el tiempo empleado al llevar a cabo las actividades del proceso constructivo de la sub-partida de concreto en placas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”, el 41.1% es TP, el 26.5% es TC y el 32.5% es TNC, es decir una tercera parte del tiempo empleado en esta sub-partida es pérdidas que se presentan en la “mano de obra”. Comparando con los resultados obtenidos en las mismas actividades antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el TP se incrementa en 0.7%, el TNC se incrementa en 0.5%, en tanto que el TC que conlleva a alcanzar estos resultados se reducen en 1.1%. Observando las variaciones de estos valores últimos, prácticamente se mantienen constantes, entonces, en esta sub-partida la aplicación de la metodología de las 5”s” no tiene mayores efectos en cuanto a la productividad y las “perdidas en la mano de obra”. En cuanto a la productividad, es difícil alcanzar porcentajes que sobrepasen el orden del 50% que sería lo ideal; en este contexto, para esta sub-partida, para reducir las pérdidas se tendría que incrementar el porcentaje de incidencia en las actividades de los trabajos que contribuyen a reducir estas pérdidas, es decir, incrementando el porcentaje del TC se reduciría los del TNC.

- **Caso: Sub-partida de concreto en vigas después de la aplicación de las 5”s”**

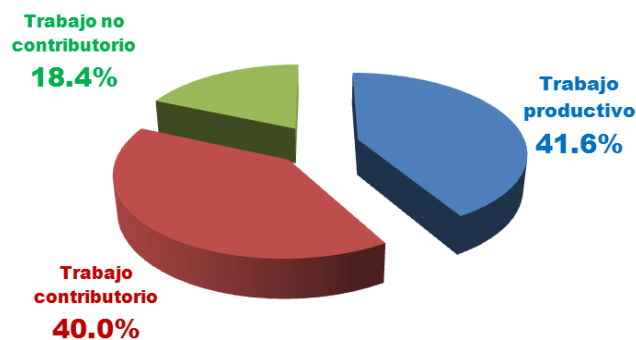


**Figura 4.44.** Productividad en la sub-partida de concreto en vigas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.44, del tiempo de trabajo empleado en la ejecución de las actividades de la sub-partida de concreto en vigas antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el TP alcanza el 42.1%, el TC el 34.9% y el restante 23.0% es TNC, este último valor representa las “perdidas de la mano de obra”. Comparando con los valores alcanzados antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el TP se incrementa en 2.3%, en tanto que, el del TNC disminuye en 11.4% para lo que el TC aumentó en 9.1%. En esta sub-partida se logró reducir las pérdidas a costa de incrementar el porcentaje de incidencia en las actividades que contribuyen a alcanzar el nivel de porcentaje de la productividad.

- **Caso: Sub-partida de concreto en losas aligeradas después de la aplicación de las 5”s”**



**Figura 4.45.** Productividad en la sub-partida de concreto en losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.45, en la sub-partida de concreto en losas aligeradas posterior a la aplicación de la metodología de las 5”s” del total del tiempo empleado en la ejecución de esta sub-partida, el 41.6 % es TP, el 40.0% es TC y el restante 18.4% es TNC; contrastando con los resultados obtenidos antes de la aplicación de metodología en estudio, el TP se incrementa en 12.4%, el TNC se reduce en 15.8%, en tanto que, el TC se incrementa ligeramente en 3.4%. Observando los últimos resultados, en esta sub-partida, se logró reducir las pérdidas hasta menos de la quinta parte del total de tiempo empleado, contrariamente se logró incrementar el nivel de productividad, además que, el nivel de incidencia de los trabajos previos o contributorios al TP es similar al del TP; esto se debe a que para la colocación del concreto premezclado en la losa aligerada es importante que el área de trabajo este despejado para el desplazamiento del personal y la bomba telescópica, es decir, ordenado y limpio, a más de planificar las zonas por donde se empezará y terminará con la colocación del concreto.

**iv. Resumen de la productividad después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.**

Después de analizar la productividad en cada una de las sub-partidas de los elementos estructurales en estudio, es necesario consolidarlos para posteriormente hacer un comparativo del comportamiento de la productividad de la mano de obra, antes y después de la aplicación de la metodología 5”s”.

**Tabla 4.32.** Resumen por tipo de trabajo en las sub-partidas de: Acero, encofrado y concreto en columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Elemento estructural	Descripción de actividad	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	Índice de Productividad Parcial	Índice de productividad General
COLUMNAS	Acero	37.5%	42.9%	19.7%	37.5%	40.9%
	Encofrado	41.9%	39.8%	18.3%	41.9%	
	Concreto	43.2%	37.7%	19.0%	43.2%	
PLACAS	Acero	35.3%	38.7%	25.9%	35.3%	39.5%
	Encofrado	37.4%	26.6%	36.1%	37.4%	
	Concreto	41.1%	26.5%	32.5%	41.1%	
VIGAS	Acero	35.9%	45.7%	18.4%	35.9%	39.8%
	Encofrado	41.3%	38.5%	20.2%	41.3%	
	Concreto	42.1%	34.9%	23.0%	42.1%	
LOSA	Acero	34.8%	45.1%	20.1%	34.8%	39.6%
	Encofrado	42.4%	37.7%	19.9%	42.4%	
	Concreto	41.6%	40.0%	18.4%	41.6%	

Fuente: Elaboración propia.



De la tabla 4.32, después de la aplicación de la metodología de las 5" s", en el elemento estructural: columnas, la sub-partida de concreto es la que alcanzó mayor índice de productividad con 43.2%, a su vez, es esta sub-partida donde se presentó menor índice de pérdida en la mano de obra con 19.0%. En el elemento estructural: Placas, la sub-partida de concreto, es la que alcanzó mayor índice de productividad con 39.6%, en tanto que, la sub-partida de acero es la que menor índice de pérdida de mano de obra presenta con 25.9%. En el elemento estructural: Vigas, la sub-partida de concreto es la que presenta mayor índice de productividad con 42.1% y en la sub-partida de acero es donde se tiene menor índice de pérdidas en la mano de obra con 18.4%. En el elemento estructural: Losa aligerada, la sub-partida de encofrado es la alcanzó mayor índice de productividad con 42.4% y la sub-partida de concreto es donde se presentó menor índice de pérdidas en el orden del 18.4%. El trabajo productivo de las sub-partidas de acero, encofrado y concreto de cada uno de los elementos estructurales en estudio es el índice de productividad parcial de cada sub-partida; y, promediando estos últimos valores se obtiene el índice de productividad general por cada elemento estructural, es así que, el índice de productividad general alcanzado en columnas es 40.9%, en placas es 37.2%, en vigas es 39.8% y en losas aligeradas es 39.6%. Al promediar los índices de productividad general de columnas, placas, vigas, y losas aligeradas, se obtiene el índice de productividad general en la construcción de la estructura de la edificación es estudio después de la aplicación de la metodología de las 5" s", siendo el 39.4%.

En la tabla 4.33, se muestra el promedio de las sub-partidas que componen el proceso constructivo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas presentadas en la tabla 4.34, para el TP, TC y el TNC de cada uno de estos elementos estructurales mencionados.

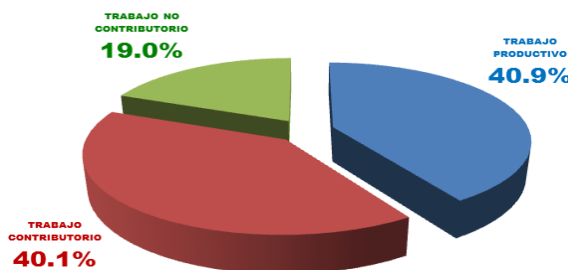
**Tabla 4.33.** Resumen de productividad en columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Elemento estructural	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
COLUMNAS	40.9%	40.1%	19.0%
PLACAS	37.9%	30.6%	31.5%
VIGAS	39.8%	39.7%	20.5%
LOSA	39.6%	40.9%	19.5%
	<b>39.5%</b>	<b>37.8%</b>	<b>22.6%</b>

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 4.35, después de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el elemento estructural que presenta mayor porcentaje de TP son las columnas con 40.9% y el que menor porcentaje de TP son las placas con 37.2%; la losa es la que mayor porcentaje del TC con 40.9% y las placas son las que presentan menor porcentaje del TC con 30.7%; para el TNC, son las placas las que tienen mayor porcentaje en el orden del 32.2% y las columnas con menor porcentaje con 19.0%. Estos resultados son representados en los gráficos siguientes:

- **Caso: Elemento estructural: columnas después de la aplicación de las 5”s”.**



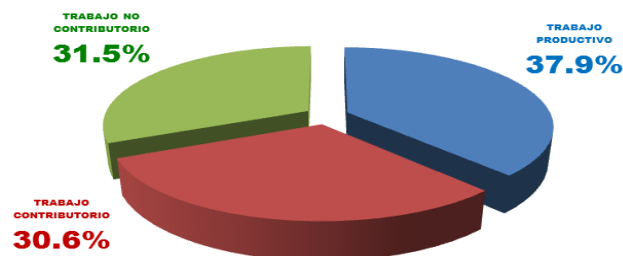
**Figura 4.46.** Productividad en columnas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura 4.46, del total del tiempo de la mano de obra empleado en la ejecución de la actividades del proceso constructivo de las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: Columnas, después de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el 40.9% es TP, el 40.1% es TC y el

restante 19.0% es TNC. Comparando con los resultados obtenidos antes de la aplicación de la metodología de las 5"s" en este elemento estructural, el índice de productividad se incrementó en 13.6%, las pérdidas disminuyen en un 15.7% para lo que las actividades que contribuyen a alcanzar ese índice de productividad se incrementaron en 2.1%, es decir, se mantuvo constante. En este elemento estructural se pudo lograr esos índices de productividad y pérdidas debido a que el peso del acero, el área del encofrado y el volumen del concreto en este elemento estructural son cantidades menores individualmente.

- **Caso: Elemento estructural: placas después de la aplicación de las 5"s".**



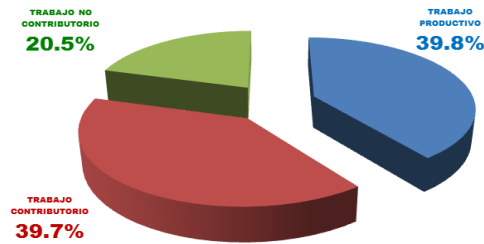
**Figura 4.47.** Productividad en placas después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

De la figura 4.47, del tiempo empleado de la mano de obra en la ejecución de las actividades del proceso constructivo en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: Placas, después de la aplicación de la metodología de las 5"s", el 37.9% es TP, el 30.6% es TC y el 31.5% es TNC. Comparando con los resultados obtenidos antes de la aplicación de la metodología de las 5"s" en este elemento estructural en estudio, el índice de productividad se incrementa en 1.2%, las pérdidas disminuyen en 2.7%, en tanto que, el proceso de las actividades que contribuyen a lograr ese índice de productividad se incrementaron en 1.7%. Observando estos valores últimos, se colige que en este elemento estructural la aplicación de la metodología de las 5"s" no tiene mayor implicancia, acaso por el peso del acero, área del encofrado o volumen del concreto, tratados de manera individual, son cantidades relativamente grandes, además de ser elementos estructurales verticales.



- **Caso: Elemento estructural: vigas después de la aplicación de las 5”s”.**

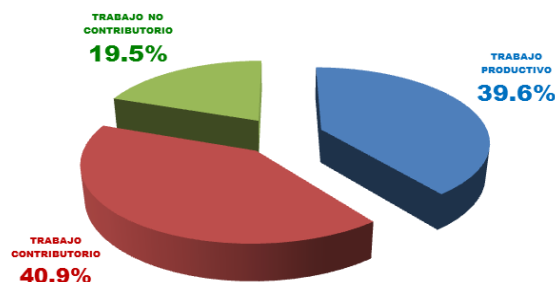


**Figura 4.48.** Productividad en vigas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura 4.48, del tiempo empleado de la mano de obra en la ejecución de las actividades del proceso constructivo en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: Vigas, después de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el 39.8% es TP, el 39.7% es TC y el 20.5% es TNC. Comparando con los resultados obtenidos en este mismo elemento estructural, antes de la aplicación de la metodología de las 5”s”, el índice de productividad se incrementa en 8.6%, las pérdidas disminuyen en 13.9%, en tanto que, el porcentaje del proceso de las actividades que contribuyen a lograr ese índice de productividad se incrementaron en 5.3%. Observando estos valores comparados, se deduce que este elemento estructural al ser un elemento horizontal se facilita el proceso constructivo en la sub-partida de encofrado, acero y concreto, sumado a esto que las zona de trabajo este ordenado, limpio y con rutas de circulación debidamente planificadas producto de aplicación de la metodología de las 5”s”.

- **Caso: Elemento estructural: losas aligeradas después de la aplicación de las 5”s”.**

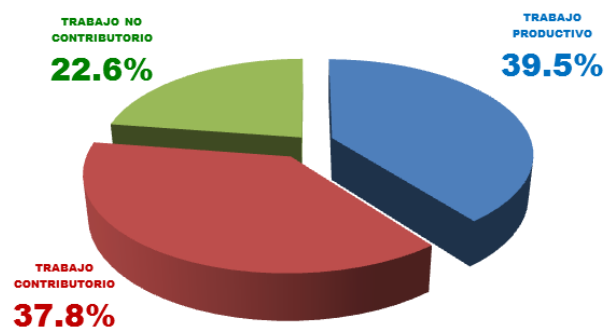


**Figura 4.49.** Productividad en losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura 4.49, del tiempo empleado de la mano de obra en la ejecución de las actividades del proceso constructivo en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: Losas aligeradas, después de la aplicación de la metodología de las 5"s", el 39.6% es TP, el 40.9% es TC y el 19.5% es TNC. Comparando con los resultados obtenidos durante la ejecución del proceso constructivo en este elemento estructural antes de la aplicación de la metodología de las 5"s", el índice de productividad se incrementa en 8.5%, las pérdidas disminuyen en 12.7% y para ello se incrementó en 4.2% el tiempo empleado en las actividades que contribuyen a lograr ese índice de productividad. Esta variación después de la aplicación de la metodología de las 5"s", de los índices de productividad, de las pérdidas y del trabajo que contribuyen a estos, tanto en vigas como en losas aligeradas son similares, debido a que el proceso constructivo de estos elementos estructurales son simultaneas.

▪ **Caso: Productividad General después de la aplicación de las 5"s".**



**Figura 4.50.** Productividad después de la aplicación de la metodología de las 5"s".

**Fuente:** Elaboración propia.

De la figura 4.50, del tiempo total de trabajo de la mano de obra empleado después de la aplicación de la metodología de las 5"s" en la ejecución del proceso constructivo de las sub-partidas de acero, encofrado y concreto de los elementos estructurales que conforman la estructura de concreto armado del quinto nivel y sexto nivel de la Residencial Gold San Francisco, el 39.5% es TP, el 37.8% es TC y el 22.6% es TNC. Comparando con los índices de productividad, pérdidas y trabajo contributorio de los niveles dos y tres de la construcción de la estructura, antes de la aplicación de la

metodología de las 5”s”, el índice de la productividad se incrementa en 8.1%, al igual que el del trabajo contributorio en 3.3%, en tanto que las pérdidas disminuyen en 11.2%: estos valores últimos son en términos generales.

#### 4.1.6 COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD, ANTES Y DESPUÉS DE IMPLEMENTAR LA METODOLOGÍA DE LAS 5“s”

Después de evaluar la incidencia de la aplicación de la metodología de las 5”s” en los índices de productividad, es menester hacer una comparación de los índices de productividad de la mano de obra antes y después de la aplicación de la metodología de las 5”s” en cada tipo de elemento estructural en estudio, en la ejecución del casco estructural del proyecto de la Residencial Gol San Francisco.

**Tabla 4.34.** Tabla comparativa del trabajo productivo, contributorio y no contributorio antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

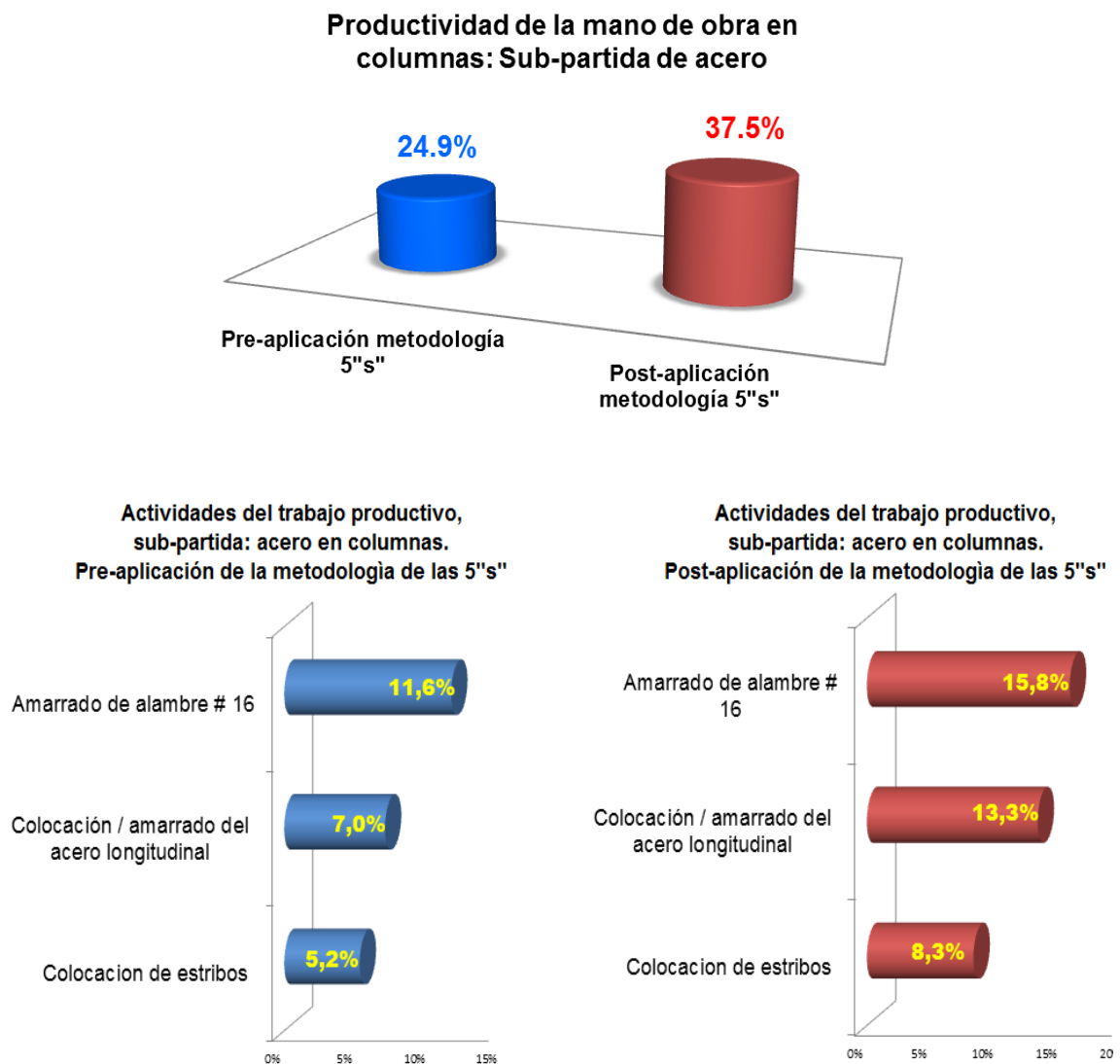
Elemento estructural	Descripción sub-partida	TRABAJO PRODUCTIVO		TRABAJO CONTRIBUTORIO		TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
		Pre-aplicación metodología 5”s”	Post-aplicación metodología 5”s”	Pre-aplicación metodología 5”s”	Post-aplicación metodología 5”s”	Pre-aplicación metodología 5”s”	Post-aplicación metodología 5”s”
COLUMNAS	Acero	24.9%	37.5%	41.8%	42.9%	33.3%	19.7%
	Encofrado	33.6%	41.9%	30.9%	39.8%	35.5%	18.3%
	Concreto	23.3%	43.2%	41.5%	37.7%	35.2%	19.0%
PLACAS	Acero	31.0%	35.3%	35.7%	38.7%	33.2%	25.9%
	Encofrado	36.6%	37.4%	25.3%	26.6%	38.0%	36.1%
	Concreto	40.4%	41.1%	26.0%	26.5%	33.6%	32.5%
VIGAS	Acero	24.7%	35.9%	42.5%	45.7%	32.8%	18.4%
	Encofrado	29.2%	41.3%	34.9%	38.5%	36.0%	20.2%
	Concreto	39.8%	42.1%	25.8%	34.9%	34.4%	23.0%
LOSAS ALIGERADAS	Acero	30.8%	34.8%	39.7%	45.1%	29.5%	20.1%
	Encofrado	33.2%	42.4%	33.9%	37.7%	32.8%	19.9%
	Concreto	29.2%	41.6%	36.6%	40.0%	34.2%	18.4%

Fuente: Elaboración propia.

i. **Comparación de los índices de la productividad en la sub-partida de acero, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.**

En las figuras siguientes, se presenta el comportamiento de la productividad de la mano de obra en la sub-partida de acero en los elementos estructurales en estudio antes y después de la aplicación de la metodología de las 5”s”.

a) **Caso: Sub-partida de acero en columnas.**



**Figura 4.51.** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de acero en columnas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

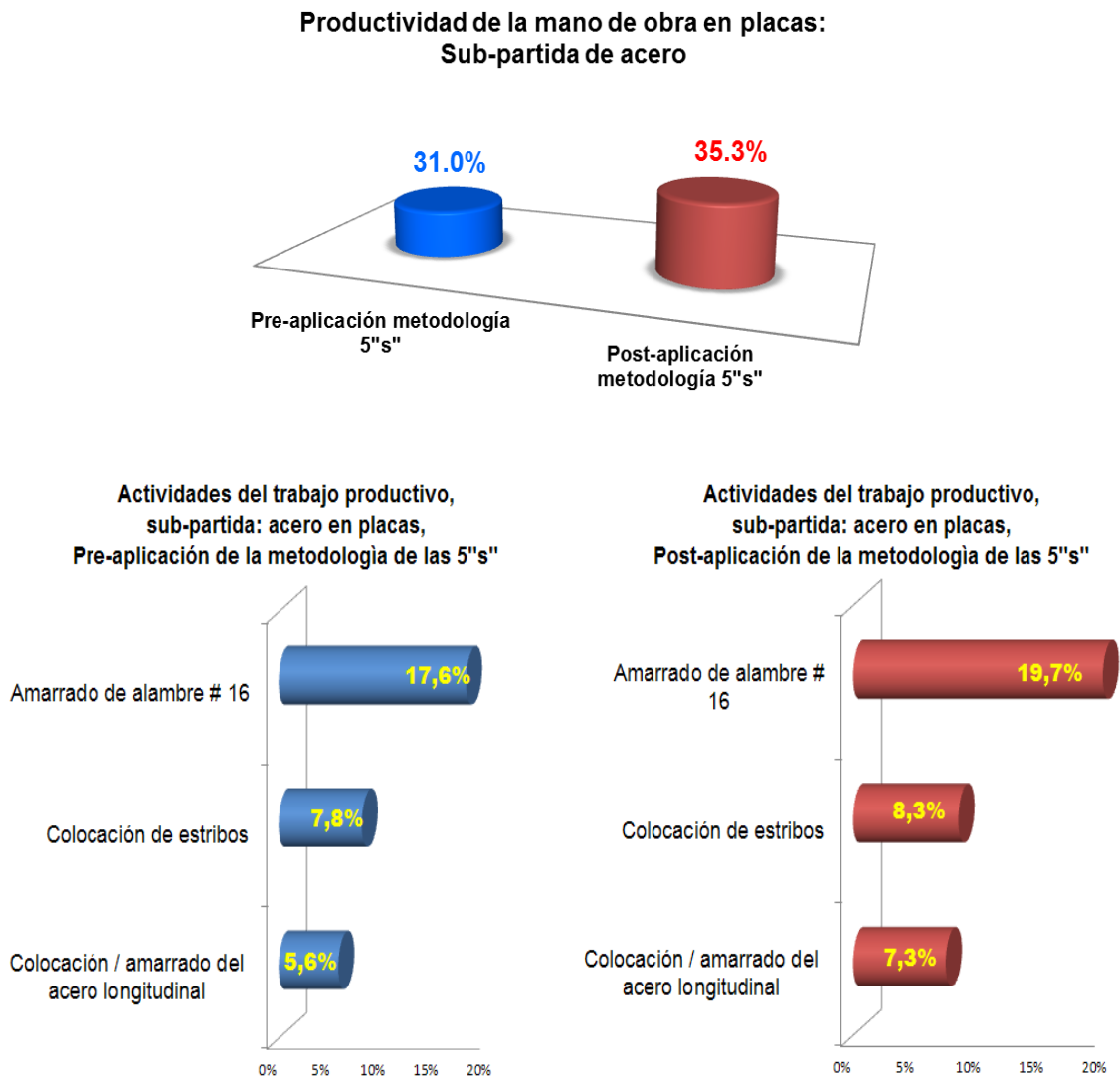
Fuente: Elaboración propia.



En la figura 4.51, se observa que la productividad de la mano de obra en la sub-partida de acero en el elemento estructural: Columnas, en la fase de post-aplicación de la metodología de las 5"s" alcanza un índice del 37.5%, la que representa un 12.6% más que el 24.9% del que se alcanza en la fase de pre-aplicación. Entonces con la aplicación de la metodología de las 5"s" en esta sub-partida se logró incrementar la productividad en un 12.6% más; ello ha sido posible debido a que en el proceso constructivo de esta partida desde el momento en que se prepara estribos estos ya se organizan y cuantifican por tipo de columna, además de separar aquellos restos de acero que se pueda utilizar en estribos de otras medidas y aquellas que sean de dimensiones pequeñas colocarlos en otro lugar para que puedan ser fácilmente localizados para su uso posterior si fuese necesario, en todo momento se mantuvo limpio la zona de trabajo de modo que no haya restos de acero en el piso y que estos no estén obstaculizando el paso, de tal manera que nuestra zona de trabajo sea cómodo y productivo por haber ejecutado previamente el Seiri-Seiton-Seiso (Organización-separar-limpiar), y finalmente aplicando la última metodología al entrenar a los obreros para seguir un buen habito en su frente de trabajo y observar los procedimientos de la metodologías de las 5"s" en el trabajo estrictamente.

Lo mencionado en el párrafo anterior, se sostiene en el cuadro comparativo de actividades, donde en la pre-aplicación de la metodología de las 5"s" la actividad de amarrado de alambre # 16, es la actividad que más incidencia tiene con 11.6% para esta sub-partida, a la vez que también se incrementa a 15.8%; entre tanto que la actividad de colocación/amarrado del acero longitudinal, se incrementa de 7.0% a 13.3%; y, finalmente la actividad de colocación de estribos se incrementa de 5.2% a 8.3%; observándose que la actividad sobre la que tiene más efecto, con un 6.3%, esta metodología es la colocación/amarrado del acero longitudinal.

**b) Caso: Sub-partida de acero en placas.**



**Figura 4.52.** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de acero en placas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

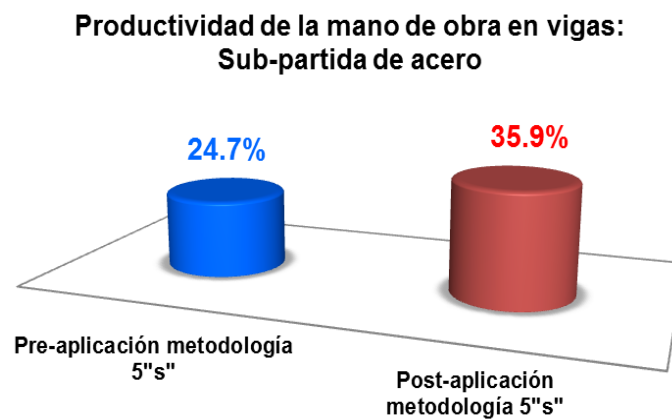
**Fuente:** Elaboración propia.

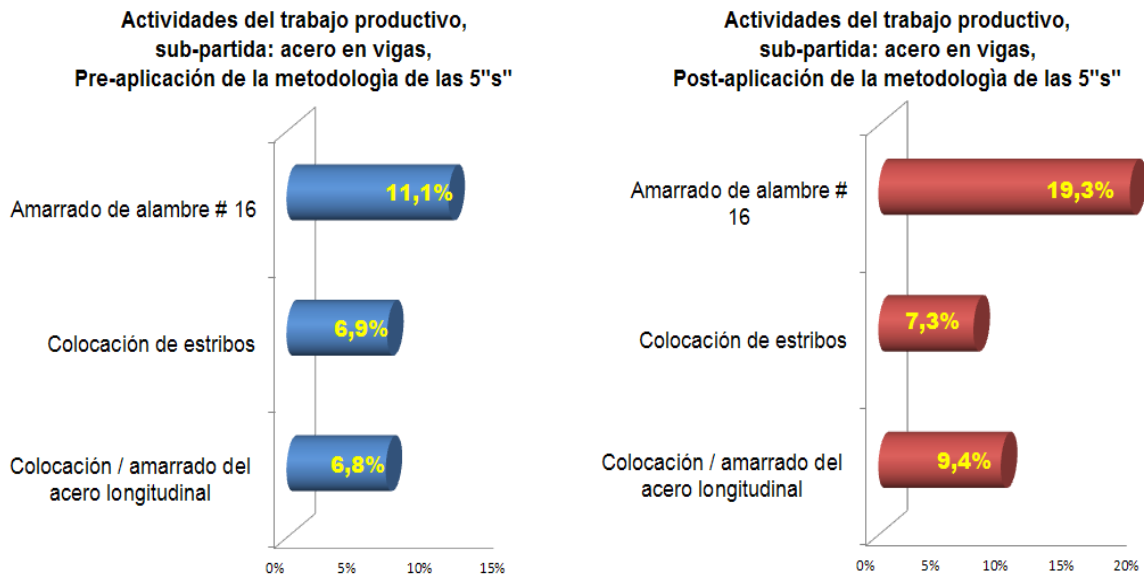
En la figura 4.52, en la sub-partida de acero en el elemento estructural: Placas, la productividad de la mano de obra alcanza un índice del 31.0% en la fase de pre-aplicación de la metodología de las 5"s" y en su fase de post-aplicación, se logra aumentar dicho índice en un 4.3%, es decir se alcanza un 35.3% al aplicar la metodología de las 5"s" en esta sub-partida desde el momento en que se prepara los estribos para el núcleo de la placa, el acero horizontal para el alma de la placa organizándolos y cuantificando por tipo de elemento que interviene en el armado del acero de la placa, luego separando

los restos del acero innecesarios colocarlos en otro lugar para que puedan ser fácilmente localizados para su uso posterior si fuese necesario, siempre manteniendo limpio la zona de trabajo de manera que no se tenga restos de acero en el piso que obstaculicen el paso, entonces la zona de trabajo fue cómodo y productivo por haber ejecutado previamente el Seiri-Seiton-Seiso (Organización-separar-limpiar), los procedimientos anteriores son inducidos en los obreros para seguir estos hábitos para el cumplimiento de la metodología de las 5"s" en sus respectivos frentes de trabajo.

Por otra parte, analizando el efecto que tiene en las actividades que componen el trabajo productivo de esta sub-partida, la actividad de: amarrado de alambre # 16, es la que tiene mayor incidencia, además de sufrir un incremento de 17.8% a 19.7%, en tanto que la: colocación de estribos y colocación/ amarrado de acero longitudinal, son de menor incidencia y el efecto que sufren es de 7.8% a 8.3% y 5.6% a 7.3% respectivamente. Se observa que en estas tres actividades el efecto es en igual dimensión.

### c) Caso: Sub-partida de acero en vigas.





**Figura 4.53.** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de acero en vigas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

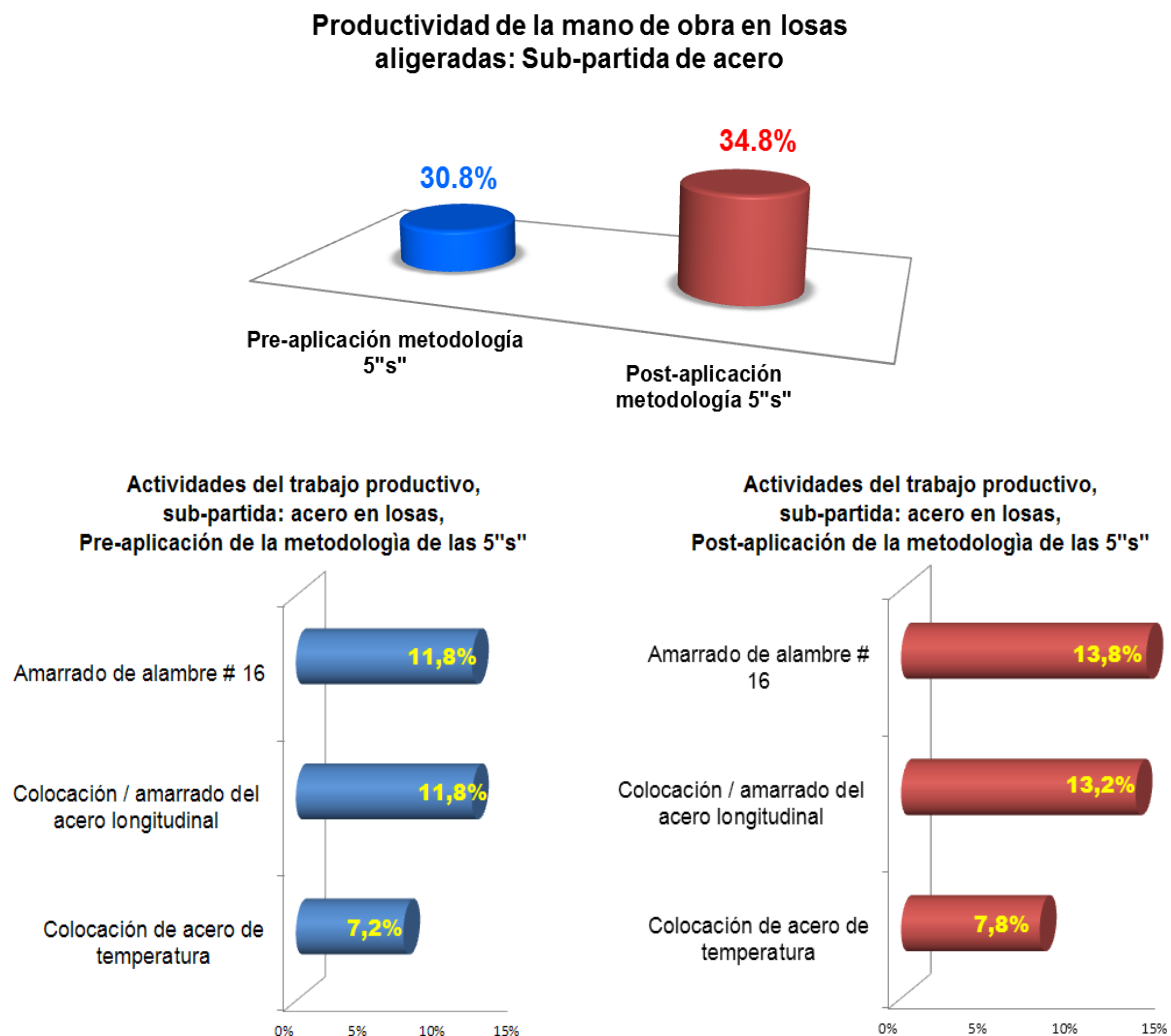
De la figura 4.53, se observa que antes de la aplicación de la metodología de las 5"s" la productividad de la mano de obra de la sub-partida en estudio, era del orden del 24.7%; y, posterior a la aplicación de la metodología estudiada la productividad es del 35.9%; es decir, dicho índice se incrementó en 11.2%. Para lograr este incremento en el índice de productividad, se aplicó estrictamente la metodología de las 5"s" en el proceso productivo de esta sub-partida; donde se logró lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma consistente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral, donde se separa el acero cortado el acero para preparar los estribos, el acero longitudinal y el alambre para el amarre, los estribos preparados fueron organizados por tipo de viga en tanto que los restos de acero, actividades que se realizan en los lugares previamente designados los cuales se encuentran limpios, entonces se identifica y separa los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de estos últimos. Seguido a esto se realiza una inspección visual para prevenir la aparición de suciedad y el desorden de los estribos, acero longitudinal, alambre de amarre, herramientas y equipos personales, además de inspeccionar que todo los obreros cuenten con sus respectivos equipos de protección personal puestos; con ello se busca en todo momento que trabajar



con orden, limpieza y seguridad sea un hábito de trabajo en todo los obreros implicados en el proceso constructivo de esta sub-partida

En cuanto al efecto que tiene la aplicación de esta metodología a las actividades que la componen, la actividad de: amarrado de alambre #16 es tiene mayor efecto al sufrir incremento de 11.1% a 19.3%, es decir 8.2%; en tanto que en las actividades de: colocación de estribos y colocación/amarrado del acero longitudinal, experimentan incrementos de 6.9% a 7.3% y de 6.8% a 9.4%, correspondientemente, con un efecto de 0.4% y 2.6% respectivamente.

**d) Caso: Sub-partida de acero en losas aligeradas.**



**Figura 4.54.** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de acero en losas aligeradas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

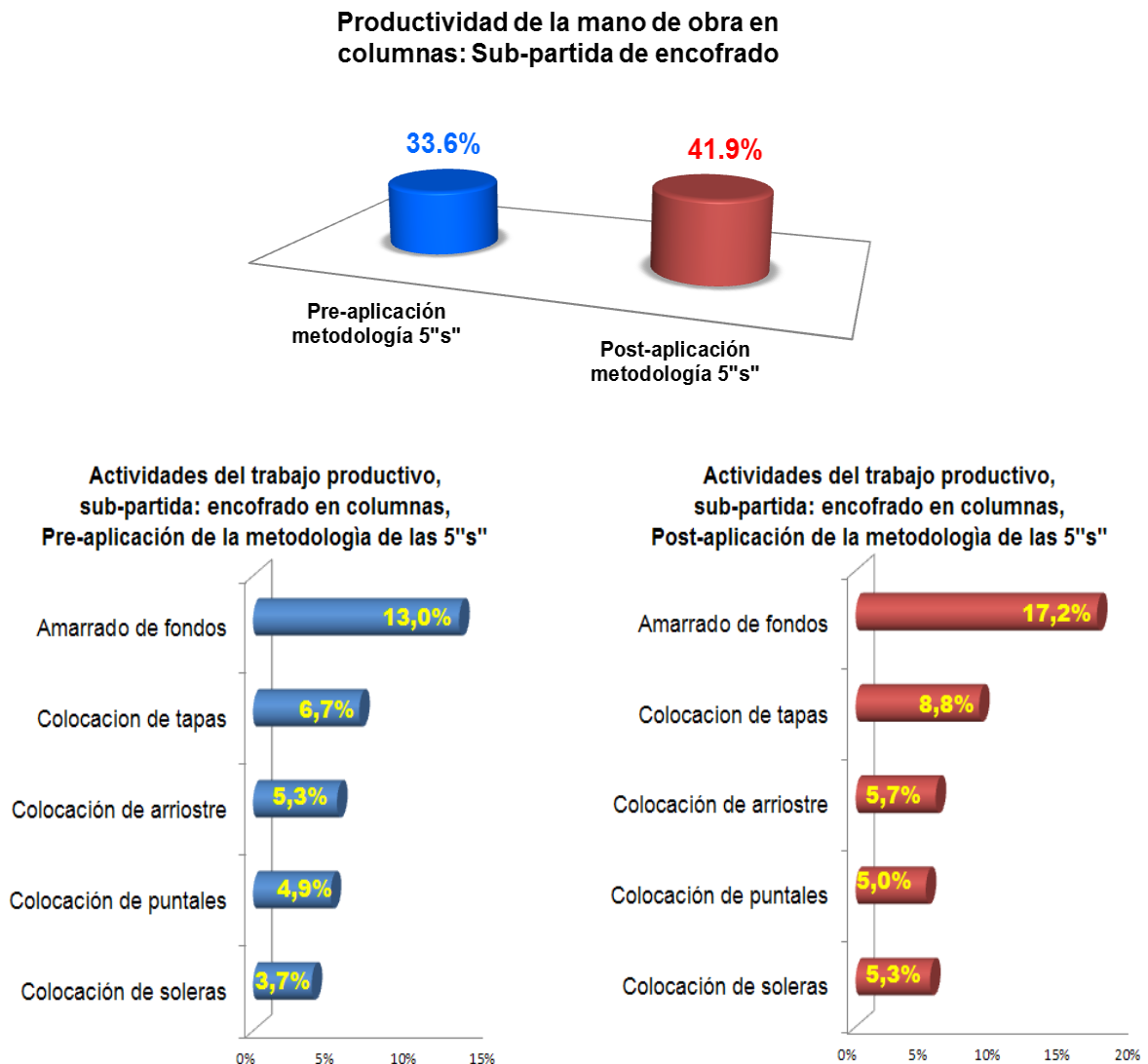
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.54, el índice de productividad en la sub-partida de acero en losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5”s” fue de 30.8% y después de aplicársele, se obtuvo una productividad de 34.8% en la mano de obra en este proceso productivo, vale decir, 4.8% más. Para lograr este incremento en el índice de la productividad se buscó aplicar estrictamente el principio de la metodología de las 5”s”. “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”, es así que para preparar el acero negativo y el positivo previamente se hace una distribución en el plano de tal forma que al cortarlos no quede restos innecesarios, los restos de acero innecesarios para esta partida son ubicados en un lugar designado para su posterior uso en otro elemento estructural; y, el acero preparado para las viguetas son colocados en un lugar muy cercano para ser utilizados en el armado de la losa la cual debe estar despejado y limpio de tal manera que se facilite el trabajo de colocar el acero para viguetas; durante y después de los trabajos de gasfitería y electricidad en la losa se debe cuidar que la losa quede ordenada y limpia de todo resto de tecnopor, los cuales deben ser desechados, lo que facilita el colocado de la malla de temperatura. Con los pasos anteriores se debe concretó y fijó cómo se deben hacer las cosas visualizando y evaluando periódicamente el estado actual de cada proceso para encontrar posibles deficiencias y subsanarlas, haciendo que el obrero haga de su frente de trabajo un lugar cómodo, ordenado y limpio para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral.

ii. **Comparación de los índices de la productividad en la sub-partida de encofrado, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.**

En este acápite se hace una comparación de los índices de productividad en el proceso constructivo de la sub-partida de encofrado antes y después de la aplicación de la metodología de las 5”s” en los elementos estructurales de: Columnas, placas, vigas y losas aligeradas del proyecto en estudio.

## a) Caso: Sub-partida de encofrado en columnas.



**Figura 4.55.** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en columnas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

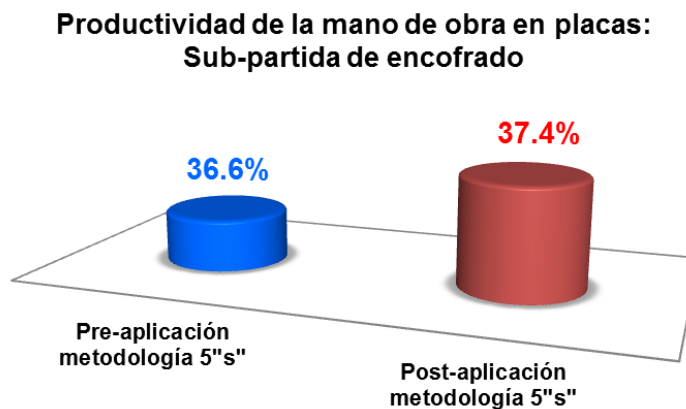
**Fuente:** Elaboración propia.

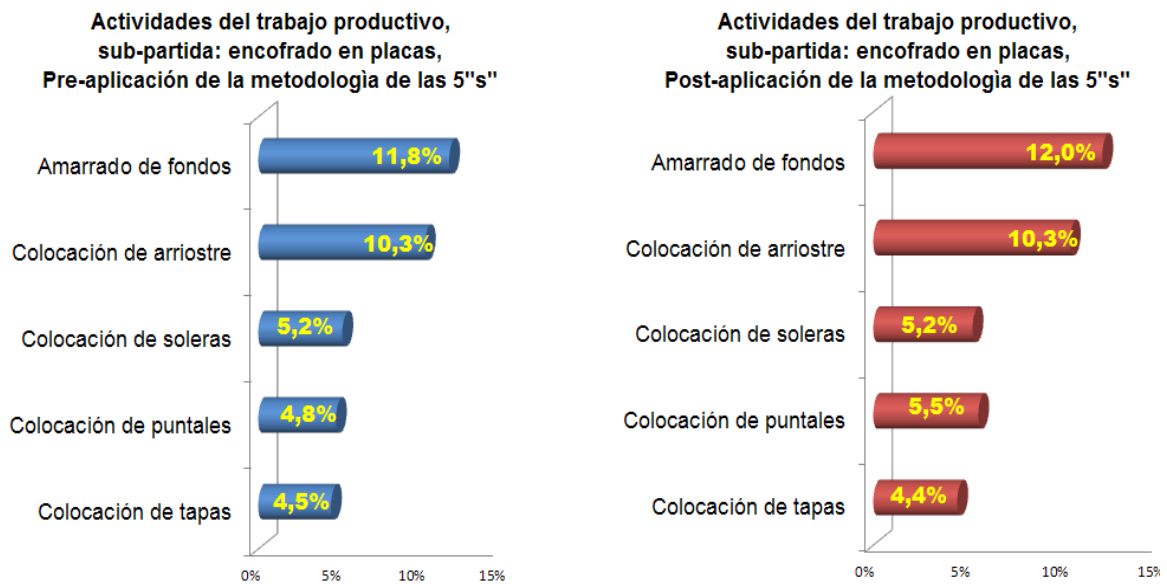
En la figura 4.55, al aplicar la metodología de las 5"s" en el proceso productivo de la sub-partida de encofrado en columnas se obtuvo un índice de productividad de 41.9%, es decir, un 8.3% más que de lo que se obtiene sin utilizar la metodología de las 5"s", que era del 33.6%. Este acrecentamiento en el índice de productividad, se logró aplicando rigurosamente la metodología de las 5"s" en el proceso productivo de esta sub-partida; donde se alcanzó zonas de trabajo más organizados, ordenados y limpios de forma consistente para lograr una mayor productividad y un mejor entorno laboral. El proceso

constructivo de esta sub-partida, empieza con la separación de la madera según las dimensiones de la columna a encofrar y aquellas innecesarias se ubican en un lugar designado fuera de la zona de trabajo; la madera, barrotes, puntales, clavos y herramientas manuales a utilizar en el encofrado se organizan en el respectivo frente de trabajo de tal manera que facilite su instalación manteniendo organizado el espacio de trabajo de forma eficaz, cuidando que el obrero siempre cuente con sus respectivos equipos de protección personal y colectivo, haciendo un control visual de manera sistemática para señalar anomalías durante el proceso, fomentando una mejora continua de todos los procesos constructivos de esta sub-partida. En todo momento se busca que este proceso constructivo sea un hábito en el personal de la obra.

En cuanto al efecto en las actividades que componen esta sub-partida, el amarrado de fondos es la que experimenta mayor efecto de la productividad de mano de obra con un 4.2%, al variar de 13.0% a 17.2%, por sistematizar las actividades; seguidamente: colocación de tapas, con un efecto de 2.1%, al pasar de 6.7% a 8.8%. En tanto que: colocación de soleras, experimenta un efecto de 1.6%, al incrementarse de 3.7% a 5.3%, por el orden, sistematización, limpieza y seguridad de la zona de trabajo. Finalmente, las actividades: colocación de arriostre y colocación de puntales, presentan efecto casi imperceptible de 0.4% y 0.1% respectivamente.

#### b) Caso: Sub-partida de encofrado en placas.





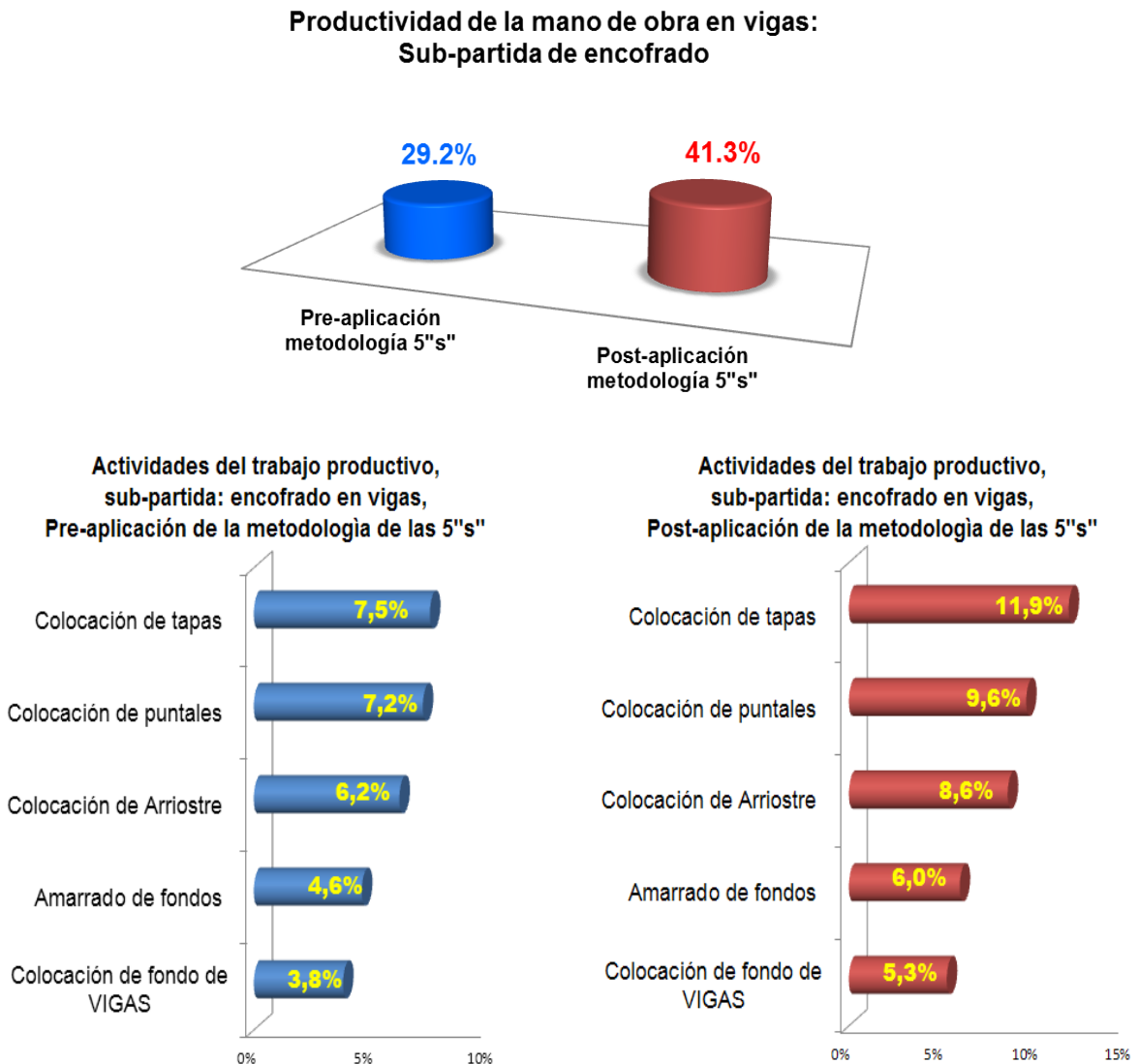
**Figura 4.56.** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en placas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 4.56, en lo referente al encofrado de placas en la cual se tiene mayores dimensiones que las columnas se tiene que al aplicar la metodología de las 5"s" el índice de productividad ha mejorado en un 37.4%, en comparación al 36.6% que se tenía antes de la aplicación de las 5s, en tal sentido se observa una adecuada organización, orden y limpieza y así mismo una mejor estandarización y autodisciplina en la zona de trabajo evidenciándose que el personal ha asumido convenientemente la metodología de las 5"s".

Por otra parte, en la comparación de las actividades que lo componen, se observa que las actividades de "colocación de arriostres" y "colocación de soleras" no experimentan mayor efecto porque se tienen elementos ya preparados al momento y antes de la evaluación con la metodología de las 5"s"; pero se observa también que "amarrado de fondos", "colocación de soleras" y "colocación de puntales", son las que tienen mayor incremento de la productividad en esta sub-partidas después de la aplicación de la metodología de las 5"s" debido a que presenta mayor orden, limpieza, sistematización y seguridad de la zona de trabajo; en tanto la actividad de "colocación de tapas" presenta una disminución de la productividad porque se hizo la evaluación a mayor altura por tanto mayor seguridad del personal obrero.

c) Caso: Sub-partida de encofrado en vigas.



**Figura 4.57.** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en vigas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

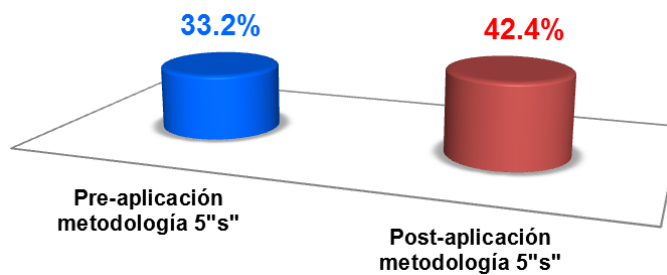
**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 4.57, muestra que en el encofrado de vigas la productividad ha aumentado en un índice de 41.3%, dado que en la metodología 5s da a conocer que dicho trabajo inicia con la clasificación adecuada de madera para el fondo de viga así como los pies derechos y posteriormente la colocación de la tapa lo cual indica que el personal de trabajo cumple con los procedimientos que se mencionan en la metodología 5"s" mejorando los resultados en comparación a un 29.2 % en el que no se utiliza la metodología de las 5"s".

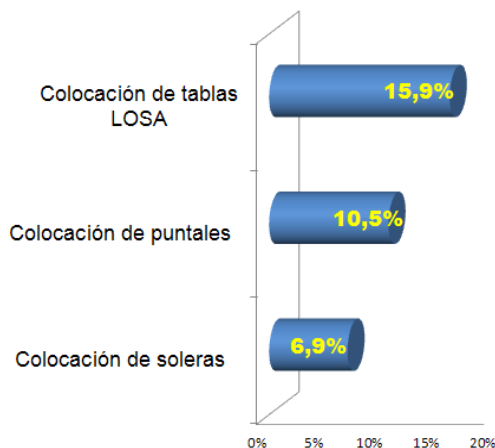
En el cuadro de comparación de actividades que la componen, se observa que la: colocación de tapas y colocación de puntales son las que tienen mayor incidencia en esta sub-partida y además de experimentar mayor efecto, con 4.4% y 2.4% respectivamente, al variar de 7.5% a 11.9% y de 7.2% a 9.6% individualmente; en tanto que la actividad de: colocación de arriostre se incrementa de 6.2% a 8.6%, colocación de fondo de vigas de 3.8 a 5.3% y amarrado de fondos de 4.6% a 6.0% correspondientemente, observando efectos de 2.0%, 1.5% y 1.4% en las actividades mencionadas. Esto ocurre por presentarse mayor organización, orden, limpieza, autodisciplina y seguridad en la zona de trabajo.

**d) Caso: Sub-partida de encofrado en losas aligeradas.**

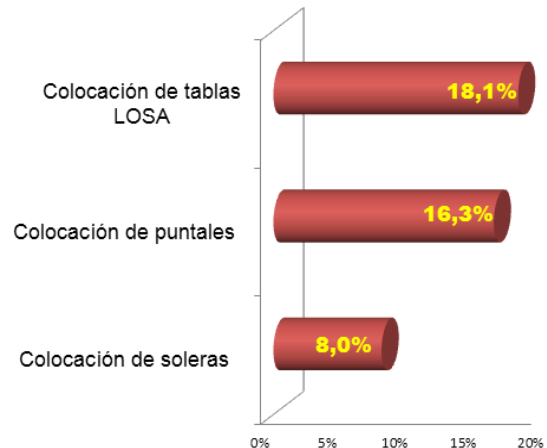
**Productividad de la mano de obra en losas aligeradas: Sub-partida de encofrado**



**Actividades del trabajo productivo, sub-partida: encofrado en losas aligeradas, Pre-aplicación de la metodología de las 5"s"**



**Actividades del trabajo productivo, sub-partida: encofrado en losas aligeradas, Post-aplicación de la metodología de las 5"s"**



**Figura 4.58.** Comparación de la productividad y de sus actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en losas aligeradas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

Fuente: Elaboración propia.

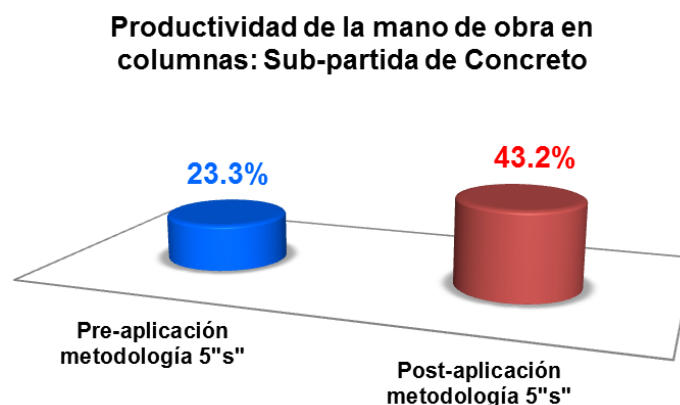
En la figura 4.58, se ilustra que la partida de encofrado de losa aligerada al aplicar la metodología de las 5"s" obtiene un índice de mejora de la productividad en un 42.4%, .El personal de trabajo utiliza una adecuada organización, orden y limpieza , una mejor estandarización y autodisciplina en la colocación de las soleras y fondos de vigueta en comparación a un 33.2 % en el que no se utiliza la metodología de las 5 s demostrando entonces que la metodología 5"s" permite mejorar cuantitativamente la productividad de la construcción.

De otra parte, en la comparación de las actividades, la colocación de puntales es la que experimenta mayor efecto con 5.8%, al aumentar de 10.5% a 16.3%; las actividades de: colocación de tablas en losa y colocación de soleras, sufren variaciones de 15.9% a 18.1% y de 6.9% a 8.0% respectivamente, lo que implica que se advierte un efecto del 2.2%.y 1.1% en las actividades mencionadas.

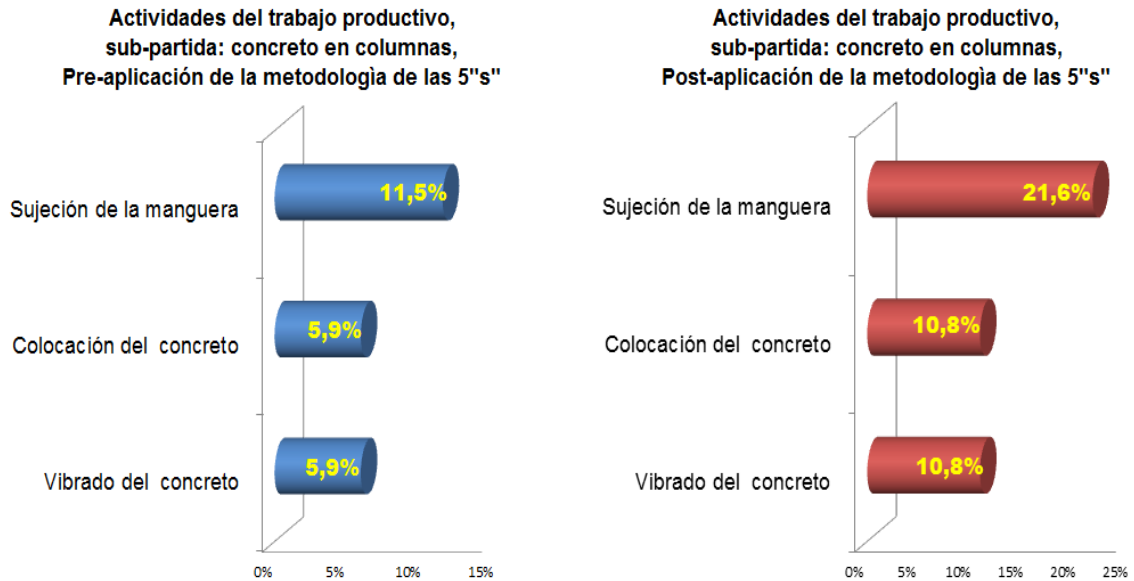
### iii. Comparación de los índices de la productividad en la sub-partida de concreto, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

En las figuras siguientes, se hace una comparación de los índices de productividad de la mano de obra, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5"s" en el proceso constructivo de la sub-partida de concreto de los elementos estructurales: Columnas, placas, vigas y losas aligeradas en la construcción del proyecto Gold San Francisco.

#### a) Caso: Sub-partida de concreto en columnas.







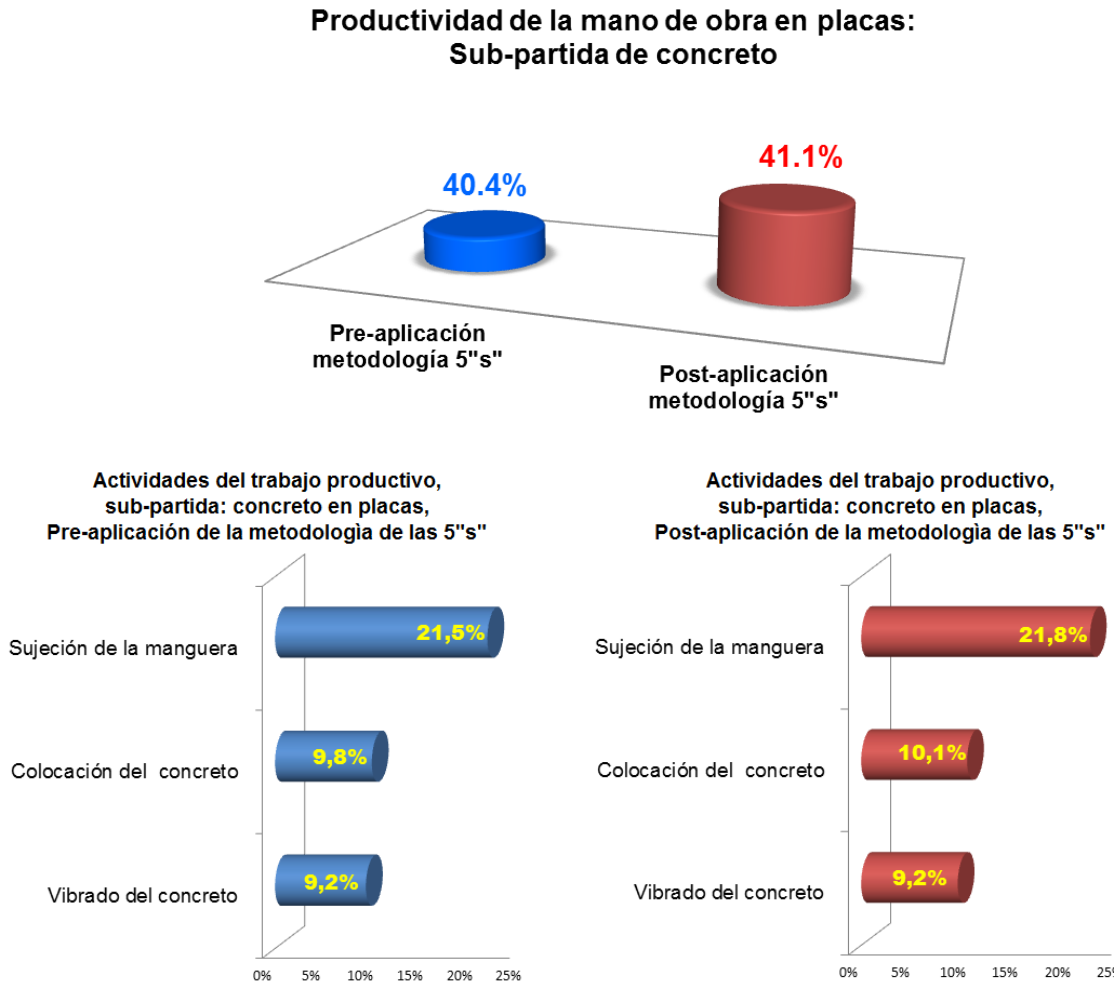
**Figura 4.59.** Comparación de la productividad y de las actividades que la componen en la sub-partida de concreto en columnas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 4.59, indica que la productividad en columnas en la sub partida de concreto ha obtenido un 43.2% en comparación de un 23.3% obtenido antes de la aplicación de la metodología de las 5"s" mejorando la organización, limpieza y eliminación de desperdicios en la colocación de concreto pre mezclado además de la estandarización y autodisciplina en el proceso de trabajo.

En el cuadro comparativo de las actividades, se observa que la actividad: sujección de la manguera es la que tiene mayor incidencia, además de ser la que advierte mayor crecimiento en su índice de productividad en un 11.5 % a 21.6 %; en tanto que la actividad de: colocación de concreto, experimenta efecto del 4.90 % al incrementarse de 5.9% a 10.8%, finalmente el vibrado de concreto, advierte un efecto del 4.9% al variar su porcentaje de productividad de 5.9% a 10.8%. debido a la instauración de la metodología de las 5 "s" el cual representa organización, sistematización, limpieza y seguridad en los lugares de trabajo y teniendo cero desperdicios en la productividad de mano de obra.

**b) Caso: Sub-partida de concreto en placas.**



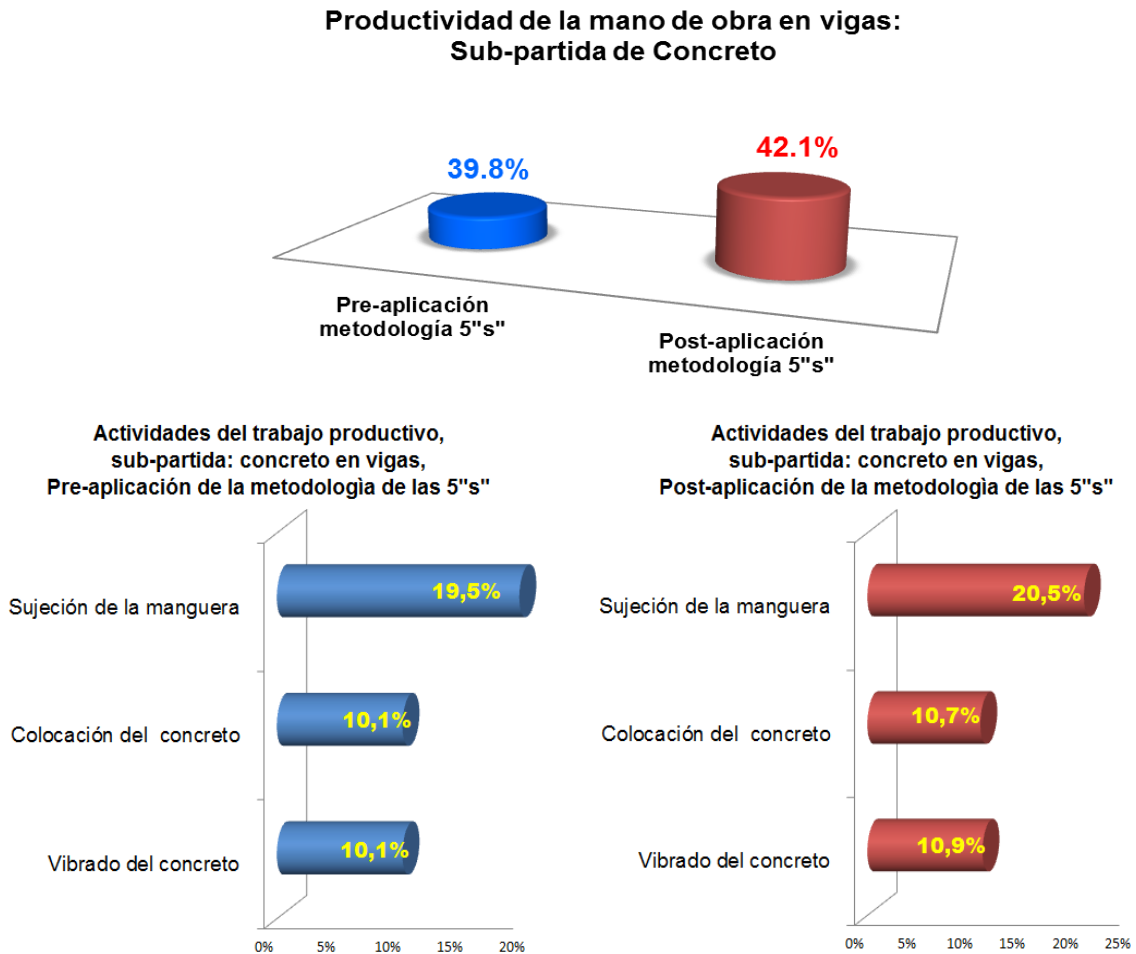
**Figura 4.60.** Comparación de la productividad y de las actividades que la componen en la sub-partida de concreto en placas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 4.60, muestra que la productividad de mano de obra de la sub partida de vaciado de concreto en placas al aplicar la metodología de las 5”s” obtiene un índice de productividad de 41.1%, observándose el colocado de concreto que es de mayor proporción que en las columnas guarda un mayor orden en el proceso que se sigue en dicha sub partida siendo que el personal de trabajo separa, organiza y limpia la zona de trabajo así como los materiales y equipo que utiliza todo esto de acuerdo a las dimensiones de las placa cumpliendo con las normas de seguridad establecidas lo cual permite mantener y mejorar los resultados en el trabajo en comparación a un 40.4 % en el que no se utiliza la metodología de las 5”s”

Como se puede verificar en la figura también las actividades evaluadas presentan un incremento de la productividad; en la sujeción de manguera en 3%, colocación de concreto 0.3% , en lo referente al vibrado de concreto en un 0.00%; dicha actividad no presenta un incremento por las dimensiones del elemento, por conservar la seguridad del personal de obra.

**c) Caso: Sub-partida de concreto en vigas.**



**Figura 4.61.** Comparación de la productividad y de las actividades que al componen en la sub-partida de encofrado en vigas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

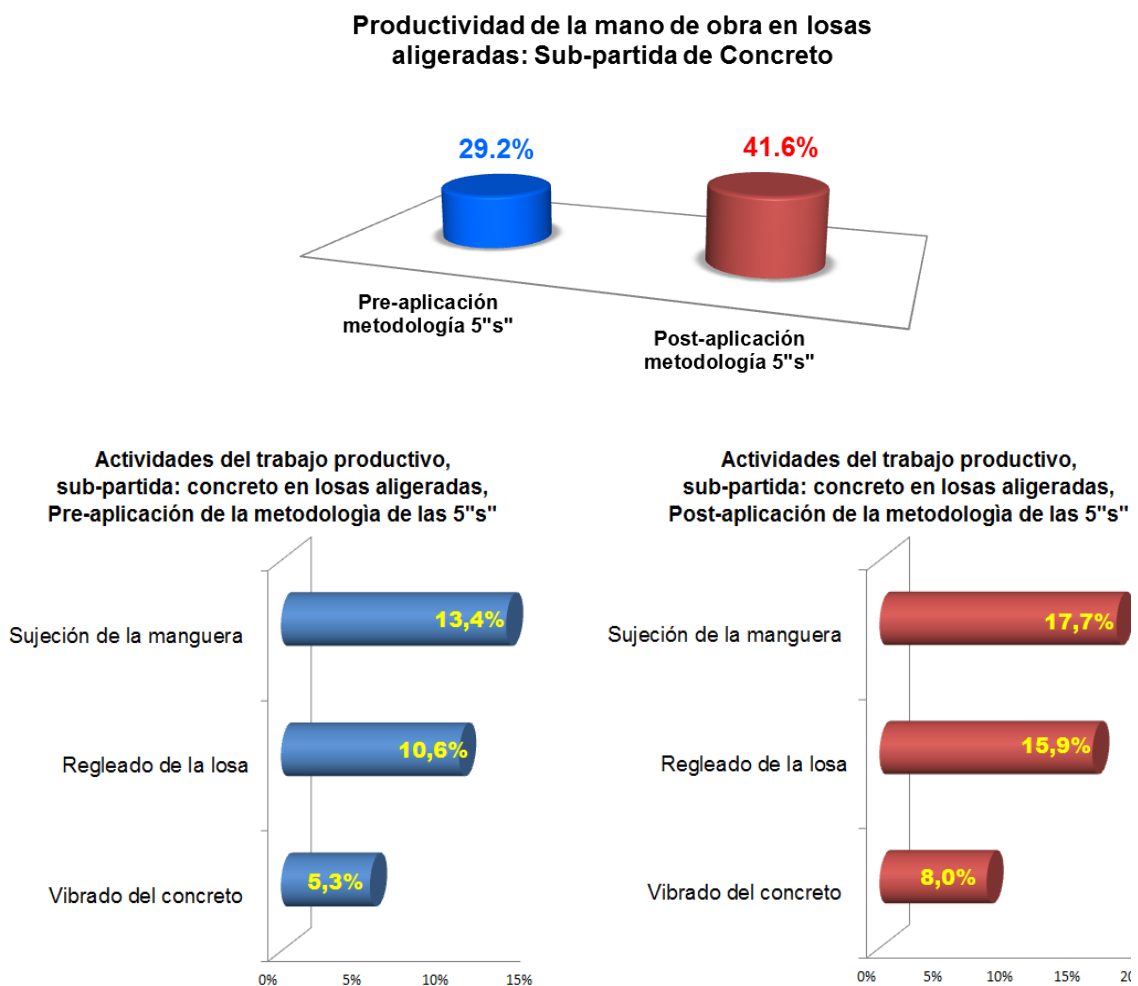
**Fuente:** Elaboración propia.

En lo que concierne a la figura 4.61, la sub partida de vaciado de concreto de las vigas se evidencia que al aplicar la metodología de las 5”s” se tiene un índice de productividad de 42.1%, observándose que el personal de trabajo utiliza una adecuada organización, orden y limpieza así mismo una mejor estandarización y autodisciplina en el proceso de colocación de concreto

pre mezclado en el que se utiliza mayor volumen de concreto en lo referente a la loza en comparación a un 39.8 % en el que no se utiliza la metodología de las 5 s .

Apreciándose en la figura también las actividades evaluadas muestran incrementos de la productividad; en la sujeción de manguera en 1%, colocación de concreto 0.6%, y en vibrado de concreto en un 0.8% no presentándose un mayor incremento por requerir mayor prevención y seguridad en la colocación de concreto premezclado con referente a los vecinos colindantes de la obra.

**d) Caso: Sub-partida de concreto en losas aligeradas.**



**Figura 4.62.** Comparación de la productividad y de las actividades que la componen en la sub-partida de encofrado en losas aligeradas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.62, respecto a la sub partida de vaciado de concreto en losas aligeras con concreto pre mezclado se observa que luego de aplicar la

metodología de las 5"s" se tiene un índice de productividad de 41.6%, .Los trabajadores cumplen con el proceso de colocación del concreto pre mezclado haciendo uso de la metodología separando los materiales de acuerdo al área de vaciado de la losa aligerada, manteniendo la limpieza en las viguetas y por ende la seguridad, se organiza en su respectiva área de trabajo con el equipo y herramientas necesarios cumpliendo con las normas de seguridad establecidas lo cual permite mantener y mejorar los resultados en el trabajo en comparación a un 29.2 % en el que no se utiliza la metodología de las 5"s".

Comparando las actividades evaluadas, estos presentan incrementos de la productividad de mano de obra; es así que, en la sujeción de manguera en 4.3%, reglado de la losa en 5.3 % y en vibrado de concreto en un 2.7%. Debido a la organización, sistematización, limpieza y seguridad que se empleó en las zonas de trabajo y por consiguiente una reducción de los costos de mano de obra en su partida de estructuras.

iv. Comparación del índice de productividad en columnas, placas, vigas y losas aligeradas, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

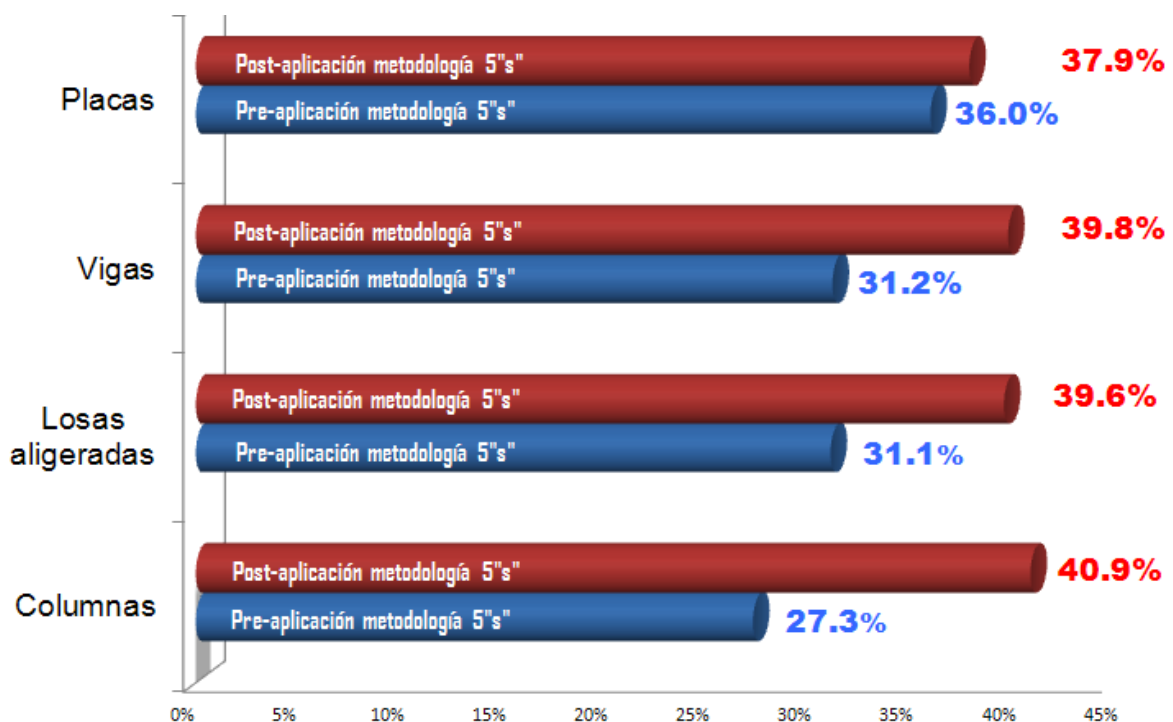
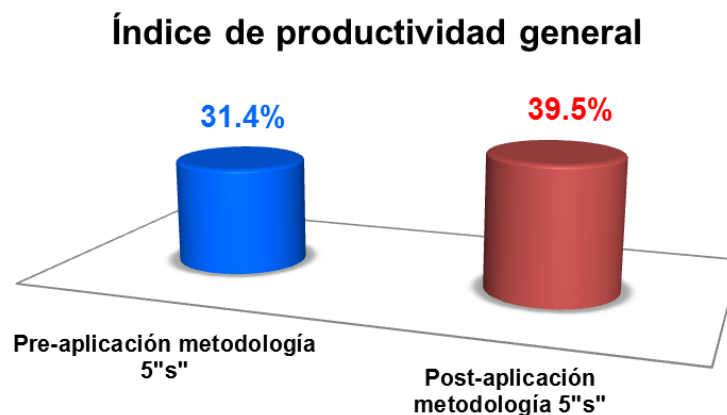


Figura 4.63. Comparación de la productividad en los elementos, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 "s".

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4.63, muestra el incremento de la productividad de los elementos estructurales aplicado convenientemente la metodología 5 s se ha obtenido resultados que han permitido mejorar la calidad de trabajo así como aminorar costos en la construcción de la infraestructura de la estructura; en las placas tienen un incremento de 36.0 % a un 37.9 % , en las vigas 31.2 % a un 39.8% , en las losas aligeradas de un 31.1% a 39.6% y en las columnas 27.3% a 40.9% observados que las columnas hay un mayor aumento de productividad de la mano de obra; este incremento se logró por ordenamiento, sistematización, limpieza y seguridad en la zona de trabajo.

v. **Comparación del índice de productividad general, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.**



**Figura 4.64.** Comparación de la productividad general, antes y después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 4.64, demuestra que habiéndose aplicado convenientemente la metodología 5“s” se ha obtenido resultados que han permitido mejorar la calidad de trabajo así como aminorar costos en la construcción de la infraestructura de la estructura evidenciándose esto en un 39.5% frente a un 31.4% ya que la adecuada organización, orden, limpieza, estandarización y el cumplimiento de normas que sugiere la metodología han sido aprendidas por los trabajadores, pieza importante de la construcción.

## 4.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Este acápite tiene por objeto el de presentar el proceso que conduce a la demostración de la hipótesis de investigación: “La aplicación de la metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction, presenta efecto positivo en la productividad de la mano de obra de la edificación de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco”.

El procedimiento que se utilizó para la comprobación de las hipótesis de estudio, de acuerdo a los resultados obtenidos después de aplicado el instrumento y la agrupación de los datos, es la prueba estadística denominada T-Student para muestras relacionadas de corte longitudinal por haberse realizado dos medidas en tiempos diferentes a un mismo grupo de estudio. Cabe mencionar, que en los casos en que se disponga de pruebas no paramétricas se empleó la prueba estadística de los Rangos con Signos de Wilcoxon.

### 4.2.1 PRUEBA DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

#### 4.2.1.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

##### HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN:

“La metodología de las 5 “s” de la filosofía Lean Construction permite reducir las principales fuentes de pérdidas, al ser aplicado en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.”

##### HIPÓTESIS ESTADÍSTICA:

**Ho:** La metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction no permite reducir las principales fuentes de pérdidas, al ser aplicado en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: Columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco.

**Ha:** La metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction permite reducir las principales fuentes de pérdidas, al ser aplicado en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: Columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

**Kolmogorok – Smirnov** para muestras grandes (> 30 individuos)

**Shapiro Wilk** para muestras pequeñas (<30 individuos)

Criterio para determinar Normalidad:

**P-valor  $\geq \alpha$ ,** Aceptar **Ho** = Los datos provienen de una distribución **normal**.

**P-valor  $< \alpha$ ,** Aceptar **H1** = Los datos **no** provienen de una distribución **normal**.

Tomando en cuenta los valores de la evolución del porcentaje de fuentes de pérdidas antes y después de la implementación de la metodología de las 5”s” de la Filosofía Lean Construction resumidos en la tabla 4.30, haciendo uso del programa estadístico SPSS v.21, se obtiene la prueba de normalidad siguiente:

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Fuentes de perdidas antes de implementar Filosofía Lean Construction	,145	12	,200 <sup>*</sup>	,946	12	,583
Fuentes de perdidas despues de implementar Filosofía Lean Construction	,129	12	,200 <sup>*</sup>	,965	12	,847

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors



Dónde:

P-Valor (pérdidas antes)	= 0.583	>	$\alpha = 0.05$	<b>Se acepta Ho</b>
P-Valor (pérdidas después)	= 0.847	>	$\alpha = 0.05$	<b>Se acepta Ho</b>

**Conclusión:**

Los datos del porcentaje de fuentes de pérdidas provienen de una distribución **normal**

**Decisión estadística.**

El criterio para decidir es:

Si la probabilidad obtenida **P-valor <  $\alpha$** , rechace Ho (**Se acepta Ha**)

Si la probabilidad obtenida **P-valor  $\geq \alpha$** , se acepta Ho

Haciendo uso de los valores de la tabla 4.22, obtenemos los valores estadísticos:

**Prueba de muestras relacionadas**

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Fuentes de perdidas antes de implementar Filosofía Lean Construction - Fuentes de perdidas despues de implementar Filosofía Lean Construction	1,31750	1,18726	,34273	,56315	2,07185	3,844	11	,003

El valor de la probabilidad **Sig. (bilateral) = 0.003**, es menor que el nivel de significancia  **$\alpha = 0.05$** , entonces se rechaza la hipótesis nula.

De igual forma:

**Estadísticos de muestras relacionadas**

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 Fuentes de perdidas antes de implementar Filosofía Lean Construction	6,6783	12	1,14492	,33051
Fuentes de perdidas despues de implementar Filosofía Lean Construction	5,3608	12	1,26766	,36594

### Conclusión:

Con 95% de nivel de confianza, estadísticamente, las fuentes de pérdidas disminuyen de manera significativa con la aplicación de la metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: Columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco. Por lo cual se concluye que la metodología de las 5”s” si tiene efectos significativos sobre la disminución de las fuentes de pérdidas de la mano de obra.

De hecho el porcentaje de las fuentes de pérdidas en promedio se reduce de 6.7% a 5.4%; entonces, la metodología de las 5”s” al reducir estos porcentajes permite reducir dichas fuentes de pérdidas.

#### **4.2.1.2 PRUEBA DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2**

##### **HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN:**

“Las pérdidas disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco”.

Para probar esta hipótesis específica; en primer lugar se realizará esta prueba en cada una de las sub-partidas de los elementos estructurales en estudio, para seguidamente desarrollar la demostración de hipótesis en las columnas, placas, vigas y losas, agrupando los datos del acero, encofrado y concreto, del proceso constructivo de la Residencial Gold San Francisco de la ciudad del Cusco.



i) **HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS PARA LAS PÉRDIDAS DE LA MANO DE OBRA DE LAS SUB-PARTIDAS EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE COLUMNAS, PLACAS, VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS**

a) **Hipótesis estadísticas para las pérdidas de la mano de obra en las sub-partidas del proceso constructivo de columnas.**

**Ho:** Las pérdidas no disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: columnas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** Las pérdidas disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: columnas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

Tomando en cuenta los valores del comportamiento del % de pérdidas que se producen en la mano de obra antes y después de la implementación de la metodología de las 5"s" de la Filosofía Lean Construction para las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: Columnas, resumidos en la tabla del ANEXO VI y haciendo uso del programa estadístico SPSS v.21, se obtiene la prueba de normalidad siguiente:

Pruebas de normalidad

SUB PARTIDA	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% PÉRDIDAS EN COLUMNAS	ACERO	,177	46	,001	46	,000
	ENCOFRADO	,197	46	,000	46	,001
	CONCRETO	,107	46	,200 <sup>*</sup>	46	,120

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

De donde:

P-Valor PÉRDIDAS<sub>ACERO</sub> = 0.001 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

P-Valor PÉRDIDAS<sub>ENCOFRADO</sub> = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

P-Valor PÉRDIDAS<sub>CONCRETO</sub> = 0.200 >  $\alpha = 0.05$  Se acepta Ho

Conclusión:

Los datos del porcentaje de pérdidas que se presentan en la mano de obra para las sub-partidas de acero y encofrado, del elemento estructural: columnas, tienen una distribución **no normal**. En tanto que la sub-partida de concreto, tiene distribución **normal**.

**Decisión estadística para las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida de acero en el proceso constructivo de columnas.**

Como la distribución de las dos primeras sub-partidas es no normal y el de la tercera sub-partida es normal, para efectos de la decisión estadística se considera a las tres sub-partidas: acero, encofrado y concreto, con distribución no normal; entonces, para la decisión estadística de las sub-partidas de acero, encofrado y concreto de este elemento estructural, se utilizará la prueba de wilcoxon; en tanto que, para determinar en qué medida varían las pérdidas que se presentan en la mano de obra se utilizará las medianas, por tener distribución no normal.

Haciendo uso de los valores de la tabla del ANEXO VI, se obtiene el valor estadístico de la probabilidad.

**Estadísticos de contraste<sup>a</sup>**

	% Pérdidas Post_aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction - % Pérdidas Pre_aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction
Z	-5.912 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	,000

- a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
- b. Basado en los rangos positivos.

Como el valor de la probabilidad **Sig. asintót. (bilateral) = 0.000** es menor del nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , entonces se rechaza la hipótesis nula.

Por otro lado:

**Estadísticos**

		% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% PÉRDIDAS sub-partida ACERO en COLUMNAS
N	Válidos	46	46	46
	Perdidos	0	0	0
Media		33,3439	19,6533	-13,6906

Conclusión:

Con un nivel de confianza del 95%, se concluye que las pérdidas de la mano de obra, estadísticamente si disminuyen significativamente con la aplicación de la metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction en la sub-partida de acero del elemento estructural: columnas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco. Por lo que se afirma que la aplicación de la filosofía Lean Construction si tiene efectos significativos en la reducción del porcentaje de las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida de acero del elemento estructural: columnas.

De hecho, el porcentaje de las pérdidas de la mano de obra se reduce de 33.3% a 19.7% en la sub-partida de acero en columnas.

**Decisión estadística para las pérdidas de la mano de obra de la sub-partida de encofrado en el proceso constructivo de columnas.**

Haciendo uso de la prueba de Wilcoxon:

Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	
	% Pérdidas Post_aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction - % Pérdidas Pre_aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction
Z	-5,913 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

El valor de la probabilidad: **Sig. asintót. (bilateral) = 0.00** es menor que el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , entonces se rechaza la hipótesis nula.

Por otro lado:

Estadísticos				
		% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% PÉRDIDAS sub-partida ENCOFRADO en COLUMNAS
N	Válidos	46	46	46
	Perdidos	0	0	0
Media		35,4727	18,2806	-17,1921

**Conclusión:**

Con un 95% de nivel de confianza, se concluye que las pérdidas que se presentan en la mano de obra, estadísticamente si disminuyen de manera significativa con la aplicación de la metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction en la sub-partida de encofrado del elemento estructural: columnas, en la construcción de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco. Por lo que se afirma que la aplicación de la filosofía Lean Construction si tiene efectos significativos en la reducción del porcentaje de las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida de encofrado del elemento estructural: columnas.

Efectivamente, el porcentaje de las pérdidas de la mano de obra, se reduce de 35,5% a 18,3% en la sub-partida de encofrado en columnas.

**Decisión estadística para las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida de concreto del proceso constructivo de columnas.**

Con la prueba de Wilcoxon, se tiene:

**Estadísticos de contraste<sup>a</sup>**

	% Pérdidas Post_aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% Pérdidas Pre_aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction
Z		-5,910 <sup>b</sup>
<b>Sig. asintót. (bilateral)</b>		<b>,000</b>

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

El valor de la probabilidad: **Sig. asintót. (bilateral) = 0.000** es menor que el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , entonces se rechaza la hipótesis nula.

Por otro lado:

**Estadísticos**

		% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% PÉRDIDAS sub-partida CONCRETO en COLUMNAS
N	Válidos	46	46	46
	Perdidos	0	0	0
Media		35,1540	19,0172	-16,1368

**Conclusión:**

Se concluye que con un nivel de confianza del 95%, las pérdidas en la mano de obra, disminuyen estadísticamente de manera significativa con la aplicación de la metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction en la sub-partida de concreto, del elemento estructural: columnas, en la construcción de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco. Por lo que se determina que la metodología de las 5"s" si tiene efectos significativos en la disminución del porcentaje de las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida: concreto, del elemento estructural: columnas.

En efecto, el porcentaje de las pérdidas de la mano de obra, se reduce de 35.2% a 19,0% en la sub-partida de concreto en columnas.

De la conclusiones anteriores se deduce que en las partidas de acero, encofrado y concreto, del elemento estructural: columnas, estadísticamente, la aplicación de la metodología de las 5”s” de la Filosofía Lean Construction tiene efectos significativos sobre la disminución de las pérdidas que se presentan en la mano de obra.

**b) Hipótesis estadísticas para las pérdidas de mano de obra en las sub-partidas del proceso constructivo de placas.**

**Ho:** Las pérdidas no disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: placas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** Las pérdidas disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: columnas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

Pruebas de normalidad

	SUB PARTIDA	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% PÉRDIDAS EN PLACAS	ACERO	,351	4	.	,759	4	,047
	ENCOFRADO	,254	4	.	,861	4	,263
	CONCRETO	,405	4	.	,682	4	,007

a. Corrección de la significación de Lilliefors



Dónde:

P-Valor PÉRDIDAS<sub>ACERO</sub> = 0.047 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

P-Valor PÉRDIDAS<sub>ENCOFRADO</sub> = 0.263 >  $\alpha = 0.05$  Se acepta Ho

P-Valor PÉRDIDAS<sub>CONCRETO</sub> = 0.007 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

Conclusión:

La sub-partidas de acero y concreto en placas, tienen distribución no normal; entretanto, la sub-partida de concreto tiene distribución normal

Para efectos de hacer la prueba de hipótesis, al tener datos con distribución normal y no normal, para las pruebas estas distribuciones deben ser consideradas como no paramétricas para todos los casos, es así que:

**Decisión estadística para las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida de acero del proceso constructivo de placas.**

Estadísticos de contraste<sup>a</sup>

	% Pérdidas Post_aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction = % Pérdidas Pre_aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction
Z	-1,826 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	,068

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

Se observa que el valor de la probabilidad: **Sig. asintót. (bilateral)** es mayor que **0.05**, entonces se acepta la hipótesis nula.

Por otro lado:

Estadísticos

	% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% PÉRDIDAS sub-partida ACERO en PLACAS
N Válidos	4	4	4
Perdidos	0	0	0
Media	33,2250	25,9250	7,3000

Conclusión:

Las pérdidas de la mano de obra, con un nivel de confianza del 95%, estadísticamente, no disminuyen de manera significativa con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: placas, en la sub-partida de acero, en la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco. Por lo que, se concluye que la metodología de las 5" s" de la filosofía Lean Construction, no tiene efectos significativos en la reducción del porcentaje de las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida de acero del elemento estructural: placas.

Consecuentemente, el porcentaje de las pérdidas de mano de obra si bien disminuye de 33.2% a 25.9%, estadísticamente no es significativo.

**Decisión estadística para las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida de encofrado del proceso constructivo de placas.**

Haciendo uso de la prueba de Wilcoxon:

**Estadísticos de contraste<sup>a</sup>**

	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction
Z		-1,604 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)		,109

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

Se observa que el valor de la probabilidad: **Sig. asintót. (bilateral)** es mayor que **0.05**, entonces se acepta la hipótesis nula.

Así mismo:

**Estadísticos**

		% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% PÉRDIDAS sub-partida ENCOFRADO en PLACAS
N	Válidos	4	4	4
	Perdidos	0	0	0
Media		38,0000	36,0500	1,9500

Conclusión:

Al 95% de nivel de confianza, las pérdidas de la mano de obra, estadísticamente, no disminuyen de manera significativa con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la sub-partida de encofrado, del elemento estructural: Placas, especialmente, en la sub-partida de encofrado, en la Residencial Gold San Francisco de la ciudad del Cusco. Entonces se concluye que la aplicación de la metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction no tiene efectos significativos en la reducción del porcentaje de las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida de encofrado del elemento estructural: Placas.

El porcentaje de las pérdidas en la mano de obra, aunque disminuye de 38.0% a 36.1%; estadísticamente no es significativo.

**Decisión estadística para las pérdidas de la mano de obra en la sub-partida de concreto del proceso constructivo de placas.**

Haciendo uso de la prueba de Wilcoxon:

**Estadísticos de contraste<sup>a</sup>**

	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5”s” de la filosofía Lean Construction - % Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5”s” de la filosofía Lean Construction
Z	-1,342 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	,180

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

Se observa que el valor de la probabilidad: **Sig. asintót. (bilateral)** es mayor que **0.05**, entonces se acepta la hipótesis nula.

Por otro lado:

**Estadísticos**

		% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5”s” de la filosofía Lean Construction	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5”s” de la filosofía Lean Construction	% PÉRDIDAS sub-partida CONCRETO en PLACAS
N	Válidos	4	4	4
	Perdidos	0	0	0
Media		33,6000	32,5000	1,1000

**Conclusión:**

Al 95% de nivel de confianza, las pérdidas de la mano de obra, estadísticamente, no disminuyen de manera significativa con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la sub-partida: concreto en las placas. Entonces se deduce que la aplicación de la metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction no tiene efectos significativos en la reducción del porcentaje de las pérdidas de la mano de obra, en la sub-partida de concreto del elemento estructural: placas.

El porcentaje de las pérdidas en la mano de obra, no obstante disminuye de 33.6% a 32.5%; estadísticamente no es significativo.

**c) Hipótesis estadísticas para las pérdidas de la mano de obra en las sub-partidas del proceso constructivo de vigas.**

**Ho:** Las pérdidas no disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: vigas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** Las pérdidas disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: vigas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
SUB PARTIDA		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PÉRDIDAS EN VIGAS	ACERO	,167	68	,000	,927	68	,001
	ENCOFRADO	,147	68	,001	,921	68	,000
	CONCRETO	,148	68	,001	,956	68	,016

a. Corrección de la significación de Lilliefors

**Dónde:**

P-Valor PÉRDIDAS ACERO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor PÉRDIDAS ENCOFRADO = 0.001 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor PÉRDIDAS CONCRETO = 0.001 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

**Conclusión:**

En el proceso constructivo de las vigas, en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto, ninguno de ellos alcanza el valor de significancia; por lo que se resuelve que estas tres sub-partidas tienen distribución no normal.

**Decisión estadística:**

Como se requiere de una prueba no paramétrica, entonces utilizamos la prueba de Wilcoxon:

**Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para las vigas.**

SUB-PARTIDA	Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s" - % Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s"
ACERO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-7,171 <sup>b</sup> ,000
ENCOFRADO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-7,173 <sup>b</sup> ,000
CONCRETO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-6,904 <sup>b</sup> ,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

Dónde:

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS VIGAS ACERO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS VIGAS ENCOFRADO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS VIGAS CONCRETO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Por otro lado:

SUB-PARTIDA	Estadísticos	% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s"	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s"	% Diferencia pérdidas
ACERO	Media	32,8079	18,3517	14,4562
ENCOFRADO	Media	35,9653	20,1884	15,7769
CONCRETO	Media	34,4205	23,0164	11,4041

Conclusión:

Consiguientemente, al 95% de nivel de confianza, las pérdidas que se presentan en la mano de obra, estadísticamente, disminuyen de manera significativa, en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto en las vigas, con la aplicación de la metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction en la Residencial Gold San Francisco de la ciudad del cusco. Entonces, aplicación de la metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction si tiene efecto significativo en la reducción de las pérdidas en la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto en el elemento estructural vigas.

Efectivamente:

- En la sub-partida de acero en vigas, el porcentaje de las pérdidas de la mano de obra disminuye de 32.8% a 18.4%.
- En la sub-partida de encofrado en vigas, el porcentaje de las pérdidas de la mano de obra, disminuye de 36.0% a 20.2%.
- En la sub-partida de concreto en vigas, el porcentaje de las pérdidas de la mano de obra, disminuye de 34.4% a 23.0%.

d) **Hipótesis estadísticas para las pérdidas de la mano de obra en las sub-partidas en el proceso constructivo de las losas aligeradas.**

**Ho:** Las pérdidas no disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: losas aligeradas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** Las pérdidas disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: losas aligeradas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

Pruebas de normalidad							
SUB PARTIDA		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PERDIDAS EN LOSAS	ACERO	,151	12	,200 <sup>*</sup>	,968	12	,889
	ENCOFRADO	,151	12	,200 <sup>*</sup>	,895	12	,138
	CONCRETO	,151	12	,200 <sup>*</sup>	,933	12	,416

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Dónde:

P-Valor PÉRDIDAS LOSA<sub>ACERO</sub> = 0.889 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

P-Valor PÉRDIDAS LOSA<sub>ENCOFRADO</sub> = 0.138 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

P-Valor PÉRDIDAS LOSA<sub>CONCRETO</sub> = 0.416 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

Conclusión:

De las pruebas de normalidad, las sub-partidas de acero, encofrado y concreto tienen distribución normal.

**Decisión estadística.**

Como las tres sub-partidas del elemento estructural en estudio, tienen distribución normal, para la distribución normal se empleará la prueba de t-student:

**Prueba de muestras relacionadas**

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
% Pérdidas Pre- aplicación de metodología 5"s" de la Filosofía Lean Construction	ACERO	9,395	4,617	1,332	6,474	12,342	7,058	11	,000
	ENCOFRADO	12,919	4,291	1,238	10,181	15,635	10,419	11	,000
	CONCRETO	15,741	5,687	1,641	12,128	19,355	9,588	11	,000

Dónde:

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS LOSAS ACERO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS LOSAS ENCOFRADO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS LOSAS CONCRETO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**



Por otro lado:

SUB-PARTIDA	Estadísticos	% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s"	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s"	% Diferencia pérdidas
ACERO	Media	29,5439	20,1490	9.3949
ENCOFRADO	Media	32,8449	19,9261	12.9188
CONCRETO	Media	34,1870	18,4462	15.7408

### Conclusión:

Al 95% de nivel de confianza, estadísticamente, las pérdidas que se presentan en la mano de obra, disminuyen de manera significativa, en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto en las vigas, con la aplicación de metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction en la Residencial Gold San Francisco de la ciudad del cusco. Por lo que, la aplicación de la metodología de las 5"s", si tiene efecto significativo en la reducción de las pérdidas en la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto en el elemento estructural losas aligeradas.

En efecto:

- En la sub-partida de acero, el porcentaje de las pérdidas de la mano de obra disminuye de 29.5% a 20.1%.
- En la sub-partida de encofrado, el porcentaje de las pérdidas de la mano de obra, disminuye de 32.8% a 19.9%
- En la sub-partida de concreto, el porcentaje de las pérdidas de la mano de obra, disminuye de 34.2% a 18.4%

## ii) HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS PARA LAS PÉRDIDAS DE LA MANO DE OBRA EN COLUMNAS, PLACAS, VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS, COMO ELEMENTOS ESTRUCTURALES

**Ho:** “Las pérdidas no disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y

losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco”.

**Ha:** “Las pérdidas disminuyen significativamente con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco”.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

Para esta prueba de normalidad, se agrupa los datos de las sub-partidas de acero, encofrado y concreto de los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas, resumidos en la tabla del ANEXO VI y haciendo uso del programa estadístico SPSS v.21

Pruebas de normalidad

ELEMENTO ESTRUCTURAL	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
% PÉRDIDAS EN LA MANO DE OBRA	COLUMNA	,102	138	,001	,972	138	,006
	PLACAS	,206	12	,168	,828	12	,020
	VIGAS	,085	204	,001	,980	204	,006
	LOSAS	,085	36	,200*	,990	36	,986

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Dónde:

P-Valor PÉRDIDAS COLUMNA = 0.001 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor PÉRDIDAS PLACAS = 0.020 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor PÉRDIDAS VIGAS = 0.001 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor PÉRDIDAS LOSAS ALIGERADAS = 0.200 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

### Conclusión:

Los elementos estructurales: columnas, placas y vigas, tienen distribución no normal, en tanto que, las losas aligeradas tienen distribución normal.

Para efectos de la toma de decisión estadística se considerará a todos los elementos estructurales con distribución no normal; entonces con la prueba de rangos de Wilcoxon:

### **Decisión estadística:**

**Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para las pérdidas de la mano de obra.**

ELEMENTO ESTRUCTURAL	Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s" - % Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s"
COLUMNAS	Z <b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	-10,194 <sup>b</sup> ,000
PLACAS	Z <b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	-2,666 <sup>b</sup> ,008
VIGAS	Z <b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	-12,234 <sup>b</sup> ,000
LOSAS ALIGERADAS	Z <b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	-5,232 <sup>b</sup> ,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

De donde:

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS<sub>COLUMNAS</sub> = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS<sub>PLACAS</sub> = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS<sub>VIGAS</sub> = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) PÉRDIDAS<sub>LOSAS ALIGERADAS</sub> = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Así mismo:

<b>SUB-PARTIDA</b>	<b>Estadísticos</b>	<b>% Pérdidas Pre-aplicación de metodología 5"s"</b>	<b>% Pérdidas Post-aplicación de metodología 5"s"</b>	<b>% Diferencia pérdidas</b>
COLUMNAS	Media	34,6569	18,9837	15,6732
PLACAS	Media	34,9412	31,4874	3,4538
VIGAS	Media	34,3979	20,5188	13,8791
LOSAS ALIGERADAS	Media	32,1919	19,5071	12,6848

### Conclusión:

Estadísticamente, al 95% de nivel de confianza, las pérdidas que se presentan en la mano de obra, disminuyen significativamente con la aplicación de la metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco. Consiguientemente, la aplicación de la filosofía Lean Construction en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas, si tiene efecto significativo en la disminución de las pérdidas de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas.

Ciertamente:

- En el elemento estructural: columnas, las pérdidas de la mano de obra disminuyen de 34.6 % a 18.9%
- En el elemento estructural: placas, las pérdidas de la mano de obra disminuyen de 34.9 % a 31.5%
- En el elemento estructural: vigas, las pérdidas de mano de obra disminuyen de 34.4 % a 20.5%
- En el elemento estructural: columnas, las pérdidas de mano de obra disminuyen de 32.2 % a 19.5%

### 4.2.1.3 PRUEBA DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

#### HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN:

“El trabajo productivo presenta impacto positivo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco”.

De la misma forma que en la hipótesis específica 2, se procederá a probar estadísticamente las hipótesis, primero por cada sub-partida de los elementos estructurales en estudio, seguidamente agrupando las sub-partidas de todos los elementos estructurales.

#### i) HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS PARA EL TRABAJO PRODUCTIVO EN LAS SUB-PARTIDAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE COLUMNAS, PLACAS, VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS

##### a) Hipótesis estadísticas para el trabajo productivo de la mano de obra en las sub-partidas del proceso constructivo de columnas.

**Ho:** El trabajo productivo no presenta ningún impacto significativo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas del elemento estructural: columnas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** El trabajo productivo presenta impacto positivo significativo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas del elemento estructural: columnas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión: 5%,**

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

**Pruebas de normalidad**

	SUB PARTIDA	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% TRABAJO PRODUCTIVO EN COLUMNAS	ACERO	,166	46	,003	,916	46	,003
	ENCOFRADO	,206	46	,000	,922	46	,004
	CONCRETO	,181	46	,001	,932	46	,010

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Dónde:

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO COLUMNAS<sub>ACERO</sub> = 0.003 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO COLUMNAS<sub>ENCOFRADO</sub> = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO COLUMNAS<sub>CONCRETO</sub> = 0.001 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Conclusión:

Las tres sub-partidas del elemento estructural: columnas, tienen distribución no normal.

**Decisión estadística:**

**Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para las sub-partidas de columnas.**

SUB-PARTIDA	Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	% Trabajo productivo Post-aplicación de metodología 5"s" - % Trabajo productivo Pre-aplicación de metodología 5"s"
ACERO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-5.913 <sup>b</sup> ,000
ENCOFRADO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-5.910 <sup>b</sup> ,000
CONCRETO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-5,910 <sup>b</sup> ,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

De dónde:

Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO COLUMNAS ACERO	= 0.000	<	$\alpha = 0.05$	<b>Se rechaza Ho</b>
Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO COLUMNAS ENCOFRADO	= 0.000	<	$\alpha = 0.05$	<b>Se rechaza Ho</b>
Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO COLUMNAS CONCRETO	= 0.000	<	$\alpha = 0.05$	<b>Se rechaza Ho</b>

De otro lado:

SUB-PARTIDA	Estadísticos	% Trabajo productivo Pre-aplicación metodología 5"s"	% Trabajo productivo Post-aplicación metodología 5"s"	% Incremento Trabajo Productivo
ACERO	Media	24,8562	37,4815	12,6253
ENCOFRADO	Media	33,5978	41,9373	8,3395
CONCRETO	Media	23,3267	43,2496	19.9228

### Conclusión:

El trabajo productivo de la mano de obra, estadísticamente con un 95% de nivel de confianza, presenta efecto positivo significativo, en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto de las columnas con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la Residencial Gold San Francisco de la ciudad del Cusco. Por lo que, la aplicación de la metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction si tiene impacto positivo significativo en el trabajo productivo de la mano de obra en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto en el elemento estructural: columnas.

Ciertamente:

- En la sub-partida de acero en columnas, el trabajo productivo aumenta de 24.9% a 37.5%
- En la sub-partida de encofrado en columnas, el trabajo productivo aumenta de 33.6% a 41.9%.
- En la sub-partida de concreto en columnas, el trabajo productivo aumenta de 23.3% a 43.2%.

**b) Hipótesis estadísticas para el trabajo productivo de la mano de obra en las sub-partidas del proceso constructivo de placas.**

**Ho:** El trabajo productivo no presenta impacto positivo significativo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas del elemento estructural: placas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** El trabajo productivo presenta impacto positivo significativo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas del elemento estructural: placas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	SUB PARTIDA	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% TRABAJO PRODUCTIVO EN PLACAS	ACERO	,278	4	.	,866	4	,284
	ENCOFRADO	,178	4	.	,986	4	,934
	CONCRETO	,395	4	.	,771	4	,060

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Dónde:

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO PLACAS<sub>ACERO</sub> = 0.284 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO PLACAS<sub>ENCOFRADO</sub> = 0.934 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO PLACAS<sub>CONCRETO</sub> = 0.060 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

**Conclusión:**

Las sub-partidas: acero, encofrado y concreto en placas, tienen distribución normal.



**Decisión estadística:**

**Prueba de muestras relacionadas**

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
% Trabajo productivo Post-aplicación de metodología 5"s" de la Filosofía Lean Construction	ACERO	4,317	2,387	1,193	,527	8,127	3,624	3	<b>,036</b>
	ENCOFRADO	,712	1,603	,802	-1,799	3,304	,938	3	<b>,417</b>
% Trabajo productivo Pre-aplicación de metodología 5"s" de Filosofía Lean Construction	CONCRETO	,644	1,672	,836	-2,030	3,290	,754	3	<b>,506</b>

De dónde:

Sig. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO PLACAS ACERO = 0.036 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO PLACAS ENCOFRADO = 0.417 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

Sig. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO PLACAS CONCRETO = 0.506 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

Por otro lado:

SUB-PARTIDA	Estadísticos	% Trabajo productivo Pre-aplicación metodología 5"s"	% Trabajo productivo Post-aplicación metodología 5"s"	% Incremento Trabajo Productivo
ACERO	Media	31,0247	35,3420	4.3173
ENCOFRADO	Media	36,6388	37,3516	0.7128
CONCRETO	Media	40,4248	41,0690	0.6442

**Conclusión:**

Al 95% de nivel de confianza, en el proceso constructivo de las placas, la sub-partida de acero, estadísticamente, presenta impacto positivo por la aplicación de la metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction;

sin embargo, en las sub-partidas de encofrado y concreto, no presentan impacto significativo. Consiguientemente, la aplicación de la metodología de las 5" s" de la filosofía Lean Construction en la sub-partida de acero, si tiene efecto positivo significativo en el trabajo productivo de la mano de obra; por el contrario, en las sub-partidas de encofrado y concreto no tiene impacto significativo la aplicación de esta metodología.

Finalmente, en el proceso constructivo de las placas:

- En la sub-partida de acero, el trabajo productivo se incrementa de 31.0% a 35.3%
- En la sub-partida de encofrado, el trabajo productivo se incrementa de 36.6% a 37.4%, lo que estadísticamente no es significativo.
- En la sub-partida de concreto, el trabajo productivo se incrementa de 40.4% a 41.1%, que tampoco es significativo.

**c) Hipótesis estadísticas para el trabajo productivo de la mano de obra en las sub-partidas del proceso constructivo de vigas.**

**Ho:** El trabajo productivo no presenta impacto positivo significativo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas del elemento estructural: vigas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** El trabajo productivo presenta impacto positivo significativo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas del elemento estructural: vigas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

**Pruebas de normalidad**

SUB PARTIDA		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRABAJO PRODUCTIVO EN VIGAS	ACERO	,164	68	,000	,908	68	,000
	ENCOFRADO	,183	68	,000	,874	68	,000
	CONCRETO	,093	68	,200 <sup>*</sup>	,969	68	,088

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

De donde:

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO VIGAS ACERO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO VIGAS ENCOFRADO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO VIGAS CONCRETO = 0.200 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

Conclusión:

Entonces la distribución de datos para la sub-partidas de acero y encofrado tienen distribución normal y para la sub-partida de concreto su distribución es no normal.

Para la toma de decisión estadística se considera que las tres sub-partidas tienen distribución no normal.

**Decisión estadística:**

**Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para las sub-partidas de vigas.**

SUB-PARTIDA	Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	% Trabajo productivo Post-aplicación de metodología 5"s" - % Trabajo productivo Pre-aplicación de metodología 5"s"
ACERO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-7,178 <sup>b</sup> ,000
ENCOFRADO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-7,174 <sup>b</sup> ,000
CONCRETO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-4,122 <sup>b</sup> ,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

De donde:

Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO VIGAS ACERO	= 0.000	<	$\alpha = 0.05$	<b>Se rechaza Ho</b>
Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO VIGAS ENCOFRADO	= 0.000	<	$\alpha = 0.05$	<b>Se rechaza Ho</b>
Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO VIGAS CONCRETO	= 0.000	<	$\alpha = 0.05$	<b>Se rechaza Ho</b>

De otro lado:

SUB-PARTIDA	Estadísticos	% Trabajo productivo Pre-aplicación metodología 5"s"	% Trabajo productivo Post-aplicación metodología 5"s"	% Incremento Trabajo Productivo
ACERO	Media	24,7064	35,9323	11,2261
ENCOFRADO	Media	29,1784	41,2777	12,0993
CONCRETO	Media	39,7501	42,1120	2,3619

### Conclusión:

Al 95% de nivel de confianza, el trabajo productivo de la mano de obra, estadísticamente si presenta impacto positivo significativo con la aplicación de la metodología de las 5"s" de la filosofía Lean Construction en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: Vigas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

Efectivamente:

- En la sub-partida de acero, el trabajo productivo de la mano de obra se incrementa significativamente , de 24.7% a 35.9%
- En la sub-partida de encofrado, el trabajo productivo de la mano de obra se incrementa significativamente , de 29.2% a 41.3%
- En la sub-partida de concreto, el trabajo productivo de la mano de obra se incrementa significativamente , de 39.8% a 42.1%

**d) Hipótesis estadísticas para el trabajo productivo de la mano de obra en las sub-partidas del proceso constructivo de losas aligeradas.**

**Ho:** El trabajo productivo no presenta impacto positivo significativo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas del elemento estructural: losas aligeradas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** El trabajo productivo presenta impacto positivo significativo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en las sub-partidas del elemento estructural: losas aligeradas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	SUB PARTIDA	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRABAJO PRODUCTIVO EN LOSAS	ACERO	,149	12	,200 <sup>*</sup>	,951	12	,650
	ENCOFRADO	,175	12	,200 <sup>*</sup>	,961	12	,796
	CONCRETO	,113	12	,200 <sup>*</sup>	,955	12	,704

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Dónde:

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO LOSAS ACERO = 0.284 >  $\alpha = 0.05$  Se acepta Ho

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO LOSAS ENCOFRADO = 0.934 >  $\alpha = 0.05$  Se acepta Ho

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO LOSAS CONCRETO = 0.060 >  $\alpha = 0.05$  Se acepta Ho

Conclusión.

Entonces la distribución de datos de las tres sub-partidas en mención es normal. En consecuencia se utiliza la prueba paramétrica de t-student:

**Decisión estadística:**

**Prueba de muestras relacionadas**

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
% Trabajo productivo Post-aplicación de metodología 5"s" de la Filosofía Lean Construction	ACERO	3,981	2,895	,835	2,135	5,814	4,755	11	,001
-	ENCOFRADO	9,169	3,983	1,150	6,627	11,689	7,963	11	,000
% Trabajo productivo Pre-aplicación de metodología 5"s" de Filosofía Lean Construction	CONCRETO	12,368	1,865	,538	11,181	13,552	22,962	11	,000

De donde:

Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO LOSAS ACERO = 0.001 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO LOSAS ENCOFRADO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO LOSAS CONCRETO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Por otra parte:

SUB-PARTIDA	Estadísticos	% Trabajo productivo Pre-aplicación metodología 5"s"	% Trabajo productivo Post-aplicación metodología 5"s"	% Incremento Trabajo Productivo
ACERO	Media	30,7784	34,7594	3,9810
ENCOFRADO	Media	33,2127	42,3813	9,1686
CONCRETO	Media	29,2260	41,5945	12,3685

Conclusión:

Con un nivel de confianza del 95%, el trabajo productivo de la mano de obra, estadísticamente si presenta impacto positivo significativo por la aplicación de la metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto del elemento estructural: losas aligeradas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

Evidentemente:

- En la sub-partida de acero en losas aligeradas, el trabajo productivo de mano de obra se incrementa de 30.8% a 34.8%.
- En la sub-partida de encofrado en losas aligeradas, el trabajo productivo de mano de obra se incrementa de 33.2% a 42.4%.
- En la sub-partida de concreto en losas aligeradas, el trabajo productivo de mano de obra se incrementa de 29.2% a 41.6%.

**ii) HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS PARA EL TRABAJO PRODUCTIVO DE LA MANO DE OBRA EN COLUMNAS, PLACAS, VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS, COMO ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

**Ho:** El trabajo productivo no presenta impacto positivo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco”.

**Ha:** El trabajo productivo presenta impacto positivo con la aplicación de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco”.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

### Prueba de normalidad:

Para esta prueba de hipótesis, se agrupa los datos de las sub-partidas de acero, encofrado y concreto de los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de los trabajos productivos resumidos en la tabla del ANEXO VI.

Pruebas de normalidad

ELEMENTO ESTRUCTURAL	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
% PRODUCTIVIDAD EN COLUMNAS	COLUMNA	,094	138	,004	,949	138	,000
	PLACAS	,193	12	,200	,903	12	,172
	VIGAS	,141	204	,000	,951	204	,000
	LOSAS	,121	36	,199	,942	36	,057

\*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

### Dónde:

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO COLUMNA = 0.004 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO PLACAS = 0.172 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO VIGAS = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

P-Valor TRABAJO PRODUCTIVO LOSAS ALIGERADAS = 0.199 >  $\alpha = 0.05$  **Se acepta Ho**

### Conclusión:

Los elementos estructurales: columnas y vigas, tienen distribución no normal, en tanto que en las placas y losas aligeradas tienen distribución normal.

Para la decisión estadística se considerara como si todos los elementos estructurales tienen distribución no normal.



**Decisión estadística:**

**Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para las pérdidas de la mano de obra.**

ELEMENTO ESTRUCTURAL	Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	% TRABAJO PRODUCTIVO Post-aplicación de metodología 5"s" - % TRABAJO PRODUCTIVO Pre-aplicación de metodología 5"s"
COLUMNAS	Z <b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	-10,193 <sup>b</sup> ,000
PLACAS	Z <b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	-2,357 <sup>b</sup> ,018
VIGAS	Z <b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	-11,708 <sup>b</sup> ,000
LOSAS ALIGERADAS	Z <b>Sig. asintót. (bilateral)</b>	-5,206 <sup>b</sup> ,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

De donde:

Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO COLUMNAS = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO PLACAS = 0.018 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO VIGAS = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Sig. asintót. (bilateral) TRABAJO PRODUCTIVO LOSAS ALIG. = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  **Se rechaza Ho**

Así mismo:

SUB-PARTIDA	Estadísticos	% Trabajo Productivo Pre-aplicación de metodología 5"s"	% Trabajo Productivo Post-aplicación de metodología 5"s"	% Incremento Trabajo Productivo
COLUMNAS	Media	27,2603	40,8894	13,6292
PLACAS	Media	36,0294	37,9209	1,8914
VIGAS	Media	31,2116	39,7740	8,5624
LOSAS ALIGERADAS	Media	31,0724	39,5704	8,5060

Conclusión:

Con un nivel de confianza del 95%, el trabajo productivo de la mano de obra, estadísticamente aumenta significativamente con la aplicación de

la metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco. Consiguientemente, la aplicación de la filosofía Lean Construction si tiene efecto positivo significativo en el trabajo productivo de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas.

Efectivamente:

- En columnas, como elemento estructural, el incremento de la productividad es de 27.3% a 40.9%; presentando un efecto del 13.6%.
- En placas, como elemento estructural, el incremento de la productividad es de 36.0% a 37.9%; presentando un efecto de 1.9%
- En vigas, como elemento estructural, el incremento de la productividad es de 31.2% a 39.8%; presentando un efecto de 8.6%.
- En losas aligeradas, como elemento estructural, el incremento de la productividad es de 31.1% a 39.6%; presentando un efecto de 8.5%

#### 4.2.2 PRUEBA DE LA HIPOTESIS GENERAL

##### HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN:

La aplicación de la filosofía Lean Construction, presenta efecto positivo en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

##### HIPÓTESIS ESTADÍSTICO

**Ho:** La productividad de la mano de obra, no presenta efecto positivo por la aplicación de la filosofía Lean Construction en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.



**Ha:** La productividad de la mano de obra, presenta efecto positivo por la aplicación de la filosofía Lean Construction en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

Según lo concluido en el acápite **ii)** de la prueba de hipótesis específica 2, para esta hipótesis se puede afirmar:

Conclusión:

“Que para un nivel de confianza del 95%, la productividad de la mano de obra si presenta efecto positivo significativo por la aplicación de la filosofía Lean Construction en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas en la Residencial Gold San Francisco de la ciudad del Cusco”.

De hecho:

- En columnas, como elemento estructural, el incremento de la productividad es de 27.3% a 40.9%; presentando un efecto del 13.6%.
- En placas, como elemento estructural, el incremento de la productividad es de 36.0% a 37.9%; presentando un efecto de 1.9%
- En vigas, como elemento estructural, el incremento de la productividad es de 31.2% a 39.8%; presentando un efecto de 8.6%.
- En losas aligeradas, como elemento estructural, el incremento de la productividad es de 31.1% a 39.6%; presentando un efecto de 8.5%

Para tener un panorama de “cuál fue el efecto en la productividad general de la obra” se realiza una prueba de hipótesis agrupando todos los elementos estructurales en estudio para obtener un índice general de productividad.

#### 4.2.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA LA PRODUCTIVIDAD GENERAL DE OBRA

##### HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN:

La aplicación de la filosofía Lean Construction, presenta efecto positivo en la productividad general de la mano de obra en la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

Primero se realizó la prueba de hipótesis de las sub-partidas de manera general en los elementos estructurales estudiados.

##### i) Hipótesis estadísticas para las sub-partidas de la productividad general.

**Ho:** La aplicación de la filosofía Lean Construction, no presenta efecto positivo en la productividad general de las sub-partidas: acero, encofrado y concreto, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** La aplicación de la filosofía Lean Construction, presenta efecto positivo en la productividad general de las sub-partidas: acero, encofrado y concreto, de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:**

Pruebas de normalidad

	SUB PARTIDA	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% PRODUCTIVIDAD GENERAL	ACERO	,129	130	,000	,935	130	,000
	ENCOFRADO	,096	130	,005	,959	130	,001
	CONCRETO	,147	130	,000	,913	130	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

**Dónde:**

P-Valor PRODUCTIVIDAD GENERAL ACERO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

P-Valor PRODUCTIVIDAD GENERAL ENCOFRADO = 0.005 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

P-Valor PRODUCTIVIDAD GENERAL CONCRETO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

**Conclusión:**

Las sub-partidas: acero, encofrado y concreto de la productividad general, presentan distribución de datos no normal.

**Decisión estadística:**

**Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para Productividad General.**

SUB-PARTIDA	Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	% Productividad general Post-aplicación de metodología 5"s" - % Productividad general Pre-aplicación de metodología 5"s"
ACERO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-9,894 <sup>b</sup> ,000
ENCOFRADO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-9,891 <sup>b</sup> ,000
CONCRETO	Z Sig. asintót. (bilateral)	-8,539 <sup>b</sup> ,000

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos negativos.

**De donde:**

Sig. asintót. (bilateral) PRODUCTIVIDAD GENERAL ACERO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

Sig. asintót. (bilateral) PRODUCTIVIDAD GENERAL ENCOFRADO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

Sig. asintót. (bilateral) PRODUCTIVIDAD GENERAL CONCRETO = 0.000 <  $\alpha = 0.05$  Se rechaza Ho

**De otro lado:**

SUB-PARTIDA	Estadísticos	% Productividad general Pre-aplicación metodología 5"s"	% Productividad general Post-aplicación metodología 5"s"	% Efecto Productividad general
ACERO	Media	27,8414	35,8788	+ 8,0374
ENCOFRADO	Media	33,1569	40,7370	+ 7,5800
CONCRETO	Media	33,1819	42,0063	+ 8,8244

**Conclusión:**

Con un nivel de confianza del 95%, se concluye que la aplicación de la filosofía Lean Construction, si presenta efecto positivo significativo en las sub-partidas: acero, encofrado y concreto de la productividad general de la mano de obra en la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**De hecho:**

- La productividad de las sub-partida: acero, se incrementa de 27.8% a 35.9%; presentando un efecto del 8.0%.
- La productividad de las sub-partida: encofrado, se incrementa de 33.2% a 40.7%; presentando un efecto del 7.6%.
- La productividad de las sub-partida: concreto, se incrementa de 33.2% a 42.0%; presentando un efecto del 8.8%.

**ii) Hipótesis estadísticas para la productividad general.**

**Ho:** La aplicación de la filosofía Lean Construction, presenta efecto positivo en la productividad general de la mano de obra en la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Ha:** La aplicación de la filosofía Lean Construction, no presenta efecto positivo en la productividad general de la mano de obra en la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

**Nivel de confianza:** 95%,

**Error de precisión:** 5%,

Entonces:  $\alpha = 0.05$

**Prueba de normalidad:****Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
% PRODUCTIVIDAD GENERAL	,070	390	,000	,984	390	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

El valor de la probabilidad (**Sig. = 0.000**), es menor que el nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo que la productividad general tiene distribución no normal.

**Decisión estadística**

**Estadísticos de contraste<sup>a</sup>**

	% Productividad general Post-aplicación de metodología 5"s" de filosofía Lean Construction - % Productividad general Pre-aplicación de metodología 5"s" de filosofía Lean Construction	
Z		-16,683 <sup>b</sup>
<b>Sig. asintót. (bilateral)</b>		<b>,000</b>

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

b. Basado en los rangos positivos.

El valor de la probabilidad: **Sig. asintót. (bilateral) = 0.000** es menor que el nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , entonces se rechaza la hipótesis nula.

Por otro lado:

**Estadísticos**

		% Productividad general Pre-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% Productividad general Post-aplicación de metodología 5"s" de la filosofía Lean Construction	% EFECTO productividad general
N	Válidos	390	390	390
	Perdidos	0	0	0
Media		31,3934	39,5407	8,1473

**Conclusión:**

Al 95% de nivel de confianza, se concluye que la aplicación de la filosofía Lean Construction, si presenta efecto positivo significativo en la productividad general de la mano de obra en la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco.

En efecto:

- La productividad general de la mano de obra, se incrementa de 31.4% a 39.5%; presentando un efecto positivo, estadísticamente significativo, del 8.1%.

### 4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación es confiable porque los instrumentos de recolección de datos utilizados en la presente investigación, fueron validados por Rodríguez (2013), en su trabajo de investigación: “Metodologías para la construcción basadas en la filosofía Lean Construction”, entonces los datos recogidos dan garantía para su uso en esta investigación.

En la presente investigación, para la toma de datos con el instrumento: “Carta Balance” del tipo de trabajo que se realizó en las sub-partidas de columnas, placas, vigas y losas aligeradas, se agrupó por tipo de elemento estructural ya que se consideró que el proceso constructivo es el mismo, pero no se consideró que para cada proceso constructivo, por más semejantes sean los elementos estructurales, la ejecución de las actividades que constituyen esas procesos no se pueden generalizar debido a que se está midiendo el tiempo de trabajo de personas, que es muy difícil determinar si su rendimiento según las circunstancias y el entorno de ese momento, sea el mismo en una determinada actividad por más similares que sean.

Las limitaciones descritas en el párrafo anterior, dan origen a que los datos del tiempo de trabajo sean repetitivos en los elementos estructurales agrupados, consiguientemente en el análisis estadístico de la prueba de hipótesis, los datos recogidos arrojan distribución no normal, es decir se vuelven en pruebas no paramétricas.

En la aplicación de la metodología de las 5”s”, las tres primeras fases - ORGANIZACIÓN, ORDEN Y LIMPIEZA - son netamente operativas. La cuarta fase – ESTANDARIZACIÓN - ayuda a mantener el estado alcanzado en las fases anteriores - Organización, Orden y Limpieza, mediante UN CONTROL VISUAL de las prácticas. La quinta y última fase - AUTODISCIPLINA – permite adquirir el HÁBITO de su práctica y mejora continua en el trabajo diario. Las CINCO FASES componen un todo integrado y se abordan de forma sucesiva, una tras otra.

Con los resultados obtenidos, se demuestra que con la aplicación de la metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction, como consecuencia





de trabajar en un lugar sujeto a los procesos de: organizar, ordenar, limpiar, estandarización y autodisciplina, se mejora la productividad debido a que la percepción de trabajar en un ambiente saludable, seguro, cambia el estado emocional del personal obrero.

Entonces, la filosofía Lean Construction, no solo es aplicable al sector construcción, sino a otros campos donde considere a “personas” como unidad de análisis.

Estadísticamente, con un nivel de confianza del 95%, en la presente investigación, antes de la aplicación de la filosofía Lean Construction se obtuvo un índice de productividad de 31.4%, próximo al 32% determinado por Morales y Galea (2005) citado por Botero y Álvarez (2004: 24), pero superior a lo determinado por Ghio (2001) donde el valor de la productividad alcanza el 28%. Sin embargo en Colombia, según Botero y Álvarez (2004), el índice de productividad alcanzado es de 49%, valor que no se aproxima ni a lo obtenido después de la aplicación de la filosofía Construction (39.5%) en la presente investigación. Por otro lado, en Chile, según Serpell (1995) citado por Botero y Álvarez (2004: 24), alcanzan un índice de productividad del 47%. Estas diferencias se dan porque tanto en Colombia como en Chile desarrollan la aplicación de la filosofía Lean Construction con mayor énfasis, prueba de ello son los investigadores: Luis F. Alarcón en Chile y Luis Fernando Botero en Colombia, donde según sus estudios se logró reducir las pérdidas a menos de la tercera parte del tiempo total de trabajo empleado en una actividad determinada; por tanto, se revalida que la metodología que propone el Lean Construction se concentra en la aplicación del “sistema de entrega de proyectos sin pérdidas” que implica mejorar la productividad.

Con los resultados obtenidos en la presente investigación se puede afirmar que la adecuada aplicación de una metodología incrementa el valor de un producto, afirmación que se sustenta en los siguientes resultados:

- El efecto producido por la aplicación de la filosofía Lean Construction, en la productividad de la mano de obra en el elemento estructural:



columnas, es de 13.6%. obteniéndose una productividad post-aplicación del Lean Construction del 40.9%

- El efecto producido por la aplicación de la filosofía Lean Construction, en la productividad de la mano de obra en el elemento estructural: placas, es de apenas del 1.9%, mostrando una productividad post-aplicación del Lean Construction de 37.9%..
- En vigas, la aplicación de la filosofía Lean Construction produce un efecto del 8.6%, siendo el incremento de la productividad a 39.8%, post-aplicación del Lean Construction.
- En losas aligeradas, el efecto producido por la aplicación de la filosofía Lean Construction es de 8.5%, el incremento de la productividad es a 39.6%.
- En general, el trabajo productivo, después de la aplicación de la filosofía Lean Construction, presenta un impacto positivo de 8.1%, el trabajo contributorio un impacto positivo del 3.3%, y el trabajo no contributorio un impacto negativo de 11.4%

En la presente investigación, a la hipótesis planteada se hizo la prueba respectiva, el cual con un nivel de confianza del 95%, acepta totalmente la hipótesis alterna (de investigación), por consiguiente, permite concluir que la aplicación de la filosofía Lean Construction si tiene efecto positivo en el incremento de la productividad de la mano de obra.

De los resultados anteriores se puede deducir que al tener la zona de trabajo implementado con el: organizar, ordenar, limpiar, estandarizar y autodisciplina, permite equiparar la productividad de aquellas que tienen menor índice de productividad con aquellas que antes de la aplicación del Lean Construction obtuvieron una productividad alta.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES.

#### 5.1 CONCLUSIONES

1. La metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construcción, según el método AHP (proceso analítico jerárquico), es la que presenta mayor adaptabilidad al sector reduciendo las principales fuentes de pérdidas en 1.40%, de 6.68% a 5.28%, al ser aplicado en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad de Cusco.
2. Con la aplicación de la metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco, las pérdidas de la mano de obra si disminuyen en un 11.4%, de 34.0% a 22.6%, valor que está por encima del 20% considerado como teóricamente normal.
3. El trabajo productivo es la que presenta mayor impacto positivo por la aplicación de la metodología de las 5”s” de la filosofía Lean Construction en la productividad de la mano de obra en los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas de la Residencial Gold San Francisco en la ciudad del Cusco, de 31.4% a 39.5%, valores inferiores al 55 % del valor del 55.0 % valorado teóricamente como normal.
4. Con la aplicación de la filosofía Lean Construction, el proyecto experimentó un 8.1% de impacto positivo, obteniéndose una productividad de la mano de obra post-aplicación de 39.5%



## 5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar la toma de datos para cada elemento estructural, sin agruparlos, entonces al realizar un análisis para cada elemento estructural se obtendrán resultados más confiables.
- Si bien es cierto que la partida general de Estructuras representa el mayor porcentaje de incidencia del presupuesto de un proyecto, no debe perderse de vista el análisis de la productividad de la mano de obra de la partida general de Arquitectura.
- Otro punto a prestar atención es en la etapa de la cimentación, donde por experiencia de todo constructor, es donde se presentan los mayores índices de pérdidas de la mano de obra, ya que está trabajando bajo el nivel del terreno natural; y trabajar con tierra, bajo diferentes circunstancias, de todas maneras merma en la productividad de la mano de obra.
- Si bien es cierto, que cada metodología de gestión de un proyecto de construcción existente, busca optimizar el proceso de ejecución del proyecto, no debe perderse de vista que los que lo aplican son los directamente involucrados en el proyecto, es decir los obreros que son seres humanos, donde cada uno de ellos tiene diferentes reacciones a la implementación de un metodología.
- Se recomienda la motivación hacia el personal, ya sea a través de charlas u oportunidades que se presenten; es importante que ellos conozcan que su trabajo es reconocido, esto contribuirá a mejorar el ambiente de trabajo, la satisfacción del personal e incluso a mejorar su rendimiento.
- Establecer una comunicación efectiva y límpida entre el implementador, contratista y maestro de obra de cada uno de los frentes de trabajo, para que la información sea transmitida y



receptada con claridad y de esta manera se establezca un equipo de trabajo en busca de aumentar la calidad, la productividad y seguridad, cumplir con los plazos contractuales, optimizar el tiempo y mejorar el ambiente de trabajo.

- La constancia, el entusiasmo y la comunicación al implementar una nueva metodología son esenciales, ya que permiten que la información sea transmitida, que el personal se contagie del espíritu del cambio y que a pesar de que se presenten adversidades se siga trabajando para que estos cambios sean permanentes.
- La capacitación se debe iniciar primeramente por los jefes de cuadrilla, porque al estar interesados en implementar una nueva metodología en su frente de trabajo, indirectamente contagiarán a sus compañeros a introducirse en la etapa del cambio. implementada en sus actividades diarias para que de esta manera mejore el desempeño en los diferentes roles que juega diariamente el personal obrero.
- Para la aplicación de la filosofía Lean Construction, se requiere el compromiso de todo el personal para que su implementación funcione.



## REFERENCIAS

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, D. (2012). *Incremento de la capacidad de producción de fabricación de estructuras de mototaxis aplicando metodologías de las 5s's e ingeniería de métodos*. Lima, Perú: Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Alarcón, L. F. (1994). *Tools for the identification and reduction of waste in construction projects*. Second Annual Conference of the international Group for Lean Construction. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.
- Alpuche, R. (2004). *El impacto de la calidad total y la productividad en empresas de construcción*. Cholula, Puebla, México: Tesis, Universidad de las Américas de Puebla.
- Apaolaza, U., y Oyarbide, A. (2005). La aportación de la "Cadena Crítica" frente a la gestión clásica de proyectos. IX Congreso de Ingeniería de Organización, (págs. 1-10). Gijón, España.
- Association for the Advancement of Cost Engineering. (2004). *Estimating lost labor productivity in construction claims*. Morgantown, EEUU: AACE International Recommended Practices.
- Ballard, G. (2011). *Lean en el mundo*. Industry Day (pág. 17). Lima, Perú: IGLC
- Botero, L. (2004). *Análisis de procesos y filosofía Lean Construction*. Colombia: Legis S.A.
- Botero, L., & Álvarez, M. (2004). *Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento)*. Colombia. Revista Universidad EAFIT Vol. 40 n°136, Pp. 50-64



- Bradbury-Jacob, D., & McClelland Jr., W. (2001). *Theory of Constrains Project Management*. AGI Goldratt Institute. New Haven, Connecticut: The Goldratt Institute.
- Buleje, K. (2012). *Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construction*. Lima, Perú: Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Carrasco, S. (2009). *Metodología de la investigación científica*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Casanova, F. (2002). *Formación profesional, productividad y trabajo decente*. Chile. Cinterfor.
- Cevallos, R. (2012). *Control de calidad y productividad en la construcción del programa habitacional de interés social Ciudad Alegría*. Ecuador. Trabajo de fin de carrera. Universidad Técnica Particular de Loja
- Corredor, J. y Rojano, A. (2009). *“Lean Construction” aplicada a proyectos de construcción de edificaciones de vivienda unifamiliar*. Colombia. Monografía para Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Gabillo, S. y Mejia, F. (2013). *Optimización de la eficiencia de los procesos constructivos en las partidas de encofrado de vigas y acero de vigas mediante la aplicación de herramientas de gestión de procesos: cartas de balance y líneas de balance, bajo un enfoque lean, para optimizar la mano de obra en el centro comercial “paso 28 de julio” en la ciudad de lima*. Lima, Perú: Tesis, Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
- García, O. A. (2012). *Aplicación de la metodología Lean Construction en la vivienda de interés social*. Bogotá, Colombia: Tesis, Universidad EAN.
- Ghio, V. (2001). *Productividad En Obras De Construcción: Diagnostico, Critica y Propuesta*. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica Del Perú.



- Glenn, H. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. University of Birmingham, Faculty of Engineering. Birmingham: University of Birmingham.
- Gutierrez A. (2012). *Desarrollo de un modelo de gestión de proyectos para una empresa del sector pesquero*. Peru, Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú
- Hernández R., Fernández C. y Baptista I. (2013). *Metodología de la Investigación*. (5° Edición). México. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.
- Lledó, P., Rivarola, G., Mercáu, R., Cucchi, D. H., & Esquembre, J. F. (2006). *Administración Lean de Proyectos*. Mexico: Pearson Educación
- Loayza, J., y Hernández, a. (2012). Plan integral, control, construcción y análisis técnico ejecutado en un Centro Comercial Mall en Arequipa. Perú. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Manotas, F. y Rivera, L., (2007). *LEAN Manufacturing Measurement: The Relationship between LEAN activities and LEAN Metrics*. Estudios Gerenciales Universidad UCESI. Volumen23 N°105, 69-83.
- Martínez R. (2011). *Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean (Construcción Esbelta) en proyectos de construcción*. Colombia: Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia.
- Mojahed, S. (2005). *A project improvement system for effective management of construction projects*. Baton Rouge, EEUU: Tesis, Universidad Estatal de Louisiana.
- Monden, Y. (1996). *El Just in Time Hoy en Toyota*. España: Deusto S. A.
- Monzón, R. (2009). *Estimación de pérdidas de productividad laboral en compensación de costos en un proyecto de construcción de la provincia de Llanquihue*. Chile: Tesis, Universidad Austral de Chile.





- Oglesby, C., Parker, H., & Howell, G., (1989). *Productivity Improvement* (1a Edición ed.). Colombia: McGraw-Hill.
- Project Management Institute. (2008). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- Riveros, C. (2005). *Indicadores de gestión en proyectos de construcción*. Colombia: Universidad de los Andes.
- Rodríguez M. (2013). *Metodologías para la construcción basadas en la filosofía Lean Construction*. Ecuador: Trabajo de fin de Titulación, Universidad Técnica Particular De Loja – Ecuador.
- Schwartzkopf, W. (2004). *Calculating Lost Labor Productivity in Construction Claims*. (2ª Edición). EEUU: Aspen Publishers.
- Serpell, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción* (2a Edición). Santiago, Chile: Alfaomega Grupo Editor.
- Serpell, A., Venturi, A., & Contreras, J. (1995). "Characterization of waste in building construction projects." In *Lean Construction*. A.A. Balkema. Rotterdam. The Netherlands: Alarcón.
- Shah, R., y Ward, P. T. (2007). *Defining and developing measures of lean production*. Science Direct.
- Valencia, S. (2013). *La filosofía LEAN aplicada en la gerencia de proyectos*. Medellín, Colombia. Tesis para Magister en Ingeniería Administrativa. Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, R. (2008). *Estadística II*. Bogotá, Colombia: Escuela Superior de Administración Pública.



## REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Berlanga, V. y Rubio, M. J. (2012). *Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS*. Barcelona. España: Reire. Recuperado el 10 de octubre de 2016, de: [www.ub.edu/ice/reire.htm](http://www.ub.edu/ice/reire.htm)
- BOM Consulting Group. (2008). *Lean Manufacturing - Manufactura Esbelta*. Recuperado el 18 de abril de 2014, de: <http://www.slideshare.net/bomconsulting/lean-manufacturing>
- Cabrera, R. (2011a). *Kanban. Explicación paso a paso, tarjetas de instrucción y variantes*. Recuperado el 20 de abril 2014, de Gestipolis.com: <http://www.gestipolis.com/administracion-estrategia-2/kanban-explicacion-tarjetas-instruccion-variantes.htm>
- Caldentey, F. (2007). *Filosofía Just In Time: beneficios proveedor - cliente. Estudio de un caso del medio local*. Recuperado el 09 de abril de 2014, de Gestipolis: <http://www.gestipolis1.com/recursos8/Docs/ger/mejores-practicas-filosofia-just-in-time.htm>.
- Carballal, E. (2006). *Conceptos modernos de productividad*. Consultado el 22 de marzo de 2014, de: [www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/productividadconceptos](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/productividadconceptos)
- ITESM. ((sf)). *Poka Yoke*. Consultado el 20 de abril de 2014, de: ITESM CSN CONSULTING GROUP 2003: <http://manufactura.her.itesm.mx/cm/tsm/py.html>
- López, J. (2007). *Índice de medición y mejoramiento de la productividad*. Consultado el 27 de marzo de 2014, de: [http://www.itchihuahua.edu.mx/academic/industrial/admoncalidad/medicion\\_y\\_mejoramiento\\_de\\_la\\_productividad.doc](http://www.itchihuahua.edu.mx/academic/industrial/admoncalidad/medicion_y_mejoramiento_de_la_productividad.doc)
- Martínez, M. (1995). *El concepto de la productividad en el análisis económico*. México. Consultado el 15 de abril de 2014, de: [www.redem.buap.mx/acrobat/eugenia1.pdf](http://www.redem.buap.mx/acrobat/eugenia1.pdf)



Orellana, A (2010). *Herramientas del Lean Manufacturing*.

Consultado el 24 de octubre del 2014, de:

<http://www.monografias.com/herramientasleanmanufacturing>.

Puente, G. (2006). *Mantenimiento mundial*.

Consultado el 15 de abril de 2014, de:

[www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/tpmpuente.a](http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/tpmpuente.a)

Yagüe, J. (2011). *IEDGE: Principios del Lean Manufacturing*.

Consultado el 28 de marzo de 2014, de IEDGE.edu:

<http://blog.iedge.eu/direccion-operaciones/operacion-produccion/jose-manuel-yague-principios-del-lean-manufacturing/>

Yagüe, J. (2011). *IEDGE: Principios del Lean Manufacturing*.

Consultado el 28 de marzo de 2014, de IEDGE.edu:

<http://blog.iedge.eu/direccion-operaciones/operacion-produccion/jose-manuel-yague-principios-del-lean-manufacturing/>

Metodología de las 5" s", mayor productividad, mejor lugar de trabajo.

Consultado el 05 de abril del 2015, de: [www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf](http://www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf)

Salud, seguridad y medio ambiente en la industria (2012, 10 de julio).

Consultado el 08 de agosto de 2016, de: [www.estrucplan.com.ar](http://www.estrucplan.com.ar)



## ANEXOS



**ANEXO I.** Análisis de productividad en la sub-partida de ENCOFRADO por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Sub -partida:  
ENCOFRADO

Tipo	Descripción de actividad	COLUMNAS								PLACAS		VIGAS												LOSA					
		C-1, C-3, C-10, C-12	C-2, C-5, C-8, C-11	C-4, C-6, C-7, C-9	C-13, C-14, C-15, C-16	C-17, C-18, C-19, C-20	C-21	C-22, C-23	PLACA 1	PLACA 2	VIGA DERECHA V-135, V-136, V-137, V-138, V-139	VIGA EQUJERDA V-118, V-119, V-120, V-121, V-122, V-123	VIGA V-124	VIGA HORIZONTAL V-113, V-114	VIGAS HORIZONTAL V-115, V-116	VIGAS HORIZONTAL V-117, V-118	VIGAS HORIZONTAL V-111, V-112	VIGAS MEDIO V-128, V-127, V-129, V-129, V-130	VIGAS V-101	VIGAS V-102, V-103, V-104, V-105	VIGAS V-105, V-106, V-107	VIGAS V-125, V-133	PAÑO F	PAÑO A	PAÑO B	PAÑO C	PAÑO D	PAÑO E	
<b>SEGUNDO PISO</b>																													
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación de puntales	4.7%	5.4%	4.2%	5.2%	4.9%	6.0%	4.8%	4.9%	4.4%	6.9%	6.1%	4.7%	7.6%	7.5%	7.0%	7.5%	7.4%	4.5%	6.8%	6.5%	4.6%	11.2%	12.0%	10.2%	8.6%	12.2%	9.4%	
	Colocación de tapas	6.9%	4.2%	5.6%	7.0%	7.2%	6.0%	7.8%	3.8%	4.2%	10.3%	9.7%	10.5%	10.8%	10.4%	10.4%	10.4%	9.7%	11.3%	10.1%	9.1%	10.3%	13.4%	16.3%	13.7%	16.9%	14.8%	22.3%	
	Colocación de tablas LOSA	3.6%	5.1%	4.5%	3.4%	3.3%	3.6%	4.0%	4.0%	7.5%													13.4%	16.3%	13.7%	16.9%	14.8%	22.3%	
	Colocación de soleras																						5.4%	7.0%	5.9%	6.6%	7.0%	6.3%	
	Colocación de fondo de VIGAS																						3.6%	3.4%					
TRABAJO CONTRIBUTORIO	Colocación de Arriostre	5.0%	8.6%	4.2%	4.7%	4.1%	4.5%	5.3%	13.4%	11.5%	7.2%	6.9%	3.5%	4.1%	4.1%	3.1%	4.1%	3.8%	3.6%	3.6%	3.4%								
	Amarrado de fondos	13.2%	14.0%	16.9%	14.1%	12.1%	11.9%	13.8%	9.1%	12.3%	3.6%	3.3%	4.3%	4.1%	4.1%	3.7%	4.1%	5.6%	4.1%	3.6%	4.2%	4.2%							
	Corte de material	2.5%	2.0%	2.6%	2.3%	2.8%	2.7%	2.5%	1.5%	1.3%	3.1%	3.1%	4.3%	3.5%	3.5%	3.4%	3.5%	2.7%	3.6%	3.0%	2.9%	4.2%	4.3%	4.7%	4.7%	4.5%	4.4%	3.8%	
	Toma de niveles y Plomada	3.0%	3.9%	4.0%	3.6%	4.6%	3.3%	6.0%	5.1%	3.8%	6.4%	6.4%	4.3%	4.4%	5.0%	5.5%	5.0%	5.0%	5.0%	6.8%	5.2%	5.0%	5.1%	1.9%	1.9%	3.5%	4.1%	4.1%	5.0%
	colocación de cantillon	4.7%	3.4%	4.5%	2.9%	2.8%	3.3%	4.5%	3.2%	3.5%	3.3%	3.3%	3.9%	3.2%	3.1%	4.0%	3.1%	4.7%	3.2%	3.3%	2.9%	3.8%							
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	Movimiento del material	8.3%	5.9%	6.9%	7.6%	6.9%	8.9%	10.1%	5.5%	4.8%	7.8%	7.5%	7.8%	9.8%	9.4%	8.9%	9.4%	8.6%	7.2%	7.7%	9.7%	6.9%	17.8%	15.1%	16.5%	13.2%	16.7%	13.8%	
	trazo en el material	5.8%	3.9%	4.8%	4.2%	3.1%	4.8%	3.0%	3.6%	2.7%	3.1%	3.1%	4.3%	3.5%	3.5%	4.6%	3.5%	4.7%	6.8%	3.0%	4.9%	4.2%	5.4%	4.3%	4.3%	4.1%	4.1%	3.5%	
	colocación de topes	4.1%	2.9%	3.2%	4.2%	4.1%	4.5%	4.0%	3.2%	3.1%	4.4%	4.4%	3.9%	4.4%	4.4%	6.7%	4.4%	2.7%	4.1%	4.4%	4.4%	4.2%	3.8%						
	Acarreo de material (madera )	2.8%	3.4%	3.7%	2.6%	2.6%	3.0%	2.8%	3.6%	1.7%	1.7%	1.7%	2.3%	2.9%	2.8%	3.4%	2.8%	3.2%	5.4%	1.6%	2.9%	2.3%	2.2%	2.3%	3.5%	4.9%	2.2%	1.9%	
	Recibir /dar instrucciones	1.1%	2.0%	1.3%	1.6%	1.5%	1.8%	1.5%	0.8%	0.8%	2.2%	2.8%	3.1%	2.5%	2.5%	1.8%	2.5%	2.1%	1.8%	2.2%	1.6%	3.1%	2.2%	3.1%	2.4%	2.5%	3.0%	2.2%	
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	Esperas	9.9%	12.3%	11.1%	13.8%	13.4%	8.9%	9.8%	10.8%	11.7%	6.9%	6.4%	7.4%	4.4%	4.7%	2.4%	4.7%	3.2%	5.4%	6.8%	1.9%	7.3%	0.0%	0.0%	5.4%	3.9%	2.1%	5.6%	3.5%
	Trabajo rehecho (volver a encofrar)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	24.5%	20.3%	22.5%	20.1%	22.6%	20.5%	17.8%	25.7%	20.8%	29.4%	31.9%	30.2%	27.6%	28.0%	29.1%	28.0%	30.1%	28.4%	30.1%	33.7%	31.0%	30.4%	27.9%	31.4%	32.5%	25.9%	28.3%	
	Ir a servicios higiénicos	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	2.1%	3.3%	2.3%	1.7%	3.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Viaje improductivo	0.0%	2.7%	0.0%	0.0%	1.8%	3.3%	0.0%	0.0%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<b>TP</b>		33.3%	37.3%	35.4%	34.4%	31.6%	31.8%	35.7%	35.2%	39.8%	31.7%	29.4%	28.7%	33.7%	33.0%	30.3%	33.0%	33.0%	29.3%	31.1%	30.1%	28.4%	30.1%	35.3%	29.8%	32.1%	34.1%	38.1%	
<b>TC</b>		32.2%	27.5%	31.0%	28.9%	28.5%	32.1%	34.4%	26.5%	21.7%	31.9%	32.2%	33.7%	34.3%	34.3%	38.2%	34.3%	33.6%	36.9%	32.0%	34.3%	33.3%	37.0%	31.4%	34.9%	33.3%	34.4%	30.2%	
<b>TNC</b>		34.4%	35.3%	33.6%	36.7%	39.8%	36.0%	29.9%	38.2%	38.5%	36.4%	38.3%	37.6%	32.1%	32.7%	31.5%	32.7%	33.3%	33.8%	36.9%	35.6%	38.3%	33.0%	33.3%	35.3%	34.6%	31.5%	31.8%	
<b>TERCER PISO</b>																													
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación de puntales	5.0%	5.4%	4.1%	5.3%	5.4%	3.1%	5.0%	5.5%	4.5%	8.4%	7.6%	5.1%	9.1%	9.0%	9.3%	9.0%	8.5%	6.5%	8.7%	8.0%	5.4%	10.9%	11.2%	7.8%	10.5%	10.1%	11.3%	
	Colocación de tapas	7.3%	6.9%	7.0%	7.9%	7.3%	5.7%	7.4%	4.8%	5.4%	4.7%	7.9%	3.8%	5.1%	5.0%	4.1%	5.0%	4.7%	3.2%	4.8%	4.0%	4.0%	16.7%	16.3%	15.2%	16.3%	11.5%	16.8%	
	Colocación de tablas LOSA	3.4%	3.3%	2.9%	3.4%	3.5%	4.1%	3.4%	5.0%	4.1%													7.2%	6.5%	4.4%	6.6%	13.3%	6.5%	
	Colocación de fondo de VIGAS																												
	Colocación de Arriostre	4.2%	6.2%	8.2%	4.5%	4.9%	5.3%	4.2%	8.3%	7.9%	7.5%	4.8%	4.3%	5.1%	7.0%	5.2%	7.0%	7.0%	3.7%	7.1%	6.0%	4.5%							
TRABAJO CONTRIBUTORIO	Amarrado de fondos	12.3%	13.6%	11.8%	12.6%	13.0%	11.3%	11.8%	11.7%	14.3%	5.9%	5.1%	4.7%	4.0%	4.7%	4.8%	4.7%	4.7%	6.0%	5.4%	5.0%	6.3%	4.3%	4.3%	4.4%	3.9%	4.0%	4.1%	
	Corte de material	2.9%	3.1%	2.2%	3.1%	2.4%	2.5%	2.9%	1.7%	1.4%	3.4%	3.1%	4.7%	3.7%	3.7%	3.8%	3.7%	3.2%	5.1%	3.5%	3.7%	4.9%	5.8%	3.6%	5.2%	2.7%	6.5%	4.5%	
	Toma de niveles y Plomada	5.5%	4.6%	3.9%	5.1%	4.6%	4.4%	3.9%	4.3%	5.2%	5.6%	5.3%	3.4%	4.4%	4.7%	4.1%	4.7%	4.7%	3.7%	5.8%	4.3%	3.1%							
	colocación de cantillon	2.9%	4.6%	4.8%	2.8%	3.0%	4.4%	3.2%	4.0%	3.4%	3.7%	3.9%	4.3%	5.4%	3.3%	4.8%	3.3%	3.5%	3.7%	3.8%	5.4%	3.6%							
	Movimiento del material	7.0%	8.5%	6.0%	8.7%	7.9%	9.4%	7.1%	6.0%	4.8%	8.7%	7.9%	11.1%	8.8%	9.4%	8.6%	9.4%	6.6%	10.1%	9.0%	7.4%	11.2%	14.1%	16.3%	17.0%	17.1%	14.4%	15.8%	
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	trazo en el material	3.1%	3.6%	3.9%	3.4%	4.3%	4.1%	3.2%	3.3%	2.5%	3.4%	3.1%	4.7%	5.1%	3.7%	5.5%	3.7%	5.1%	5.1%	3.5%	5.0%	4.9%	4.0%	4.7%	4.8%	3.1%	4.0%	3.8%	
	colocación de topes	4.2%	4.1%	4.6%	4.5%	4.3%	4.1%	4.2%	3.6%	3.4%	5.0%	5.3%	5.5%	3.4%	4.3%	4.1%	4.3%	4.7%	4.6%	5.1%	4.0%	4.5%							
	Acarreo de material (madera )	2.6%	2.6%	3.1%	2.8%	2.7%	3.5%	2.6%	2.4%	4.8%	1.9%	1.7%	2.6%	2.0%	2.0%	3.1%	2.0%	3.8%	2.8%	1.9%	3.0%	2.7%	2.2%	2.9%	4.1%	5.0%	2.2%	2.1%	
	Recibir /dar instrucciones	1.6%	2.3%	1.2%	1.7%	1.6%	1.6%	1.6%	1.0%	1.6%	2.5%	2.2%	3.4%	2.7%	2.7%	2.8%	2.7%	1.9%	3.7%	2.6%	2.3%	3.6%	2.5%	2.2%	2.6%	2.3%	2.9%	2.7%	
	Esperas	12.0%	18.5%	13.0%	10.1%	11.4%	7.5%	10.3%	14.5%	11.8%	7.8%	7.3%	9.8%	4.0%	8.0%	5.9%	8.0%	6.0%	8.3%	8.0%	4.7%	9.9%	4.0%	4.0%	3.3%	0.0%	3.6%	6.2%	
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	Trabajo rehecho (volver a encofrar)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Tiempo ocioso	22.2%	12.8%	17.9%	19.9%	20.6%	28.9%	22.9%	22.1%	24.9%	27.4%	31.2%	30.2%	31.6%	28.1%	29.0%	28.1%	32.0%	30.0%	26.9%	33.1%	28.7%	28.3%	27.9%	31.1%	32.6%	27.7%	26.1%	
	Ir a servicios higiénicos	2.1%	0.0%	1.9%	2.0%	3.0%	0.0%	1.8%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Viaje improductivo	1.8%	0.0%	3.4%	2.2%	0.0%	0.0%	4.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	<b>TP</b>		32.1%	35.4%	34.1%	33.7%	34.1%	29.6%	31.8%	35.2%	36.3%	30.5%	28.9%	20.4%	29.0%	30.1%	28.3%	30.1%	28.5%	23.0%	29.8%	27.1%	22.9%	34.8%	34.1%	27.4%	33.3%	34.9%	34.7%
<b>TC</b>		29.8%	33.3%	29.7%	32.0%	30.9%	34.0%	28.7%	26.2%	27.0%	34.3%	32.6%	39.6%	35.4%	33.8%	36.9%	33.8%	33.5%	38.7%	35.3%	35.1%	38.6%	33.0%	34.1%	38.1%	34.1%	33.8%	33.0%	
<b>TNC</b>		38.1%	31.3%	36.2%	34.3%	35.0%	36.5%	39.5%	38.6%	36.7%	35.2%	38.5%	40.0%	35.7%	36.1%	34.8%	36.1%	38.6%	38.2%	34.9%	37.8%	38.6%	32.2%	31.9%	34.4%	32.6%	31.3%	32.3%	

Fuente: Elaboración propia.



**ANEXO II.** Análisis de productividad en la sub-partida de CONCRETO por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas antes de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Sub-partida:  
**CONCRETO**

Tipo	Descripción de actividad	COLUMNAS								PLACAS		VIGAS										LOSA						
		C-1, C-3, C-10, C-12	C-2, C-5, C-8, C-11	C-4, C-6, C-7, C-9	C-13, C-14, C-15, C-16	C-17, C-18, C-19, C-20	C-21	C-22, C-23	PLACA 1	PLACA 2	VIGA DERECHA V-135, V-136, V-137, V-138, V-139	VIGA IZQUIERDA V-118, V-119, V-120, V-121, V-122, V-123	VIGA V-124	VIGA HORIZONTAL V-113, V-114	VIGA HORIZONTAL V-115, V-116	VIGA HORIZONTAL V-117, V-118	VIGA HORIZONTAL V-111, V-112	VIGAS MEDIO V-126, V-127, V-128, V-129, V-130	VIGAS V-101	VIGAS V-102, V-103, V-104, V-100	VIGAS V-105, V-106, V-107	VIGAS V-125, V-133	PAÑO F	PAÑO A	PAÑO B	PAÑO C	PAÑO D	PAÑO E
<b>SEGUNDO PISO</b>																												
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación del concreto	5.0%	6.2%	7.4%	5.0%	5.0%	4.8%	6.9%	11.0%	9.7%	11.2%	9.6%	10.0%	11.2%	11.2%	11.7%	11.2%	10.0%	10.0%	11.2%	10.0%	10.0%	14.4%	14.1%	15.3%	15.2%	13.9%	13.6%
	Sujeción de la manguera	11.3%	9.7%	13.3%	12.5%	11.3%	12.4%	11.3%	21.4%	20.6%	18.4%	17.4%	18.2%	19.2%	20.0%	17.5%	20.0%	18.3%	17.8%	19.2%	20.0%	18.2%	11.3%	11.5%	8.9%	10.5%	10.9%	9.7%
	Regleado de la losa																											
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Vibrado del concreto	5.0%	6.2%	7.4%	5.0%	5.0%	4.1%	6.9%	10.5%	9.0%	9.6%	9.6%	9.1%	8.0%	12.0%	12.5%	12.0%	10.0%	10.0%	10.4%	9.2%	9.1%	6.3%	7.0%	6.4%	8.4%	8.0%	7.8%
	Desplazamiento de la manguera	8.1%	6.9%	5.9%	5.0%	6.3%	7.6%	4.4%	2.9%	3.9%	2.4%	2.6%	2.7%	2.4%	2.4%	3.3%	2.4%	3.3%	4.4%	2.4%	2.3%	2.7%	14.1%	12.3%	14.3%	11.1%	11.9%	14.2%
	Movimiento de la vibradora	3.8%	4.1%	5.2%	5.6%	5.6%	4.1%	4.4%	10.0%	8.4%	11.2%	10.4%	10.0%	11.2%	8.8%	7.5%	8.8%	10.0%	7.8%	12.0%	11.5%	10.0%	2.8%	6.6%	5.9%	4.1%	6.0%	2.3%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Dispersión de la mezcla																						2.8%	6.6%	5.9%	4.1%	6.0%	2.3%
	Colocación de topes / dados	8.1%	6.9%	2.2%	5.0%	5.0%	6.9%	5.0%	3.3%	3.9%	2.4%	3.5%	3.6%	3.2%	3.2%	1.7%	3.2%	3.3%	4.4%	2.4%	2.3%	3.6%	7.2%	0.0%	0.0%	7.1%	0.0%	7.4%
	Instalación de la bomba telescópica	9.4%	8.3%	6.7%	4.4%	5.6%	9.0%	5.6%	2.9%	3.9%	4.0%	5.2%	4.5%	2.4%	4.0%	4.2%	4.0%	3.3%	5.6%	4.0%	3.8%	4.5%	3.1%	5.3%	3.4%	2.4%	6.0%	2.9%
TRABAJO PRODUCTIVO	lechado de la columna / vigas / losa	9.4%	6.9%	6.7%	5.0%	6.3%	9.0%	6.3%	1.0%	3.9%	2.4%	2.6%	2.7%	2.4%	2.4%	2.5%	2.4%	3.3%	4.4%	2.4%	2.3%	2.7%	2.8%	4.4%	5.9%	2.7%	5.0%	2.9%
	Recibir /dar instrucciones	9.4%	6.9%	9.6%	16.3%	15.0%	9.0%	6.3%	2.9%	3.9%	2.4%	3.5%	2.7%	3.2%	3.2%	2.5%	3.2%	3.3%	3.3%	2.4%	2.3%	2.7%	1.6%	6.6%	7.9%	5.1%	6.5%	4.5%
	Esperas	12.5%	21.4%	2.2%	3.1%	7.5%	13.1%	15.0%	7.1%	16.1%	6.4%	3.5%	7.3%	8.0%	4.8%	5.0%	4.8%	1.7%	7.8%	4.8%	6.9%	7.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Trabajo rehecho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30.9%	26.4%	27.6%	28.4%	26.4%	29.8%
	Tiempo ocioso	18.1%	16.6%	33.3%	28.1%	23.8%	20.0%	28.1%	23.3%	16.8%	29.6%	32.2%	29.1%	28.8%	28.0%	31.7%	28.0%	33.3%	24.4%	28.8%	29.2%	29.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Ir a servicios higiénicos	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	3.8%	0.0%	0.0%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
TRABAJO PRODUCTIVO	Viaje improductivo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	<b>TP</b>	21.3%	22.1%	28.1%	22.5%	21.3%	21.4%	25.0%	42.9%	39.4%	39.2%	36.5%	37.3%	38.4%	43.2%	41.7%	43.2%	38.3%	37.8%	40.8%	39.2%	37.3%	31.3%	31.3%	28.6%	30.7%	30.3%	28.2%
	<b>TC</b>	48.1%	40.0%	36.3%	41.3%	43.8%	45.5%	31.9%	22.9%	27.7%	24.8%	27.8%	26.4%	24.8%	24.0%	21.7%	24.0%	26.7%	30.0%	25.6%	24.6%	26.4%	36.3%	35.7%	36.0%	35.8%	36.8%	37.5%
<b>TNC</b>	30.6%	37.9%	35.6%	36.3%	35.0%	33.1%	43.1%	34.3%	32.9%	36.0%	35.7%	36.4%	36.8%	32.8%	36.7%	32.8%	35.0%	32.2%	33.6%	36.2%	36.4%	32.5%	33.0%	35.5%	33.4%	32.8%	34.3%	
<b>TERCER PISO</b>																												
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación del concreto	5.0%	8.1%	6.0%	5.0%	5.8%	7.1%	4.7%	9.7%	8.9%	9.6%	11.1%	8.4%	9.5%	10.4%	9.1%	9.6%	10.8%	9.5%	9.6%	10.0%	8.4%	11.1%	13.3%	12.1%	11.8%	14.1%	11.4%
	Sujeción de la manguera	10.0%	11.3%	10.7%	11.4%	11.6%	14.1%	10.7%	21.5%	22.2%	20.9%	22.2%	18.9%	19.0%	20.9%	21.8%	20.9%	21.5%	21.0%	19.1%	18.2%	18.9%	9.8%	13.3%	11.2%	9.9%	10.8%	9.1%
	Regleado de la losa																						4.5%	6.6%	5.6%	4.6%	6.6%	4.6%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Vibrado del concreto	5.0%	8.1%	6.0%	5.0%	5.8%	7.6%	6.0%	8.2%	8.9%	10.4%	11.1%	9.5%	10.5%	10.4%	9.1%	9.6%	10.8%	10.5%	10.4%	10.0%	9.5%	5.2%	6.2%	6.5%	6.1%	5.8%	6.1%
	Desplazamiento de la manguera	6.4%	6.9%	6.0%	6.4%	7.7%	4.7%	7.3%	3.1%	3.3%	3.5%	2.2%	4.2%	3.8%	3.5%	3.6%	3.5%	2.3%	3.8%	3.5%	3.6%	4.2%	10.5%	14.2%	12.5%	12.2%	13.3%	10.6%
	Movimiento de la vibradora	4.3%	3.8%	9.3%	5.7%	2.6%	7.1%	4.0%	10.3%	10.6%	7.8%	7.4%	6.3%	7.6%	7.0%	7.3%	7.0%	9.2%	7.6%	7.8%	7.3%	6.3%	3.1%	4.9%	4.3%	3.4%	4.6%	4.6%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Dispersión de la mezcla																						10.5%	14.2%	12.5%	12.2%	13.3%	10.6%
	Colocación de topes / dados	6.4%	6.9%	6.7%	7.1%	7.7%	4.1%	7.3%	3.1%	3.3%	3.5%	3.7%	4.2%	3.8%	3.5%	3.6%	4.3%	2.3%	3.8%	3.5%	3.6%	4.2%	3.1%	4.9%	4.3%	3.4%	4.6%	4.6%
	Instalación de la bomba telescópica	10.0%	9.4%	6.7%	7.1%	11.0%	6.5%	10.7%	3.6%	3.3%	5.2%	4.4%	6.3%	5.7%	3.5%	3.6%	3.5%	3.1%	3.8%	5.2%	3.6%	6.3%	12.2%	0.0%	0.0%	12.5%	0.0%	12.9%
TRABAJO PRODUCTIVO	lechado de la columna / vigas / dados	6.4%	6.9%	4.7%	7.1%	7.7%	3.5%	7.3%	3.1%	3.3%	3.5%	2.2%	4.2%	3.8%	3.5%	3.6%	3.5%	2.3%	3.8%	3.5%	3.6%	4.2%	3.8%	5.3%	5.2%	3.8%	5.0%	3.4%
	Recibir /dar instrucciones	9.3%	6.9%	8.7%	9.3%	10.3%	6.5%	10.0%	3.1%	3.3%	3.5%	2.2%	4.2%	3.8%	3.5%	3.6%	4.3%	2.3%	3.8%	3.5%	3.6%	4.2%	3.1%	4.4%	4.3%	3.0%	4.1%	3.8%
	Esperas	16.4%	16.9%	12.7%	7.9%	16.1%	10.6%	15.3%	3.6%	17.8%	3.5%	3.0%	4.2%	6.7%	8.7%	14.5%	8.7%	4.6%	5.7%	3.5%	5.5%	4.2%	0.0%	6.6%	6.0%	3.8%	5.4%	2.7%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Trabajo rehecho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	20.7%	15.0%	22.7%	27.9%	13.5%	28.2%	16.7%	30.8%	15.0%	28.7%	30.4%	29.5%	25.7%	25.2%	20.0%	25.2%	30.8%	26.7%	30.4%	30.9%	29.5%	36.6%	25.2%	32.3%	28.9%	30.3%	30.8%
	Ir a servicios higiénicos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
TRABAJO PRODUCTIVO	Viaje improductivo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	<b>TP</b>	20.0%	27.5%	22.7%	21.4%	23.2%	28.8%	21.3%	39.5%	40.0%	40.9%	44.4%	36.8%	39.0%	41.7%	40.0%	40.0%	43.1%	41.0%	39.1%	38.2%	36.8%	25.4%	33.2%	28.9%	26.2%	31.5%	25.1%
	<b>TC</b>	42.9%	40.6%	42.0%	42.9%	47.1%	32.4%	46.7%	26.2%	27.2%	27.0%	22.2%	29.5%	28.6%	24.3%	25.5%	26.1%	21.5%	26.7%	27.0%	25.5%	29.5%	38.0%	35.0%	32.8%	41.1%	32.8%	41.4%
<b>TNC</b>	37.1%	31.9%	35.3%	35.7%	29.7%	38.8%	32.0%	34.4%	32.8%	32.2%	33.3%	33.7%	32.4%	33.9%	34.5%	33.9%	35.4%	32.4%	33.9%	36.4%	33.7%	36.6%	31.9%	38.4%	32.7%	35.7%	33.5%	

Fuente: Elaboración propia.



**ANEXO III.** Análisis de productividad en la sub-partida de ACERO por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de aplicación de metodología de 5 “s”.

Sub-partida: <b>ACERO</b>		COLUMNAS								PLACAS		VIGAS										LOSA						
		C-1, C-3, C-10, C-12	C-2, C-5, C-8, C-11	C-4, C-6, C-7, C-9	C-13, C-14, C-15, C-16	C-17, C-18, C-19, C-20	C-21	C-22, C-23	PLACA 1	PLACA 2	VIGA DERECHA V-535, V-536, V-537, V-538, V-539	VIGA IZQUIERDA V-518, V-519, V-520, V-521, V-522, V-523	VIGA V-524	VIGA HORIZONTAL V-513, V-514	VIGAS HORIZONTAL V-515, V-516	VIGAS HORIZONTAL V-517, V-518	VIGAS HORIZONTAL V-511, V-512	VIGAS MEDIO V-526, V-527, V-528, V-529, V-530	VIGA V-501	VIGAS V-502, V-503, V-504, V-500	VIGAS V-505, V-506, V-507	VIGAS V-525, V-533	PAÑO F	PAÑO A	PAÑO B	PAÑO C	PAÑO D	PAÑO E
<b>QUINTO PISO</b>																												
<b>Tipo</b>	<b>Descripción de actividad</b>	11.8%	12.7%	8.3%	15.8%	14.1%	17.9%	9.9%	6.6%	9.1%	12.2%	13.8%	10.7%	12.0%	10.9%	8.1%	9.4%	8.6%	6.1%	9.6%	8.3%	6.6%	13.2%	16.9%	14.0%	13.7%	12.3%	15.0%
TRABAJO PRODUCTIVO	Amarrado/ Colocación del acero longitudinal	11.8%	12.7%	8.3%	15.8%	14.1%	17.9%	9.9%	6.6%	9.1%	12.2%	13.8%	10.7%	12.0%	10.9%	8.1%	9.4%	8.6%	6.1%	9.6%	8.3%	6.6%	13.2%	16.9%	14.0%	13.7%	12.3%	15.0%
	Colocación del acero de temperatura (LOSA)	5.8%	8.3%	7.1%	9.3%	8.1%	6.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.8%	8.3%	7.1%	9.3%	8.1%	6.0%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	colocacion de estribos	6.5%	7.2%	12.8%	9.5%	6.6%	4.5%	7.1%	8.3%	10.4%	9.8%	9.0%	5.8%	8.2%	6.4%	7.0%	6.3%	5.7%	6.7%	7.6%	6.4%	8.8%						
	Amarrado de alambre # 16	18.3%	18.8%	18.2%	12.5%	17.6%	14.9%	19.0%	20.7%	15.4%	16.5%	14.9%	21.2%	17.6%	17.6%	20.0%	19.0%	20.7%	21.8%	18.7%	19.1%	18.7%	14.7%	9.9%	14.8%	12.9%	14.2%	13.8%
	Búsqueda de materiales (acero)	3.7%	3.7%	3.1%	3.8%	4.0%	3.3%	4.5%	2.3%	2.4%	5.6%	3.3%	5.0%	3.4%	3.7%	4.8%	4.7%	3.7%	5.7%	3.5%	4.2%		5.4%	4.8%	3.1%	5.1%	5.6%	3.6%
	Toma de nivel	3.9%	5.1%	2.9%	2.4%	3.2%	4.3%	5.4%	5.9%	4.9%	0.0%	1.5%	0.9%	2.8%	1.3%	7.1%	3.6%	0.0%	0.2%	1.1%	0.3%	2.2%						
	Corte del acero	6.2%	6.1%	10.4%	7.3%	9.0%	7.3%	8.0%	7.4%	7.2%	8.6%	9.4%	8.4%	5.2%	9.6%	4.6%	5.4%	6.6%	7.6%	5.8%	9.9%	5.1%	1.9%	5.9%	0.0%	4.4%	1.7%	7.0%
	Moverse hacia otro punto de colocación	10.1%	11.1%	17.2%	10.6%	10.6%	10.6%	10.5%	9.4%	7.8%	10.1%	10.1%	9.2%	5.8%	9.0%	5.1%	10.3%	19.1%	13.2%	16.8%			14.1%	12.9%	15.2%	13.1%	10.5%	19.0%
	Tomar medidas (incluye el marcar con tiza)	5.9%	6.3%	2.6%	7.1%	5.6%	6.3%	5.1%	5.3%	5.6%	11.9%	6.2%	7.2%	11.6%	12.4%	11.0%	9.6%	6.9%	9.2%	8.1%	8.1%	9.0%	9.5%	6.1%	10.0%	4.4%	5.9%	4.5%
	Abrir los paquetes de fierro con cizalla	3.9%	3.7%	4.2%	4.1%	4.3%	3.5%	4.5%	2.3%	2.4%	3.6%	2.8%	2.8%	5.4%	4.5%	4.2%	4.2%	4.0%	2.9%	2.4%	5.7%	4.2%	4.3%	3.9%	4.5%	3.6%	7.1%	3.7%
	Acarreo de material (fierro)	6.7%	5.1%	4.9%	6.3%	4.8%	6.1%	6.8%	3.3%	3.5%	4.6%	3.3%	4.0%	6.2%	7.5%	7.9%	6.5%	4.6%	5.4%	4.1%	5.2%	4.6%	4.8%	4.8%	8.1%	8.9%	11.0%	8.3%
	Recibir /dar instrucciones	0.0%	1.8%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.1%	2.1%	0.8%	1.2%	3.9%	3.6%	4.9%	8.2%	3.4%	3.2%	4.0%	2.1%	2.5%	4.9%	2.6%	3.5%	1.9%	1.7%	5.1%	4.0%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	13.8%	12.3%	10.4%	13.9%	9.0%	11.6%	15.1%	12.8%	12.7%	1.5%	0.7%	1.6%	1.7%	0.9%	2.2%	2.4%	1.1%	1.5%	3.7%	1.2%	3.1%	1.3%	1.3%	3.8%	2.5%	3.2%	0.9%
	Trabajo rehecho (volver a enderezar fierro)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	7.6%	5.4%	3.4%	4.6%	8.5%	6.8%	4.0%	12.2%	16.0%	14.7%	23.6%	17.0%	16.5%	11.4%	9.9%	15.0%	14.5%	14.0%	15.1%	17.4%	18.7%	22.3%	21.5%	17.4%	18.1%	13.5%	12.9%
	Ir a servicios higiénicos	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	1.7%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	1.7%
Viaje improductivo	1.7%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	1.2%
<b>TP</b>		36.5%	38.6%	39.3%	37.8%	38.3%	37.4%	36.1%	35.6%	35.0%	38.5%	37.8%	37.7%	37.8%	34.8%	35.0%	34.8%	35.0%	34.6%	35.9%	33.7%	34.1%	33.8%	35.1%	36.0%	35.9%	34.6%	34.8%
<b>TC</b>		40.4%	42.8%	46.9%	41.6%	41.5%	41.4%	44.9%	38.9%	35.8%	45.3%	37.9%	41.4%	44.0%	52.8%	52.9%	47.8%	48.3%	48.2%	44.0%	47.7%	44.1%	42.6%	42.1%	42.9%	41.1%	47.1%	50.1%
<b>TNC</b>		23.0%	18.6%	13.8%	20.7%	20.2%	21.2%	19.0%	25.5%	29.2%	16.2%	24.3%	20.9%	18.2%	12.4%	12.1%	17.4%	16.7%	17.2%	20.0%	18.5%	21.8%	23.6%	22.8%	21.2%	23.0%	18.4%	15.0%
<b>SEXTO PISO</b>																												
<b>Tipo</b>	<b>Descripción de actividad</b>	9.9%	14.7%	11.8%	13.2%	18.9%	16.1%	11.7%	4.2%	9.5%	12.8%	9.4%	6.8%	9.0%	9.2%	8.1%	8.4%	10.0%	11.3%	7.6%	9.3%	6.6%	11.8%	16.0%	11.3%	11.4%	15.3%	6.8%
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación / Amarrado del acero longitudinal	9.9%	14.7%	11.8%	13.2%	18.9%	16.1%	11.7%	4.2%	9.5%	12.8%	9.4%	6.8%	9.0%	9.2%	8.1%	8.4%	10.0%	11.3%	7.6%	9.3%	6.6%	11.8%	16.0%	11.3%	11.4%	15.3%	6.8%
	Colocación de acero de temperatura	8.6%	7.3%	7.3%	9.1%	7.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.6%	7.3%	7.3%	9.1%	7.0%	9.7%
TRABAJO CONTRIBUTIVO	colocacion de estribos	14.7%	9.6%	7.3%	11.7%	10.2%	4.6%	4.2%	7.4%	7.2%	10.6%	9.8%	9.0%	8.5%	6.7%	4.0%	6.0%	3.8%	6.7%	6.8%	7.0%	8.8%						
	Amarrado de alambre # 16	12.5%	12.8%	19.4%	13.2%	8.7%	16.1%	19.5%	24.5%	18.1%	16.5%	17.3%	22.3%	21.3%	19.9%	23.2%	21.3%	20.5%	17.9%	19.0%	18.7%	18.7%	14.4%	10.5%	14.4%	13.9%	12.8%	19.3%
	Búsqueda de materiales (acero)	3.7%	2.9%	2.7%	2.6%	3.8%	5.5%	2.6%	3.6%	2.3%	3.7%	2.7%	5.6%	4.6%	4.7%	3.2%	2.9%	5.1%	5.1%	3.0%	3.5%	4.2%	3.9%	3.9%	4.9%	3.9%	3.4%	5.1%
	Toma de nivel	3.2%	4.3%	3.0%	2.1%	3.5%	4.1%	5.7%	7.4%	5.4%	0.9%	1.5%	0.0%	3.9%	3.4%	4.4%	1.5%	0.7%	1.3%	1.7%	0.5%	2.2%						
	Corte del acero	7.2%	9.9%	10.5%	8.3%	5.5%	8.2%	6.8%	5.5%	6.7%	9.0%	10.9%	8.0%	5.9%	6.2%	5.8%	6.5%	7.0%	7.9%	7.3%	8.6%	5.1%	4.2%	2.1%	2.9%	0.9%	4.1%	0.5%
	Moverse hacia otro punto de colocación	13.3%	8.8%	12.4%	10.4%	13.1%	10.6%	11.5%	10.6%	9.8%	9.8%	9.1%	11.0%	6.4%	6.9%	8.2%	9.5%	12.8%	13.6%	15.2%	12.5%	9.9%	7.9%	14.8%	11.3%	15.1%	6.8%	22.8%
	Tomar medidas (incluye el marcar con tiza)	4.5%	7.1%	5.6%	8.3%	5.8%	5.0%	5.7%	8.4%	5.3%	8.9%	7.2%	8.3%	10.5%	12.9%	11.6%	11.2%	13.6%	9.2%	6.8%	9.2%	9.0%	11.8%	11.6%	9.3%	6.8%	6.8%	5.4%
	Abrir los paquetes de fierro con cizalla	4.0%	4.6%	4.8%	4.4%	5.2%	3.6%	5.7%	0.6%	2.3%	4.0%	2.2%	4.2%	4.1%	4.3%	4.7%	4.5%	3.6%	3.3%	5.3%	3.4%	4.2%	5.8%	6.8%	2.9%	6.8%	4.5%	5.6%
	Acarreo de material (fierro)	5.6%	4.8%	4.8%	4.7%	5.2%	5.5%	3.6%	4.3%	3.4%	4.1%	3.5%	2.8%	5.0%	5.1%	5.6%	6.9%	4.3%	4.0%	5.1%	4.1%	4.6%	6.9%	4.6%	6.0%	12.3%	16.7%	4.8%
	Recibir /dar instrucciones	0.0%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	3.0%	1.5%	2.9%	1.0%	3.0%	3.7%	3.8%	3.3%	4.1%	0.8%	5.5%	1.2%	4.3%	4.9%	4.6%	4.6%	2.4%	2.7%	3.2%	3.8%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	15.2%	4.8%	3.8%	5.7%	5.2%	13.9%	4.7%	7.8%	11.5%	1.1%	2.0%	1.0%	2.0%	1.6%	2.9%	2.8%	0.6%	2.3%	1.2%	3.1%	0.9%	1.8%	0.9%	3.9%	4.3%	2.1%	
	Trabajo rehecho (volver a enderezar fierro)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	6.1%	12.2%	14.0%	13.7%	13.4%	6.7%	15.9%	11.3%	16.6%	14.7%	22.1%	18.1%	15.2%	15.2%	14.7%	14.3%	15.2%	12.5%	14.7%	15.4%	18.7%	19.2%	16.0%	25.1%	13.0%	13.1%	12.9%
	Ir a servicios higiénicos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	1.1%	1.7%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Viaje improductivo	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	2.3%	1.3%	
<b>TP</b>		37.1%	37.2%	38.4%	38.1%	37.8%	36.8%	35.4%	36.1%	34.7%	39.9%	36.4%	38.1%	38.8%	35.9%	35.3%	35.7%	34.2%	35.8%	33.4%	35.0%	34.1%	34.7%	33.8%	33.1%	34.5%	35.1%	35.8%
<b>TC</b>		41.6%	45.8%	43.8%	40.7%	42.2%	42.5%	44.0%	43.4%	36.8%	43.3%	38.0%	42.8%	44.0%	47.3%	46.8%	47.1%	47.8%	49.9%	45.5%	46.0%	44.1%	45.1%	48.4%	39.8%	48.6%	45.3%	47.9%
<b>TNC</b>		21.3%	17.0%	17.7%	21.2%	20.1%	20.7%	20.6%	20.5%	28.5%	16.8%	25.5%	19.1%	17.2%	16.8%	17.9%	17.2%	18.0%	14.3%	21.2%	19.0%	21.8%	20.1%	17.8%	27.1%	16.9%	19.6%	16.2%

Fuente: Elaboración propia.



**ANEXO IV.** Análisis de productividad en la sub-partida de ENCOFRADO por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Subpartida: ENCOFRADO		COLUMNAS								PLACAS		VIGAS										LOSA							
		C-1, C-3, C-10, C-12	C-2, C-5, C-6, C-11	C-4, C-6, C-7, C-9	C-13, C-14, C-15, C-16	C-17, C-18, C-19, C-20	C-21	C-22, C-23	PLACA 1	PLACA 2	VIGA VERTICAL V-505, V-536, V-537, V-538, V-539	VIGA VERTICAL V-518, V-519, V-520, V-521, V-522, V-523	VIGA VERTICAL V-524	VIGA HORIZONTAL V-513, V-514	VIGA HORIZONTAL V-515, V-516	VIGA HORIZONTAL V-517, V-518	VIGA HORIZONTAL V-511, V-512	VIGAS MEDIO V-526, V-527, V-528, V-529, V-530	VIGA V-501	VIGAS V-502, V-503, V-504, V-505	VIGAS V-506, V-507	VIGAS V-525, V-533	PAÑO F	PAÑO A	PAÑO B	PAÑO C	PAÑO D	PAÑO E	
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación de puntales	4.5%	4.2%	4.3%	6.2%	7.3%	5.1%	2.2%	5.5%	4.4%	9.2%	6.1%	9.5%	9.7%	12.7%	8.4%	8.8%	9.0%	6.4%	11.7%	8.2%	8.7%	13.3%	16.7%	14.5%	16.5%	19.2%	13.1%	
	Colocación de tapas	7.1%	8.0%	7.0%	6.5%	9.1%	11.3%	9.1%	3.8%	4.2%	8.2%	16.1%	9.1%	7.9%	7.2%	16.8%	15.2%	13.0%	17.7%	11.1%	11.0%	14.7%	23.5%	17.8%	22.7%	19.8%	17.4%	22.0%	
	Colocación de tablas LOSA																						8.3%	9.3%	5.9%	6.3%	8.3%	4.6%	
	Colocación de soleras	5.8%	6.5%	6.1%	4.1%	6.1%	3.3%	6.3%	4.0%	7.5%																			
	Colocación de fondo de VIGAS																												
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Colocación de Arriestre	7.4%	6.0%	5.8%	5.3%	4.8%	5.4%	6.9%	13.4%	11.5%	8.5%	8.2%	13.9%	10.4%	9.8%	5.7%	8.4%	7.1%	7.6%	10.0%	9.3%	6.3%							
	Amarrado de fondos	17.6%	18.5%	18.6%	19.5%	14.8%	17.2%	15.7%	9.8%	11.3%	7.2%	7.3%	4.8%	9.4%	5.4%	6.4%	8.5%	4.4%	4.2%	7.6%	5.3%								
	Corte de material	5.4%	4.5%	1.4%	3.5%	2.7%	2.3%	2.8%	1.5%	1.3%	3.6%	3.2%	4.0%	5.3%	6.2%	2.7%	4.7%	5.6%	3.2%	3.3%	4.2%	4.3%	2.7%	4.4%	4.7%	9.3%	3.3%	5.7%	
	Toma de niveles y Plomada	3.8%	4.8%	5.5%	3.2%	3.6%	7.4%	3.8%	5.9%	3.8%	6.5%	4.7%	4.4%	6.0%	4.0%	5.4%	4.0%	4.5%	3.6%	6.7%	7.3%	5.7%	3.4%	3.7%	3.9%	3.4%	6.5%	7.1%	
	colocacion de cantillon	4.8%	5.4%	4.9%	6.2%	3.6%	3.1%	2.5%	3.2%	3.5%	1.6%	2.6%	3.2%	5.0%	6.2%	3.7%	3.7%	6.2%	3.6%	7.5%	7.3%	6.3%							
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Movimiento del material	12.8%	5.7%	11.0%	11.8%	13.3%	10.5%	15.1%	5.5%	6.0%	8.8%	8.8%	7.1%	11.0%	11.6%	14.5%	8.8%	6.8%	8.4%	4.4%	4.5%	11.0%	17.4%	17.0%	14.1%	12.7%	16.7%	13.5%	
	trazo en el material	4.5%	4.8%	4.1%	5.9%	3.9%	4.9%	4.1%	3.6%	2.7%	3.9%	4.1%	7.9%	4.7%	5.4%	4.4%	4.0%	5.4%	5.6%	3.3%	3.4%	7.0%	5.7%	4.8%	5.5%	4.2%	4.3%	2.8%	
	colocacion de topes	4.5%	6.3%	5.5%	6.2%	3.9%	5.6%	5.3%	3.2%	3.1%	5.2%	3.2%	3.2%	1.9%	1.4%	2.4%	3.4%	4.5%	4.0%	3.9%	6.5%	5.7%							
	Acarreo de material (madera )	4.2%	4.2%	5.2%	2.9%	3.9%	2.6%	4.1%	3.6%	1.7%	3.3%	2.6%	5.2%	1.9%	2.2%	4.0%	6.1%	4.5%	4.4%	4.2%	2.8%	5.0%	4.9%	3.0%	4.3%	3.4%	4.3%	5.7%	
	Recibir /dar instrucciones	5.1%	3.0%	2.9%	2.4%	1.8%	1.5%	1.6%	0.8%	0.8%	2.6%	2.9%	2.8%	0.0%	0.0%	6.4%	5.7%	4.2%	2.8%	3.3%	1.4%	2.3%	5.7%	2.2%	3.9%	4.6%	6.2%	3.5%	
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	3.2%	3.3%	3.5%	4.1%	10.0%	4.1%	8.5%	9.6%	11.5%	5.6%	5.3%	0.0%	4.1%	2.9%	2.7%	4.7%	1.4%	2.8%	1.9%	6.2%	3.0%	3.0%	0.0%	2.6%	2.0%	0.4%	2.2%	5.3%
	Trabajo rehecho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Tiempo ocioso	9.3%	15.2%	14.2%	12.1%	10.9%	12.8%	11.9%	24.8%	20.8%	20.3%	21.3%	17.5%	14.8%	18.5%	13.1%	9.4%	14.1%	17.3%	18.6%	14.4%	10.3%	9.8%	18.5%	18.4%	19.4%	9.1%	16.7%	
	Ir a servicios higiénicos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	1.7%	3.3%	0.0%	0.0%	2.8%	2.2%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%	3.6%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Viaje improductivo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
<b>TP</b>		42.3%	43.2%	41.7%	41.6%	42.1%	42.3%	40.3%	36.5%	38.8%	38.6%	41.2%	42.1%	43.1%	41.7%	40.7%	43.1%	42.7%	40.6%	42.8%	41.8%	39.3%	45.1%	43.7%	43.1%	42.6%	44.9%	39.7%	
<b>TC</b>		45.2%	38.4%	40.6%	42.2%	37.0%	37.9%	39.3%	27.4%	22.9%	35.6%	32.2%	37.7%	35.8%	37.0%	43.4%	40.4%	41.8%	35.7%	36.7%	37.6%	47.3%	39.8%	35.2%	36.5%	37.6%	41.3%	38.3%	
<b>TNC</b>		12.5%	18.5%	17.7%	16.2%	20.9%	19.7%	20.4%	36.1%	38.3%	25.8%	26.6%	20.2%	21.1%	21.4%	15.8%	16.5%	15.5%	23.7%	20.6%	20.6%	13.3%	15.2%	21.1%	20.4%	19.8%	13.8%	22.0%	
Subpartida: ENCOFRADO		<b>SEXTO PISO</b>																											
		C-1, C-3, C-10, C-12	C-2, C-5, C-6, C-11	C-4, C-6, C-7, C-9	C-13, C-14, C-15, C-16	C-17, C-18, C-19, C-20	C-21	C-22, C-23	PLACA 1	PLACA 2	VIGA VERTICAL V-505, V-536, V-537, V-538, V-539	VIGA VERTICAL V-518, V-519, V-520, V-521, V-522, V-523	VIGA VERTICAL V-524	VIGA HORIZONTAL V-513, V-514	VIGA HORIZONTAL V-515, V-516	VIGA HORIZONTAL V-517, V-518	VIGA HORIZONTAL V-511, V-512	VIGAS MEDIO V-526, V-527, V-528, V-529, V-530	VIGA V-501	VIGAS V-502, V-503, V-504, V-505	VIGAS V-506, V-507	VIGAS V-525, V-533	PAÑO F	PAÑO A	PAÑO B	PAÑO C	PAÑO D	PAÑO E	
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación de puntales	4.4%	6.9%	5.2%	5.6%	4.9%	3.5%	5.5%	7.6%	4.5%	8.8%	10.2%	5.7%	9.7%	9.7%	9.7%	11.1%	8.8%	12.9%	11.0%	11.1%	12.9%	15.4%	18.0%	21.3%	11.9%	19.4%	15.7%	
	Colocación de tapas	11.6%	10.5%	9.2%	9.6%	7.8%	8.6%	7.3%	4.3%	5.4%	12.7%	12.3%	19.1%	15.3%	15.3%	9.7%	8.5%	10.0%	10.2%	9.0%	9.7%	5.8%	19.1%	16.5%	9.2%	20.2%	14.3%	15.0%	
	Colocación de tablas LOSA																						8.9%	8.2%	11.3%	7.1%	9.5%	8.2%	
	Colocación de soleras	4.1%	5.1%	4.3%	4.9%	4.9%	5.4%	6.7%	5.0%	4.1%																			
	Colocación de fondo de VIGAS																												
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Colocación de Arriestre	5.3%	5.6%	6.7%	5.9%	4.2%	5.9%	4.5%	8.3%	7.9%	7.1%	6.6%	7.3%	6.0%	6.6%	9.3%	10.0%	8.3%	8.2%	9.9%	9.2%	12.2%							
	Amarrado de fondos	17.0%	15.4%	15.6%	13.6%	19.3%	18.0%	20.6%	12.6%	14.3%	4.5%	5.7%	3.3%	6.7%	3.8%	6.5%	4.8%	9.4%	4.7%	6.7%	4.4%	6.5%							
	Corte de material	2.8%	2.3%	2.8%	2.8%	3.9%	3.2%	3.3%	1.7%	1.4%	3.1%	5.4%	2.0%	3.7%	4.5%	5.3%	6.6%	3.2%	0.8%	4.3%	3.6%	6.1%	4.9%	3.9%	2.5%	5.6%	5.2%	4.1%	
	Toma de niveles y Plomada	6.0%	5.6%	4.6%	4.0%	4.2%	6.2%	3.9%	5.0%	5.2%	7.6%	4.2%	3.7%	4.7%	4.2%	7.2%	4.8%	5.3%	5.5%	6.1%	6.9%	2.9%	6.9%	7.1%	6.3%	6.0%	8.7%	3.0%	
	colocacion de cantillon	2.5%	4.6%	4.3%	4.6%	2.9%	4.8%	3.6%	4.5%	3.4%	5.1%	5.7%	2.8%	3.7%	4.9%	5.6%	5.2%	4.7%	4.7%	4.1%	7.8%	3.2%							
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Movimiento del material	11.6%	11.3%	13.8%	14.2%	10.5%	10.8%	10.0%	6.4%	4.8%	6.8%	6.9%	8.5%	11.3%	12.2%	8.4%	12.5%	9.7%	4.7%	4.6%	4.4%	7.9%	12.6%	11.4%	11.3%	14.7%	13.5%	14.2%	
	trazo en el material	5.3%	3.3%	4.0%	5.9%	4.9%	3.8%	5.8%	3.3%	2.5%	3.1%	5.1%	4.5%	4.3%	7.3%	4.7%	7.7%	5.3%	10.6%	4.1%	3.3%	5.4%	4.1%	5.9%	8.3%	2.0%	4.4%	4.5%	
	colocacion de topes	3.8%	4.6%	4.0%	4.6%	4.9%	4.8%	5.8%	4.8%	3.4%	4.5%	4.5%	3.3%	3.0%	4.5%	2.8%	2.6%	4.7%	6.3%	7.2%	3.6%	2.5%							
	Acarreo de material (madera )	3.1%	3.3%	4.0%	5.6%	5.6%	3.5%	2.7%	2.4%	4.8%	3.7%	3.3%	5.7%	4.0%	5.2%	1.9%	5.2%	4.4%	7.1%	2.3%	4.2%	6.5%	9.8%	6.3%	3.8%	6.7%	4.4%	2.2%	
	Recibir /dar instrucciones	1.9%	1.5%	1.8%	1.9%	4.6%	3.8%	2.4%	1.0%	1.6%	3.7%	2.4%	2.0%	2.7%	2.4%	0.0%	3.5%	4.7%	2.6%	3.9%	0.0%	0.0%	2.8%	2.8%	2.4%	2.1%	6.3%	3.2%	3.0%
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	4.1%	9.5%	8.0%	6.2%	6.9%	7.0%	5.2%	12.6%	11.8%	2.5%	0.0%	2.0%	3.7%	1.0%	3.1%	2.6%	3.5%	1.6%	5.2%	1.4%	2.9%	2.8%	2.0%	5.4%	0.0%	0.0%	6.0%	
	Trabajo rehecho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	12.9%	10.3%	11.9%	10.8%	10.5%	10.8%	12.7%	18.6%	24.9%	22.0%	21.3%	22.4%	14.0%	13.2%	16.5%	11.1%	13.3%	12.9%	16.8%	20.6%	19.1%	12.6%	18.4%	18.8%	19.4%	14.7%	24.0%	
	Ir a servicios higiénicos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%	0.0%	3.7%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%
	Viaje improductivo	3.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<b>TP</b>		42.5%	43.6%	41.0%	39.5%	41.2%	41.4%	44.5%	37.9%	36.3%	37.9%	41.1%	39.4%	42.3%	40.6%	41.1%	41.7%	41.3%	41.2%	42.6%	40.3%	43.5%	43.5%	42.7%	41.7%	39.3%	43.3%	39.0%	
<b>TC</b>		37.1%	36.7%	39.1%	43.5%	41.5%	40.9%	37.6%	29.0%	27.0%	37.6%	37.5%	32.5%	37.3%	45.1%	35.8%	44.6%	41.0%	44.3%	35.4%	37.8%	34.5%	41.1%	36.9%	34.2%	41.3%	39.3%	31.1%	
<b>TNC</b>		20.4%	19.7%	19.9%	17.0%	17.3%	17.7%	17.9%	33.1%	36.7%	24.6%	21.3%	28.0%	20.3%	14.2%	23.1%	13.7%	17.7%	14.5%	22.0%	21.9%	21.9%	15.4%	20.4%	24.2%	19.4%	17.5%	30.0%	

Fuente: Elaboración propia.





**ANEXO V:** Análisis de productividad en la sub-partida de CONCRETO por tipo de columnas, placas, vigas y losas aligeradas después de la aplicación de la metodología de las 5 “s”.

Sub-partida:  
**CONCRETO**

Tipo	Descripción de actividad	COLUMNAS									PLACAS		VIGAS										LOSA						
		C-1, C-3, C-10, C-12	C-2, C-5, C-8, C-11	C-4, C-6, C-7, C-9	C-13, C-14, C-15, C-16	C-17, C-18, C-19, C-20	C-21	C-22, C-23	PLACA 1	PLACA 2	VIGA DERECHA V-536, V-536, V-537, V-538, V-539	VIGA IZQUIERDA V-518, V-519, V-520, V-521, V-522, V-523	VIGA V-524	VIGA HORIZONTAL V-513, V-514	VIGAS HORIZONTAL V-515, V-516	VIGAS HORIZONTAL V-517, V-518	VIGAS HORIZONTAL V-511, V-512	VIGAS MEDIO V-526, V-527, V-528, V-529, V-530	VIGA V-501	VIGAS V-502, V-503, V-504, V-500	VIGAS V-505, V-506, V-507	VIGAS V-525, V-533	PAÑO F	PAÑO A	PAÑO B	PAÑO C	PAÑO D	PAÑO E	
<b>QUINTO PISO</b>																													
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación del concreto	10.6%	11.3%	10.7%	11.0%	10.4%	11.0%	10.8%	11.0%	11.3%	11.5%	10.8%	9.5%	9.5%	12.0%	10.0%	10.8%	12.7%	12.0%	8.7%	12.8%	9.5%	17.6%	17.0%	16.9%	17.2%	17.8%	17.6%	
	Sujección de la manguera	18.8%	21.3%	21.4%	22.1%	22.2%	19.4%	23.1%	21.4%	21.9%	12.3%	20.0%	18.9%	21.0%	17.6%	23.6%	24.2%	20.0%	18.0%	20.9%	24.0%	18.9%	15.5%	16.5%	15.9%	16.4%	16.9%	16.2%	
	Regleado de la losa																						15.5%	16.5%	15.9%	16.4%	16.9%	16.2%	
	Vibrado del concreto	10.6%	11.3%	10.7%	11.0%	10.4%	11.0%	10.8%	10.48%	9.4%	11.5%	10.8%	9.5%	8.6%	12.0%	10.0%	10.8%	12.7%	12.0%	9.6%	10.4%	9.5%	7.8%	8.3%	8.0%	8.2%	8.5%	8.1%	
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Desplazamiento de la manguera	5.6%	6.7%	5.7%	4.8%	5.2%	5.2%	5.4%	2.86%	2.5%	9.2%	4.6%	4.2%	4.8%	4.0%	5.5%	0.8%	2.7%	5.0%	3.5%	5.6%	6.3%	6.4%	6.4%	8.0%	9.8%	7.0%	9.6%	
	Movimiento de la vibradora	9.4%	6.7%	10.0%	8.3%	11.1%	9.0%	9.2%	10.00%	10.0%	13.1%	5.4%	10.5%	10.5%	13.6%	11.8%	11.7%	11.8%	13.0%	7.8%	7.2%	9.5%	6.4%	6.4%	8.0%	9.8%	7.0%	9.6%	
	Dispersión de la mezcla																						14.2%	17.9%	14.4%	19.5%	18.3%	16.2%	
	Colocación de topes / dados	3.1%	5.3%	5.0%	4.8%	5.2%	3.2%	4.6%	3.3%	3.8%	3.8%	6.2%	5.3%	6.7%	5.6%	6.4%	5.0%	3.6%	5.0%	5.2%	7.2%	6.3%	2.0%	4.1%	3.0%	2.0%	1.4%	3.3%	
	Instalación de la bomba telescópica	4.4%	7.3%	6.4%	6.9%	5.2%	4.5%	6.2%	2.9%	5.0%	4.6%	6.9%	6.3%	7.6%	2.4%	0.9%	2.5%	5.5%	5.0%	5.2%	3.2%	8.4%	6.4%	0.0%	0.0%	12.1%	0.0%	10.3%	
	lechado de la columna / vigas / losa	5.6%	6.7%	5.7%	5.5%	5.2%	5.2%	6.2%	1.0%	3.8%	5.4%	5.4%	4.2%	4.8%	4.0%	2.7%	3.3%	4.5%	5.0%	3.5%	3.2%	6.3%	3.0%	4.6%	3.0%	3.1%	4.7%	2.2%	
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Recibir /dar instrucciones	13.1%	5.3%	5.0%	4.8%	5.2%	14.8%	4.6%	2.9%	3.8%	3.1%	4.6%	5.3%	8.6%	5.6%	13.6%	6.7%	5.5%	5.0%	5.2%	4.8%	5.3%	3.7%	6.0%	3.0%	2.7%	3.8%	3.3%	
	Esperas	5.0%	14.0%	12.1%	7.6%	12.6%	3.2%	6.9%	7.1%	15.0%	5.4%	2.3%	6.3%	3.8%	2.4%	2.7%	4.2%	3.6%	6.0%	3.5%	3.2%	2.1%	1.7%	0.9%	5.5%	0.0%	2.3%	0.7%	
	Trabajo rehecho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Tiempo ocioso	10.0%	4.0%	7.1%	13.1%	7.4%	9.7%	12.3%	23.3%	13.8%	20.0%	23.1%	20.0%	14.3%	20.8%	12.7%	20.0%	17.3%	14.0%	27.0%	18.4%	17.9%	21.6%	18.3%	22.4%	9.0%	19.2%	12.5%	
RESUMEN	Ir a servicios higiénicos	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Viaje improductivo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	<b>TP</b>	40.0%	44.0%	42.9%	44.1%	43.0%	41.3%	44.6%	42.9%	42.5%	35.4%	41.5%	37.9%	39.0%	41.6%	43.6%	45.8%	45.5%	42.0%	39.1%	47.2%	37.9%	40.9%	41.7%	40.8%	41.8%	43.2%	41.9%	
<b>TC</b>	41.3%	38.0%	37.9%	35.2%	37.0%	41.9%	36.2%	22.9%	28.8%	39.2%	33.1%	35.8%	42.9%	35.2%	40.9%	30.0%	33.6%	38.0%	30.4%	31.2%	42.1%	35.8%	39.0%	31.3%	49.2%	35.2%	44.9%		
<b>TNC</b>	18.8%	18.0%	19.3%	20.7%	20.0%	16.8%	19.2%	34.3%	28.8%	25.4%	25.4%	26.3%	18.1%	23.2%	15.5%	24.2%	20.9%	20.0%	30.4%	21.6%	20.0%	23.3%	19.3%	27.9%	9.0%	21.6%	13.2%		
<b>SEXTO PISO</b>																													
TRABAJO PRODUCTIVO	Colocación del concreto	11.3%	10.7%	10.0%	11.1%	10.8%	11.0%	10.7%	9.2%	8.9%	9.6%	11.6%	13.3%	10.0%	11.4%	10.0%	9.5%	11.7%	9.6%	8.9%	10.9%	10.4%	18.2%	18.8%	19.2%	16.1%	19.9%	16.4%	
	Sujección de la manguera	21.3%	22.7%	20.0%	22.2%	21.7%	22.1%	24.3%	21.6%	22.2%	20.9%	18.9%	17.5%	23.3%	21.0%	18.0%	21.0%	21.7%	21.7%	23.0%	25.5%	20.0%	14.4%	16.1%	16.6%	16.1%	15.5%	14.7%	
	Regleado de la losa																						14.4%	16.1%	16.6%	16.1%	15.5%	14.7%	
	Vibrado del concreto	11.3%	10.7%	10.0%	11.1%	10.8%	11.0%	10.7%	8.1%	8.9%	10.4%	11.6%	12.5%	10.0%	11.4%	13.0%	9.5%	11.7%	11.3%	11.1%	11.8%	10.4%	7.2%	8.1%	8.3%	8.1%	7.8%	7.3%	
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Desplazamiento de la manguera	4.7%	5.3%	5.4%	4.4%	4.2%	4.1%	4.3%	3.2%	3.3%	3.5%	3.2%	4.2%	5.0%	5.7%	7.0%	5.7%	3.3%	3.5%	3.0%	0.9%	4.3%	5.3%	5.8%	7.9%	6.0%	7.8%	9.1%	
	Movimiento de la vibradora	9.3%	8.7%	10.0%	10.4%	9.2%	10.3%	7.1%	10.3%	10.6%	7.8%	8.4%	10.8%	10.8%	10.5%	10.0%	10.5%	10.0%	12.2%	14.1%	7.3%	13.0%	5.3%	5.8%	7.9%	6.0%	7.8%	9.1%	
	Dispersión de la mezcla																						11.7%	15.7%	19.2%	14.9%	21.8%	15.9%	
	Colocación de topes / dados	6.0%	4.7%	6.2%	3.0%	5.0%	3.4%	4.3%	3.2%	3.3%	3.5%	4.2%	5.0%	5.8%	5.7%	6.0%	5.7%	4.2%	4.3%	5.9%	0.0%	7.8%	3.4%	3.1%	0.0%	3.6%	1.5%	3.9%	
	Instalación de la bomba telescópica	7.3%	8.0%	7.7%	5.9%	6.7%	6.2%	10.0%	3.8%	3.3%	5.2%	6.3%	4.2%	2.5%	7.6%	1.0%	4.8%	5.0%	5.2%	2.2%	5.5%	2.6%	9.1%	0.0%	0.0%	10.9%	0.0%	12.1%	
	lechado de la columna / vigas / dados	6.0%	6.0%	7.7%	5.2%	5.8%	5.5%	5.0%	3.2%	3.3%	3.5%	3.2%	4.2%	5.0%	5.7%	7.0%	4.8%	3.3%	3.5%	3.0%	0.9%	4.3%	3.8%	5.4%	7.9%	4.8%	6.3%	2.6%	
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Recibir /dar instrucciones	7.3%	4.7%	6.2%	3.0%	4.2%	8.3%	4.3%	3.2%	3.3%	3.5%	4.2%	5.0%	5.8%	5.7%	12.0%	9.5%	5.0%	5.2%	4.4%	7.3%	3.5%	3.4%	5.8%	3.5%	1.6%	6.3%	3.9%	
	Esperas	6.7%	16.0%	16.9%	22.2%	10.8%	6.2%	17.9%	3.8%	17.8%	3.5%	4.2%	4.2%	3.3%	1.0%	0.0%	1.0%	2.5%	5.2%	4.4%	3.6%	4.3%	0.0%	0.4%	0.0%	1.6%	0.0%	0.9%	
	Trabajo rehecho	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Tiempo ocioso	8.7%	2.7%	0.0%	1.5%	10.8%	11.7%	1.4%	30.3%	15.0%	28.7%	24.2%	19.2%	18.3%	14.3%	16.0%	18.1%	21.7%	18.3%	20.0%	26.4%	19.1%	23.5%	20.6%	17.5%	16.1%	13.1%	13.4%	
RESUMEN	Ir a servicios higiénicos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	Viaje improductivo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	<b>TP</b>	44.0%	44.0%	40.0%	44.4%	43.3%	44.1%	45.7%	38.9%	40.0%	40.9%	42.1%	43.3%	43.3%	43.8%	41.0%	40.0%	45.0%	42.6%	43.0%	48.2%	40.9%	39.8%	43.0%	44.1%	40.3%	43.2%	38.4%	
<b>TC</b>	40.7%	37.3%	43.1%	31.9%	35.0%	37.9%	35.0%	27.0%	27.2%	27.0%	29.5%	33.3%	35.0%	41.0%	43.0%	41.0%	30.8%	33.9%	32.6%	21.8%	35.7%	36.7%	35.9%	38.4%	41.9%	43.7%	47.4%		
<b>TNC</b>	15.3%	18.7%	16.9%	23.7%	21.7%	17.9%	19.3%	34.1%	32.8%	32.2%	28.4%	23.3%	21.7%	15.2%	16.0%	19.0%	24.2%	23.5%	24.4%	30.0%	23.5%	23.5%	21.1%	17.5%	17.7%	13.1%	14.2%		

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO VI:** Cuadro comparativo de las pérdidas de mano de obra en cada elemento estructural **antes y después** de la aplicación de la metodología de las 5”s” del Lean Construction.

Esta tabla, es una compilación de las tablas de productividad en las sub-partidas de acero, encofrado y concreto por tipo de elemento estructural antes y después de la aplicación de la metodología de las 5”s” presentados en la tabla 4.19, anexo I, anexo II, anexo III, anexo IV, anexo V. Donde el valor del TNC representa el valor del porcentaje de “Pérdidas” que se muestran en la presente tabla; estos valores de “Pérdidas” en el acero, encofrado y concreto de cada elemento estructural son promediados para obtener un valor final del porcentaje de la pérdidas que se presentan en la mano de obra antes y después de la aplicación de la metodología de las 5”s” en cada elemento estructural.

Elemento estructural	Descripción de elemento estructural	ACERO		ENCOFRADO		CONCRETO		PROMEDIO	
		Pérdidas		Pérdidas		Pérdidas		Pérdidas	
		Pre aplicación Lean Construction	Post-aplicación Lean Construction	Pre aplicación Lean Construction	Post-aplicación Lean Construction	Pre aplicación Lean Construction	Post-aplicación Lean Construction	Pre aplicación Lean Construction	Post-aplicación Lean Construction
COLUMNAS	COLUMNAC-1,C-3,C-10 YC-12	30.8%	22.2%	36.3%	16.5%	33.9%	19.6%	<b>33.6%</b>	<b>19.4%</b>
	COLUMNAC-2,C-5,C-8 YC-11	32.3%	17.8%	33.3%	19.1%	34.9%	18.9%	<b>33.5%</b>	<b>18.6%</b>
	COLUMNAC-4,C-6,C-7 YC-9	34.9%	15.8%	34.9%	18.8%	35.4%	19.6%	<b>35.1%</b>	<b>18.0%</b>
	COLUMNAC-13,C-14,C-15 YC-16	33.4%	20.9%	35.5%	16.6%	36.0%	18.8%	<b>35.0%</b>	<b>18.8%</b>
	COLUMNAC-17,C-18,C-19 YC-20	35.1%	20.1%	37.4%	19.1%	32.3%	18.7%	<b>35.0%</b>	<b>19.3%</b>
	COLUMNAC-21	34.0%	20.9%	36.2%	18.7%	36.0%	17.3%	<b>35.4%</b>	<b>19.0%</b>
	COLUMNAC-22,C-23	32.8%	19.8%	34.7%	19.2%	37.6%	18.6%	<b>35.0%</b>	<b>19.2%</b>
	PLACA	PLACA 1	32.7%	23.0%	38.4%	35.7%	34.3%	34.8%	<b>35.1%</b>
PLACA 2		33.7%	28.9%	37.6%	37.5%	32.8%	35.7%	<b>34.7%</b>	<b>34.0%</b>
VIGAS	VIGA DERECHA V-135, V-136, V-137,V-138,V-139	32.2%	16.5%	35.8%	25.2%	34.1%	25.0%	<b>34.0%</b>	<b>22.2%</b>
	VIGA IZQUIERDA V-119, V-120, V-121 ,V-122, V-123	32.7%	24.9%	38.4%	24.0%	34.5%	23.4%	<b>35.2%</b>	<b>24.1%</b>
	VIGA V-124	31.2%	20.0%	38.8%	24.1%	35.0%	27.2%	<b>35.0%</b>	<b>23.8%</b>
	VIGA HORIZONTAL V-113, V-114	33.6%	17.7%	33.9%	20.7%	34.6%	19.2%	<b>34.0%</b>	<b>19.2%</b>
	VIGA HORIZONTAL V-115, V116,	32.7%	14.6%	34.4%	17.8%	33.4%	18.7%	<b>33.5%</b>	<b>17.0%</b>
	VIGA HORIZONTAL V117, V118	32.3%	15.0%	33.2%	19.4%	35.6%	19.3%	<b>33.7%</b>	<b>17.9%</b>
	VIGA HORIZONTAL V-111, V-112	32.7%	17.3%	34.4%	15.1%	33.4%	18.9%	<b>33.5%</b>	<b>17.1%</b>
	VIGA MEDIO V-126, V-127, V-128, V-129, V-130,	33.3%	17.3%	35.7%	16.6%	35.2%	19.3%	<b>34.7%</b>	<b>17.8%</b>
	VIGA V-101	33.7%	15.7%	36.0%	19.1%	32.3%	17.3%	<b>34.0%</b>	<b>17.4%</b>
	VIGA V-102, V-103, V-104,V-100	31.6%	20.6%	35.9%	21.3%	33.8%	26.2%	<b>33.8%</b>	<b>22.7%</b>
	VIGA V-105, V-106, V-107	34.0%	18.8%	36.7%	21.3%	36.3%	21.8%	<b>35.7%</b>	<b>20.6%</b>
VIGA V-125, V-133	33.5%	21.8%	38.4%	17.6%	35.0%	21.0%	<b>35.6%</b>	<b>20.1%</b>	
LOSA	PAÑO F	30.4%	21.9%	32.6%	15.3%	34.5%	19.4%	<b>32.5%</b>	<b>18.8%</b>
	PAÑO A	30.3%	20.3%	32.6%	20.8%	32.4%	19.8%	<b>31.8%</b>	<b>20.3%</b>
	PAÑO B	27.6%	24.2%	34.9%	22.3%	36.9%	26.0%	<b>33.1%</b>	<b>24.1%</b>
	PAÑO C	28.6%	19.9%	33.6%	19.6%	33.1%	14.2%	<b>31.7%</b>	<b>17.9%</b>
	PAÑO D	29.4%	19.0%	31.4%	15.6%	34.3%	19.5%	<b>31.7%</b>	<b>18.0%</b>
PAÑO E	30.9%	15.6%	32.0%	26.0%	33.9%	21.6%	<b>32.3%</b>	<b>21.1%</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO VII:** Cuadro comparativo de la productividad de la mano de obra en cada elemento estructural **antes y después** de la aplicación de la metodología de las 5”s” del Lean Construction.

Esta tabla se elaboró siguiendo el mismo procedimiento señalado para la tabla del ANEXO VI, donde los valores del TP representan el valor de la “Productividad” de cada elemento estructural en la sub-partida indicada.

Elemento estructural	Descripción de elemento estructural	ACERO		ENCOFRADO		CONCRETO		PROMEDIO	
		Productividad		Productividad		Productividad		Productividad	
		Pre aplicación Lean Construction	Post-aplicación Lean Construction	Pre aplicación Lean Construction	Post-aplicación Lean Construction	Pre aplicación Lean Construction	Post-aplicación Lean Construction	Pre aplicación Lean Construction	Post-aplicación Lean Construction
COLUMNAS	COLUMNAC-1,C-3,C-10 YC-12	23.6%	36.8%	32.7%	42.4%	20.6%	42.0%	25.6%	40.4%
	COLUMNAC-2,C-5,C-8 YC-11	25.3%	37.9%	36.3%	43.4%	24.8%	44.0%	28.8%	41.8%
	COLUMNAC-4,C-6,C-7 YC-9	23.8%	38.9%	34.8%	41.4%	25.4%	41.4%	28.0%	40.5%
	COLUMNAC-13,C-14,C-15 YC-16	25.5%	37.9%	34.0%	40.5%	22.0%	44.3%	27.2%	40.9%
	COLUMNAC-17,C-18,C-19 YC-20	25.8%	38.0%	32.9%	41.6%	22.2%	43.1%	27.0%	40.9%
	COLUMNAC-21	24.3%	37.1%	30.7%	41.9%	25.1%	42.7%	26.7%	40.5%
	COLUMNAC-22,C-23	25.7%	35.7%	33.8%	42.4%	23.2%	45.2%	27.5%	41.1%
PLACA	PLACA 1	33.6%	35.8%	35.2%	37.2%	41.2%	40.9%	36.7%	38.0%
	PLACA 2	28.5%	34.8%	38.0%	37.5%	39.7%	41.3%	35.4%	37.9%
VIGAS	VIGA DERECHA V-135, V-136, V- 137,V-138,V-139	23.7%	39.2%	31.1%	38.2%	40.0%	36.6%	31.6%	38.0%
	VIGA IZQUIERDA V-119, V- 120, V-121 ,V-122, V-123	28.7%	37.1%	29.2%	41.2%	40.5%	41.8%	32.8%	40.0%
	VIGA V-124	25.9%	37.9%	24.6%	40.7%	37.1%	40.6%	29.2%	39.8%
	VIGA HORIZONTAL V- 113, V-114	23.1%	38.3%	31.3%	42.7%	38.7%	41.2%	31.0%	40.7%
	VIGA HORIZONTAL V-115, V116,	24.3%	35.4%	31.6%	41.1%	42.5%	42.7%	32.8%	39.7%
	VIGA HORIZONTAL V117, V118	24.4%	35.1%	29.3%	40.9%	40.8%	42.3%	31.5%	39.5%
	VIGA HORIZONTAL V-111, V-112	24.3%	35.3%	31.6%	42.4%	41.6%	42.9%	32.5%	40.2%
	VIGA MEDIO V-126, V-127, V- 128, V-129, V-130,	25.4%	34.6%	30.8%	42.0%	40.7%	45.2%	32.3%	40.6%
	VIGA V-101	25.6%	35.2%	26.2%	40.9%	39.4%	42.3%	30.4%	39.5%
	VIGA V-102, V-103, V- 104,V-100	23.8%	34.7%	30.5%	42.7%	40.0%	41.0%	31.4%	39.5%
	VIGA V-105, V-106, V- 107	23.6%	34.4%	28.6%	41.0%	38.7%	47.7%	30.3%	41.0%
	VIGA V-125, V-133	23.8%	34.1%	25.6%	41.4%	37.1%	39.4%	28.8%	38.3%
LOSA	PAÑO F	26.5%	34.2%	32.4%	44.3%	28.3%	42.2%	29.1%	40.2%
	PAÑO A	27.6%	34.4%	34.7%	43.2%	32.2%	42.2%	31.5%	40.0%
	PAÑO B	31.9%	34.5%	28.6%	42.4%	28.7%	41.2%	29.8%	39.4%
	PAÑO C	33.4%	35.2%	32.7%	41.0%	28.5%	40.5%	31.5%	38.9%
	PAÑO D	32.2%	34.8%	34.5%	44.1%	30.9%	43.2%	32.5%	40.7%
	PAÑO E	33.0%	35.3%	36.4%	39.3%	26.6%	40.4%	32.0%	38.4%

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO VIII:** Resultados de la encuesta de “SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION”.

Para realizar esta encuesta, se capacitó a los obreros sobre las siete metodologías para la construcción que plantea el Lean Construction, para esto se usó la **Tabla 4.2.** “Cuadro comparativo de las metodologías Lean Construction” y la **ficha de encuesta** “Metodologías Lean Construction”. Los resultados de estas encuestas son mostrados en la **Tabla 4.3** “Valoración de las metodologías Lean Construction según criterios”, el que es producto de los resultados de las encuestas siguientes:

Criterio: COSTO DE IMPLEMENTACIÓN							
OBRERO	JUSTO A TIEMPO	KANBAN	ANDON	POKA YOKE	JIDOKA	KAIZEN	5 "S"
1	7	5	1	9	9	5	1
2	5	3	5	9	1	5	3
3	5	3	3	9	1	1	5
4	5	3	1	7	3	7	7
5	5	5	1	9	3	9	9
6	3	5	1	9	1	5	9
7	3	5	1	9	3	7	5
8	5	5	3	9	1	5	9
9	5	7	3	9	1	5	5
10	5	7	3	9	1	9	3
11	3	7	5	9	7	3	1
12	5	5	5	9	3	3	3
13	7	5	7	7	1	3	1
14	3	5	1	9	7	3	7
15	5	5	9	9	1	5	5
16	3	5	3	9	1	7	3
17	7	3	3	9	5	7	9
18	5	7	3	9	1	1	3
19	7	1	1	9	9	1	7
20	7	9	1	9	1	9	5
<b>PROMEDIO</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>8.8</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se valoran las respuestas según las escalas de Liker 1-9, señalados en el acápite: 4.1.2.1.1 “Criterios para la selección de la metodología Lean Construction”, estas respuestas son promediados para construir la tabla 4.3.

Criterio: TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN							
OBRERO	JUSTO A TIEMPO	KANBAN	ANDON	POKA YOKE	JIDOKA	KAIZEN	5 "S"
1	9	9	1	3	3	7	5
2	1	9	1	5	3	5	9
3	3	9	3	7	1	5	7
4	7	9	3	5	1	7	9
5	1	9	5	7	1	5	1
6	5	9	3	5	5	1	7
7	5	9	9	3	7	9	9
8	3	9	1	1	7	5	7
9	3	7	1	9	1	5	7
10	1	9	1	1	1	5	3
11	1	9	1	7	1	1	7
12	5	9	1	7	5	1	7
13	9	9	7	5	5	3	5
14	7	9	1	3	7	7	9
15	7	9	9	1	1	7	9
16	9	9	7	7	1	5	7
17	5	9	3	5	3	9	9
18	3	9	1	5	3	5	9
19	7	9	1	7	1	5	7
20	9	5	1	7	3	3	7
PROMEDIO	<b>5</b>	<b>8.7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>

Fuente: Elaboración propia.

Criterio: COMPLEJIDAD DE IMPLEMENTACIÓN							
OBRERO	JUSTO A TIEMPO	KANBAN	ANDON	POKA YOKE	JIDOKA	KAIZEN	5 "S"
1	7	1	1	9	3	5	9
2	5	3	1	7	1	5	9
3	9	5	3	5	3	3	9
4	7	7	1	5	1	7	9
5	7	7	3	1	5	3	9
6	9	5	5	3	5	7	9
7	5	9	5	7	1	7	9
8	9	1	5	5	1	5	9
9	9	3	1	5	3	5	7
10	1	3	7	7	5	1	9
11	9	5	5	3	7	9	7
12	3	7	3	1	5	1	9
13	7	5	3	3	1	7	9
14	7	7	7	5	1	7	9
15	7	7	1	5	3	3	9
16	9	5	1	7	3	5	9
17	7	5	3	5	5	5	9
18	9	5	3	5	3	5	9
19	7	3	1	5	1	5	9
20	7	7	1	5	3	5	9
PROMEDIO	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4.9</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>8.8</b>

Fuente: Elaboración propia.

Criterio: SEGURIDAD							
OBRERO	JUSTO A TIEMPO	KANBAN	ANDON	POKA YOKE	JIDOKA	KAIZEN	5 "S"
1	1	1	7	5	3	7	3
2	1	3	5	7	5	9	5
3	3	3	7	5	5	9	7
4	3	3	3	7	1	5	5
5	1	1	5	7	5	5	9
6	5	3	3	5	1	7	7
7	1	3	1	7	1	9	5
8	3	3	1	9	3	9	7
9	7	1	5	1	5	9	9
10	1	3	9	5	5	7	9
11	1	5	1	5	1	9	7
12	9	5	1	3	7	7	5
13	1	1	9	5	1	9	7
14	5	3	5	5	1	1	7
15	3	7	5	5	1	7	9
16	3	5	3	3	3	7	7
17	3	3	7	1	3	9	7
18	3	1	7	5	3	1	9
19	3	3	5	5	3	7	5
20	3	3	9	5	3	7	9
PROMEDIO	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4.9</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>6.9</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con el resultado de estas encuestas se construye la siguiente tabla:

ALTERNATIVAS Metodologías Lean Construction	CRITERIOS			
	Costo Implementación	Tiempo Implementación	Complejidad Implementación	Seguridad
JUSTO A TIEMPO	5	5	7	3
KANBAN	5	8.7	5	3
ANDON	3	3	3	4.9
POKA YOKE	8.8	5	4.9	5
JIDOKA	3	3	3	3
KAIZEN	5	5	5	7
5 "S"	5	7	8.8	6.9

Fuente: Elaboración propia.

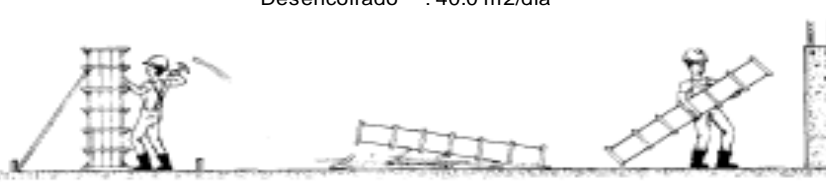
Los valores con decimales se redondeados al entero inmediato superior correspondiente a los números de la escala de Liker considerados. Los resultados finales de la encuesta son mostrados en la tabla 4.3.



**ANEXO IX:** Comparación de los costos unitarios obtenidos en la investigación con los costos unitarios establecidos por la Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO.

En la presente investigación, la productividad de la mano de obra de los elementos estructurales sometidos a prueba está dada en horas efectivas de trabajo, para determinar el costo unitario de los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas estudiadas, se tiene como dato el tiempo total de ejecución del proceso constructivo de cada partida (acero, encofrado y concreto) por cada elemento estructural y conocido su metrado respectivo, detalles con los que puede calcular el rendimiento por partida de cada elemento estructural estudiado. Obtenido el rendimiento de la mano de obra de la investigación se puede comparar con el planteado por CAPECO y a su vez comparar los costos unitarios, ya que la estructura de los recursos utilizados en el análisis de los costos unitarios planteados por CAPECO son estandarizados, sólo varía el rendimiento ya sea lo concerniente a la mano de obra o el de los equipos y/o herramientas; para fines de esta investigación sólo se consideró el rendimiento de la mano de obra.

Esto se puede demostrar con la tabla siguiente correspondiente al costo unitario de la partida de **encofrado y desencofrado de columna (típica)** establecido por CAPECO, donde la cantidad de los aportes de los recursos de materiales, mano de obra y herramientas son cantidades constantes, al igual que los precios unitarios, en tanto que el rendimiento es el componente variable.

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO						
Obra :					Hoja N° :	023
Propietario :					Hecho por :	
Ubicación :					Revisado por :	
					Fecha :	
<b>PARTIDA N°</b> :	Encofrado y desencofrado de columna (típica)				Unidad :	m2
<b>Especificaciones</b> :	Madera tornillo en bruto					
Cuadrilla :	Encofrado	: 0,10 capataz + 1 operario + 1 oficial : habilitación				
	Desencofrado	: 1 oficial + 2 peones				
	Habilitación	: 40.0 m2/día				
Rendimiento :	Encofrado	: 10.0m2/día				
	Desencofrado	: 40.0 m2/día				
						
Descripción	Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total	I.U.
<b>MATERIALES</b>						
Madera Tornillo	p2	5,16				43
Clavos de 3"	kg	0,17				02
Alambre negro N°8	kg	0,30				02
Costo de Material						
<b>MANO DE OBRA</b>						
Capataz	hh	0,10				47
Operario	hh	1,00				47
Oficial	hh	1,20				47
Peón	hh	0,40				47
Costo de Mano de Obra						
<b>EQUIPO, HERRAMIENTAS</b>						
Herramientas: 3% M. Obra		0,03				37
Costo de Equipo, Herram.						
<b>TOTAL</b>						

Fuente: CAPECO (2003:119)

Entonces para hacer la comparación de los costos unitarios de la investigación antes y después de la aplicación de la metodología de las 5"s" del Lean Construction respecto al costo unitario planteado por CAPECO, sólo es necesario realizar la comparación de los rendimientos respectivos.

Al igual que para el caso de la productividad, para calcular el rendimiento de la mano de la obra, se realizó el metrado sólo de los elementos estructurales seleccionados según la agrupación realizada.



IX. 1.- Metrado de los elementos estructurales.

PLANILLA DE METRADOS - RESIDENCIAL "GOLD SAN FRANCISCO"													
PROYECTO: CONSTRUCCION DE CONDOMINIO MULTIFAMILIAR "GOLD SAN FRANCISCO"													
UBICACIÓN: SAN SEBASTIAN, CUSCO, CUSCO													
LUGAR:													
FECHA:													
Partida N°	Especificaciones	N° de veces	N° de Elementos	k factor	MEDIDAS					Parcial	Sub total	Total	Und.
					Largo	Ancho	Altura	Espesor	Area				
02.00.00	<b>ESTRUCTURAS</b>												
02.03.00	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>												
02.03.02	<b>COLUMNAS</b>												
02.03.02.01	<b>CONCRETO f'c 245 kg/cm2 PARA COLUMNAS del SEGUNDO al SEXTO NIVEL</b>											3.50	M3
	C1, C3, C10 y C12	1.00	1.00		0.40	0.40	2.45			0.39	0.39		
	C2, C5, C8 y C11	1.00	1.00		0.70	0.30	2.45			0.51	0.51		
	C4, C6, C7 y C9	1.00	1.00		0.50	0.40	2.45			0.49	0.49		
	C13, C14, C15 y C16	1.00	1.00		0.30	0.70	2.45			0.51	0.51		
	C17, C18, C19 y C20	1.00	1.00		0.80	0.30	2.45			0.59	0.59		
	C21	1.00	1.00		0.50	0.50	2.45			0.61	0.61		
	C22 y C23	1.00	1.00		0.40	0.40	2.45			0.39	0.39		
02.03.02.02	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA COLUMNAS del SEGUNDO al SEXTO NIVEL</b>											32.34	M2
	C1, C3, C10 y C12	1.00	1.00		0.40	0.40	2.45			3.92	3.92		
	C2, C5, C8 y C11	1.00	1.00		0.70	0.30	2.45			4.90	4.90		
	C4, C6, C7 y C9	1.00	1.00		0.50	0.40	2.45			4.41	4.41		
	C13, C14, C15 y C16	1.00	1.00		0.30	0.70	2.45			4.90	4.90		
	C17, C18, C19 y C20	1.00	1.00		0.80	0.30	2.45			5.39	5.39		
	C21	1.00	1.00		0.50	0.50	2.45			4.90	4.90		
	C22 y C23	1.00	1.00		0.40	0.40	2.45			3.92	3.92		
02.03.02.03	<b>ACERO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60 PARA COLUMNAS</b>									Ver hoja de metrados de acero			KG
02.03.04	<b>VIGAS</b>												
02.03.04.01	<b>CONCRETO f'c=245 kg/cm2 PARA VIGAS del SEGUNDO al SEXTO NIVEL</b>											5.59	M3
	V-135, V-136, V-137, V-138, V-139 y V-140	1.00	1.00		3.62	0.25	0.40			0.36	0.36		
	V-119, V-120, V-121, V-122, V-123, V-108 y V-109	1.00	1.00		3.62	0.25	0.40			0.36	0.36		
	V-124	1.00	1.00		2.79	0.25	0.40			0.28	0.28		
	V-117 y V-118	1.00	1.00		5.97	0.25	0.50			0.75	0.75		
	V-115 y V-116	1.00	1.00		5.97	0.25	0.50			0.75	0.75		
	V-113 y V-114	1.00	1.00		5.97	0.25	0.50			0.75	0.75		
	V-111 y V-112	1.00	1.00		5.97	0.25	0.50			0.75	0.75		
	V-126, V-127, V-128, V-129 y V-130	1.00	1.00		3.62	0.25	0.40			0.36	0.36		
	V-101	1.00	1.00		2.57	0.25	0.40			0.26	0.26		
	V-102, V-103, V-104 y V-100	1.00	1.00		3.02	0.25	0.40			0.30	0.30		
	V-105, V-106 y V-107	1.00	1.00		3.02	0.25	0.40			0.30	0.30		
	V-125 y V-133	1.00	1.00		3.78	0.25	0.40			0.38	0.38		
02.03.04.02	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA VIGAS del SEGUNDO al SEXTO NIVEL</b>											57.19	M2
	V-135, V-136, V-137, V-138, V-139 y V-140	1.00	1.00		3.62	0.25	0.40			3.80	3.80		
	V-119, V-120, V-121, V-122, V-123, V-108 y V-109	1.00	1.00		3.62	0.25	0.40			3.80	3.80		
	V-124	1.00	1.00		2.79	0.25	0.40			2.93	2.93		
	V-117 y V-118	1.00	1.00		5.97	0.25	0.50			7.46	7.46		
	V-115 y V-116	1.00	1.00		5.97	0.25	0.50			7.46	7.46		
	V-113 y V-114	1.00	1.00		5.97	0.25	0.50			7.46	7.46		
	V-111 y V-112	1.00	1.00		5.97	0.25	0.50			7.46	7.46		
	V-126, V-127, V-128, V-129 y V-130	1.00	1.00		3.62	0.25	0.40			3.80	3.80		
	V-101	1.00	1.00		2.57	0.25	0.40			2.70	2.70		
	V-102, V-103, V-104 y V-100	1.00	1.00		3.02	0.25	0.40			3.17	3.17		
	V-105, V-106 y V-107	1.00	1.00		3.02	0.25	0.40			3.17	3.17		
	V-125 y V-133	1.00	1.00		3.78	0.25	0.40			3.97	3.97		
02.03.04.03	<b>ACERO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60 PARA VIGAS</b>									Ver hoja de metrados de acero			KG
02.03.05	<b>LOSAS ALIGERADAS</b>												
02.03.05.01	<b>CONCRETO f'c=245 kg/cm2 PARA LOSA ALIGERADA</b>			m3/m2								22.16	M3
	PAÑO A	1.00	1.00	0.09	8.12	3.55				2.65	2.65		
	PAÑO B	1.00	1.00	0.09	5.15	3.05				1.45	1.45		
	PAÑO C	1.00	1.00	0.09	22.50	1.30				2.69	2.69		
	PAÑO D	1.00	1.00	0.09	7.55	1.65				1.15	1.15		
	PAÑO E	1.00	1.00	0.09	13.08	6.53				7.86	7.86		
	PAÑO F	1.00	1.00	0.09	13.08	5.29				6.37	6.37		
02.03.09.02	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA LOSA ALIGERADA</b>											240.85	M2
	PAÑO A	1.00	1.00		8.12	3.55				28.83	28.83		
	PAÑO B	1.00	1.00		5.15	3.05				15.71	15.71		
	PAÑO C	1.00	1.00		22.50	1.30				29.25	29.25		
	PAÑO D	1.00	1.00		7.55	1.65				12.46	12.46		
	PAÑO E	1.00	1.00		13.08	6.53				85.41	85.41		
	PAÑO F	1.00	1.00		13.08	5.29				69.19	69.19		
02.03.09.03	<b>ACERO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60 PARA LOSA ALIGERADA</b>									Ver hoja de metrados de acero			KG
02.03.07	<b>CAJA DE ASCENSORES Y SIMILARES</b>												
02.03.07.01	<b>CONCRETO f'c=245 kg/cm2 PARA CAJA DE ASCENSORES Y SIMILARES</b>											1.84	M3
	PLACA 1	1.00	1.00		1.80	0.20	2.55			0.92	0.92		
	PLACA 2	1.00	1.00		1.80	0.20	2.55			0.92	0.92		
02.03.07.02	<b>ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA CAJA DE ASCENSORES Y SIMILARES</b>											20.40	M2
	PLACA 1	1.00	1.00		4.00		2.55			10.20	10.20		
	PLACA 2	1.00	1.00		4.00		2.55			10.20	10.20		
02.03.07.03	<b>ACERO FY=4200 KG/CM2 GRADO 60 PARA CAJA DE ASCENSORES Y SIMILARES</b>									Ver hoja de metrados de acero			KG

Fuente: Elaboración propia.



PLANILLA DE METRADOS ACERO EN PLACAS Y COLUMNAS

OBRA : RESIDENCIAL "GOLD SAN FRANCISCO"  
 EJECUTA : GRUPO INMOBILIARIO "LOS FAROS"

HECHO POR:

Partida	Descripción	Diseño	Ø	Nº Elemento Iguales	Nº Piezas por Elemento	Longitud por Pieza (m)	Longitud Parcial (m)	Clasificación (m)						Peso Parcial kg	Peso Total kg
								REQUERIDO							
								1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"		
<b>SEGUNDO Y TERCER PISO</b>															
<b>PLACA 1</b>															
	ACERO VERTICAL		1/2"	2	9	3.00	54.00		54.00					53.68	
	ACERO HORIZONTAL		3/8"	1	20	2.34	46.80		46.80					26.21	
	ACERO PRINCIPAL		5/8"	2	4	3.00	24.00			24.00				37.25	
	ESTRIBOS DE CONFINAMIENTO		3/8"	2	20	0.74	29.60		29.60					16.58	
<b>133.71</b>															
<b>PLACA 2</b>															
	ACERO VERTICAL		1/2"	2	9	3.00	54.00		54.00					53.68	
	ACERO HORIZONTAL		3/8"	1	20	2.34	46.80		46.80					26.21	
	ACERO PRINCIPAL		5/8"	2	4	3.00	24.00			24.00				37.25	
	ESTRIBOS DE CONFINAMIENTO		3/8"	2	20	0.74	29.60		29.60					16.58	
<b>133.71</b>															
<b>COLUMNAS: C1, C3, C10 y C12</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	8	3.00	24.00				24.00			53.64	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.60	32.00		32.00					17.92	
<b>71.56</b>															
<b>COLUMNAS: C2, C5, C8 y C11</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	4	3.00	12.00				12.00			26.82	
	ACERO PRINCIPAL		5/8"	1	4	3.00	12.00			12.00				18.62	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.99	39.80		39.80					22.29	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.17	23.40		23.40					13.10	
<b>80.84</b>															
<b>COLUMNAS: C4, C6, C7 y C9</b>															
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	22	3.00	66.00		66.00					65.60	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.78	35.60		35.60					19.94	
	ZETAS		1/2"	2	20	0.65	26.00			26.00				25.84	
	ZETAS		1/2"	2	20	0.55	22.00			22.00				21.87	
<b>133.25</b>															
<b>COLUMNAS: C13, C14, C15 y C16</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	4	3.00	12.00				12.00			26.82	
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	8	3.00	24.00			24.00				23.86	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.99	39.80		39.80					22.29	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.15	23.00		23.00					12.88	
<b>85.84</b>															
<b>COLUMNAS: C17, C18, C19 y C20</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	4	3.00	12.00				12.00			26.82	
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	10	3.00	30.00			30.00				29.82	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	2.19	43.80		43.80					24.53	
	ZETAS		1/2"	2	20	0.45	18.00			18.00				17.89	
<b>82.21</b>															
<b>COLUMNA: C21</b>															
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	16	3.00	48.00		48.00					47.71	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.78	35.60		35.60					19.94	
	ESTRIBOS		3/8"	2	20	0.65	26.00		26.00					14.56	
<b>82.21</b>															
<b>COLUMNAS: C22 y C23</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	4	3.00	12.00				12.00			26.82	
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	4	3.00	12.00			12.00				11.93	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.59	31.80		31.80					17.81	
<b>56.56</b>															
<b>QUINTO Y SEXTO PISO</b>															
<b>PLACA 1</b>															
	ACERO VERTICAL		1/2"	2	9	3.00	54.00		54.00					53.68	
	ACERO HORIZONTAL		3/8"	1	20	2.34	46.80		46.80					26.21	
	ACERO PRINCIPAL		5/8"	2	4	3.00	24.00			24.00				37.25	
	ESTRIBOS DE CONFINAMIENTO		3/8"	2	20	0.74	29.60		29.60					16.58	
<b>133.71</b>															
<b>PLACA 2</b>															
	ACERO VERTICAL		1/2"	2	9	3.00	54.00		54.00					53.68	
	ACERO HORIZONTAL		3/8"	1	20	2.34	46.80		46.80					26.21	
	ACERO PRINCIPAL		5/8"	2	4	3.00	24.00			24.00				37.25	
	ESTRIBOS DE CONFINAMIENTO		3/8"	2	20	0.74	29.60		29.60					16.58	
<b>133.71</b>															
<b>COLUMNAS: C1, C3, C10 y C12</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	4	3.00	12.00				12.00			26.82	
	ACERO PRINCIPAL		5/8"	1	4	3.00	12.00			12.00				18.62	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.60	32.00		32.00					17.92	
<b>63.36</b>															
<b>COLUMNAS: C2, C5, C8 y C11</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	4	3.00	12.00				12.00			26.82	
	ACERO PRINCIPAL		5/8"	1	4	3.00	12.00			12.00				18.62	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.80	36.00		36.00					20.16	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.12	22.40		22.40					12.54	
<b>78.15</b>															
<b>COLUMNAS: C4, C6, C7 y C9</b>															
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	18	3.00	54.00		54.00					53.68	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.78	35.60		35.60					19.94	
	ZETAS		3/8"	1	20	0.65	13.00			13.00				7.28	
	ZETAS		1/2"	2	20	0.55	22.00			22.00				21.87	
<b>102.76</b>															
<b>COLUMNAS: C13, C14, C15 y C16</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	4	3.00	12.00				12.00			26.82	
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	8	3.00	24.00			24.00				23.86	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.99	39.80		39.80					22.29	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.15	23.00		23.00					12.88	
<b>85.84</b>															
<b>COLUMNAS: C17, C18, C19 y C20</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	4	3.00	12.00				12.00			26.82	
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	10	3.00	30.00			30.00				29.82	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	2.19	43.80		43.80					24.53	
	ZETAS		1/2"	2	20	0.45	18.00			18.00				17.89	
<b>99.06</b>															
<b>COLUMNA: C21</b>															
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	16	3.00	48.00		48.00					47.71	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.78	35.60		35.60					19.94	
	ESTRIBOS		3/8"	2	20	0.65	26.00		26.00					14.56	
<b>82.21</b>															
<b>COLUMNAS: C22 y C23</b>															
	ACERO PRINCIPAL		3/4"	1	4	3.00	12.00				12.00			26.82	
	ACERO PRINCIPAL		1/2"	1	4	3.00	12.00			12.00				11.93	
	ESTRIBOS		3/8"	1	20	1.59	31.80		31.80					17.81	
<b>56.56</b>															

Fuente: Elaboración propia.

PLANILLA DE METRADOS ACERO EN VIGAS

OBRA : RESIDENCIAL "GOLD SAN FRANCISCO"  
 EJECUTA : GRUPO INMOBILIARIO LOS FAROS

HECHO POR: Br. Ing. Wilber E. Corahua Romero

REVISADO :

Partida	Descripción	Diseño	Ø	Nº Elemento Iguales	Nº Piezas por Elemento	Longitud por Pieza (m)	Empalmes (m)	Longitud Parcial (m)	Clasificación (m)					Peso parcial (kg)	Peso Total (kg)	
									1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"			1"
									0.248	0.56	0.994	1.552	2.235			3.973
<b>VIGAS: del 2DO al 6TO PISO</b>																
<b>V-235, V-236, V-237, V-238, V-239 y V-240 (0.25 x 0.40)</b>																
<b>Viga: V-237</b>																
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	3	4.12		12.36			12.36		19.18			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	3	4.12		12.36			12.36		19.18			
	ESTRIBOS		3/8"	1	29	1.14		33.06	33.06				18.51			
<b>V-219, V-220, V-221, V-222, V-223, V-208 y V-209 (0.25 x 0.40)</b>																
<b>Viga: V-219</b>																
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	3	4.12		12.36			12.36		19.18			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	3	4.12		12.36			12.36		19.18			
	ESTRIBOS		3/8"	1	29	1.14		33.06	33.06				18.51			
<b>V-224 (0.25 x 0.40)</b>																
<b>Viga: V-224</b>																
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	3	3.44		10.32			10.32		16.02			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	3	3.44		10.32			10.32		16.02			
	ESTRIBOS		3/8"	1	24	1.14		27.36	27.36				15.32			
<b>V-217 y V-218 (0.25 x 0.50)</b>																
<b>Viga: V-217 y V-218</b>																
	ACERO SUPERIOR		3/4"	1	2	7.02		14.04			14.04		31.38			
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	1	7.02		7.02		7.02		10.90				
	ACERO INFERIOR		3/4"	1	2	7.02		14.04			14.04		31.38			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	1	7.02		7.02		7.02		10.90				
	ESTRIBOS		3/8"	1	41	1.34		54.94	54.94				30.77			
<b>V-215 y V-216 (0.25 x 0.50)</b>																
<b>Viga: V-215 y V-216</b>																
	ACERO SUPERIOR		3/4"	1	2	7.02		14.04			14.04		31.38			
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	1	7.02		7.02		7.02		10.90				
	ACERO INFERIOR		3/4"	1	2	7.02		14.04			14.04		31.38			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	1	7.02		7.02		7.02		10.90				
	ESTRIBOS		3/8"	1	41	1.34		54.94	54.94				30.77			
<b>V-213 y V-214 (0.25 x 0.50)</b>																
<b>Viga: V-213 y V-214</b>																
	ACERO SUPERIOR		3/4"	1	2	7.02		14.04			14.04		31.38			
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	1	7.02		7.02		7.02		10.90				
	ACERO INFERIOR		3/4"	1	2	7.02		14.04			14.04		31.38			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	1	7.02		7.02		7.02		10.90				
	ESTRIBOS		3/8"	1	41	1.34		54.94	54.94				30.77			
<b>V-211 y V-212 (0.25 x 0.50)</b>																
<b>Viga: V-211 y V-212</b>																
	ACERO SUPERIOR		3/4"	1	2	7.02		14.04			14.04		31.38			
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	1	7.02		7.02		7.02		10.90				
	ACERO INFERIOR		3/4"	1	2	7.02		14.04			14.04		31.38			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	1	7.02		7.02		7.02		10.90				
	ESTRIBOS		3/8"	1	41	1.34		54.94	54.94				30.77			
<b>V-226, V-227, V-228, V-229 y V-230 (0.25 x 0.40)</b>																
<b>Viga: V-228</b>																
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	3	4.12		12.36			12.36		19.18			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	3	4.12		12.36			12.36		19.18			
	ESTRIBOS		3/8"	1	29	1.14		33.06	33.06				18.51			
<b>V-201 (0.25 x 0.40)</b>																
<b>Viga: V-201</b>																
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	3	3.97		11.91			11.91		18.48			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	3	3.97		11.91			11.91		18.48			
	ESTRIBOS		3/8"	1	23	1.14		26.22	26.22				14.68			
<b>V-202, V-203, V-204 y V-200 (0.25 x 0.40)</b>																
<b>Viga: V-202</b>																
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	2	3.52		7.04			7.04		10.93			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	2	3.52		7.04			7.04		10.93			
	ESTRIBOS		3/8"	1	26	1.14		29.64	29.64				16.60			
<b>V-205, V-206 y V-207 (0.25 x 0.40)</b>																
<b>Viga: V-206</b>																
	ACERO SUPERIOR		3/4"	1	2	3.52		7.04			7.04		15.73			
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	1	3.52		3.52		3.52		5.46				
	ACERO INFERIOR		3/4"	1	2	3.52		7.04			7.04		15.73			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	1	3.52		3.52		3.52		5.46				
	ESTRIBOS		3/8"	1	25	1.14		28.50	28.50				15.96			
<b>V-225 y V-233 (0.25 x 0.40)</b>																
<b>Viga: V-233</b>																
	ACERO SUPERIOR		5/8"	1	3	4.68		14.04			14.04		21.79			
	ACERO INFERIOR		5/8"	1	3	4.68		14.04			14.04		21.79			
	ESTRIBOS		3/8"	1	29	1.14		33.06	33.06				18.51			

Fuente: Elaboración propia.



OBRA : RESIDENCIAL "GOLD SAN FRANCISCO"  
 EJECUTA : GRUPO INMOBILIARIO LOS FAROS

PLANILLA DE METRADOS DE ACERO EN LOSAS

HECHO POR: Br. Ing. Wilber E. Corahua Romero

Partida	Descripción	Diseño	Ø	Nº Elemento Iguales	Nº Piezas por Elemento	Longitud por Pieza (m)	Longitud Parcial (m)	Clasificación (m)						Peso Parcial kg	Peso Total kg
								1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"		
								0.248	0.56	0.994	1.552	2.235	3.973		
<b>LOSAS ALIGERADAS: del SEGUNDO al SEXTO PISO</b>															
<b>PAÑO A</b>															
	ACERO POSITIVO		1/2"	1	7	5.24	36.68			36.68					36.46
	ACERO POSITIVO		1/4"	1	7	3.50	24.50	24.50							6.08
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	7	3.57	24.99		24.99						13.99
	ACERO NEGATIVO		1/2"	1	7	1.70	11.90			11.90					11.83
	ACERO NEGATIVO		3/8"	2	7	0.90	12.60			12.60					7.06
	ACERO NEGATIVO		1/4"	2	7	1.00	14.00	14.00							3.47
	ACERO TEMPERATURA		1/4"	1	30	3.55	106.50	106.50							26.41
	ACERO DE TEMPERATURA		1/4"	1	7	8.12	56.84	56.84							14.10
<b>PAÑO B</b>															
	ACERO POSITIVO		1/2"	1	7	5.24	36.68			36.68					36.46
	ACERO POSITIVO		1/4"	1	7	3.50	24.50	24.50							6.08
	ACERO NEGATIVO		3/8"	2	7	1.00	14.00		14.00						7.84
	ACERO NEGATIVO		1/4"	2	7	0.90	12.60	12.60							3.12
	ACERO TEMPERATURA		1/4"	1	18	3.05	54.90	54.90							13.62
	ACERO DE TEMPERATURA		1/4"	1	7	5.15	36.05	36.05							8.94
<b>PAÑO C</b>															
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	4	1.10	4.40		4.40						2.46
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	4	3.50	14.00		14.00						7.84
	ACERO POSITIVO		1/2"	1	4	12.60	50.40			50.40					50.10
	ACERO POSITIVO		1/2"	1	4	1.70	6.80			6.80					6.76
	ACERO POSITIVO		1/2"	1	4	2.70	10.80			10.80					10.74
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	4	3.80	15.20		15.20						8.51
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	4	5.70	22.80		22.80						12.77
	ACERO POSITIVO		1/2"	1	4	5.23	20.92			20.92					20.79
	ACERO POSITIVO		1/4"	1	4	3.50	14.00	14.00							3.47
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	4	1.14	4.56		4.56						2.55
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	4	1.50	6.00	6.00							1.49
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	4	2.50	10.00		10.00						5.60
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	4	2.10	8.40	8.40							2.08
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	4	2.80	11.20		11.20						6.27
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	4	2.30	9.20	9.20							2.28
	ACERO NEGATIVO		1/2"	1	4	2.40	9.60			9.60					9.54
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	4	1.40	5.60	5.60							1.39
	ACERO NEGATIVO		1/2"	1	4	4.80	19.20			19.20					19.08
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	4	4.00	16.00	16.00							3.97
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	4	1.00	4.00		4.00						2.24
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	4	0.90	3.60	3.60							0.89
	ACERO TEMPERATURA		1/4"	1	82	1.30	106.60	106.60							26.44
	ACERO DE TEMPERATURA		1/4"	1	4	22.50	90.00	90.00							22.32
<b>PAÑO D</b>															
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	4	3.60	14.40		14.40						8.06
	ACERO POSITIVO		1/2"	1	4	5.24	20.96			20.96					20.83
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	4	3.50	14.00		14.00						7.84
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	4	4.51	18.04		18.04						10.10
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	4	4.36	17.44	17.44							4.33
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	4	1.00	4.00		4.00						2.24
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	4	0.90	3.60	3.60							0.89
	ACERO TEMPERATURA		1/4"	1	28	1.65	46.20	46.20							11.46
	ACERO DE TEMPERATURA		1/4"	1	3	7.55	22.65	22.65							5.62
<b>PAÑO E</b>															
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	15	3.40	51.00		51.00						28.56
	ACERO POSITIVO		1/4"	2	15	4.70	141.00	141.00							34.97
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	15	4.70	70.50		70.50						39.48
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	15	1.90	28.50		28.50						15.96
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	15	1.50	22.50		22.50						12.60
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	15	1.14	17.10	17.10							4.24
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	15	5.30	79.50		79.50						44.52
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	15	4.70	70.50	70.50							17.48
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	15	3.10	46.50		46.50						26.04
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	15	2.90	43.50	43.50							10.79
	ACERO TEMPERATURA		1/4"	1	47	6.53	306.91	306.91							76.11
	ACERO DE TEMPERATURA		1/4"	1	14	13.08	183.12	183.12							45.41
<b>PAÑO F</b>															
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	12	14.60	175.20		175.20						98.11
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	12	4.70	56.40		56.40						31.58
	ACERO POSITIVO		3/8"	1	12	1.30	15.60		15.60						8.74
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	12	1.14	13.68		13.68						7.66
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	12	1.50	18.00	18.00							4.46
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	12	4.40	52.80		52.80						29.57
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	12	5.20	62.40	62.40							15.48
	ACERO NEGATIVO		3/8"	1	12	2.20	26.40		26.40						14.78
	ACERO NEGATIVO		1/4"	1	12	1.80	21.60	21.60							5.36
	ACERO TEMPERATURA		1/4"	1	47	5.29	248.63	248.63							61.66
	ACERO DE TEMPERATURA		1/4"	1	12	13.08	156.96	156.96							38.93

Fuente: Elaboración propia.

**IX. 2.- Registro del tiempo de trabajo en los elementos estructurales en estudio.**

En los elementos estructurales seleccionados, así como se realizó su metrado respectivo, también se registra su tiempo de trabajo del proceso constructivo de la partida respectiva, la que se muestra en la tabla siguiente:

Elemento estructural	Descripción de elemento estructural	PRE-APLICACIÓN LEAN CONSTRUCTION						POST-APLICACIÓN LEAN CONSTRUCTION					
		ACERO		ENCOFRADO		CONCRETO		ACERO		ENCOFRADO		CONCRETO	
		PISO 2	PISO 3	PISO 2	PISO 3	PISO 2	PISO 3	PISO 5	PISO 6	PISO 5	PISO 6	PISO 5	PISO 6
		Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)	Tiempo (min)
COLUMNAS	COLUMNA C-1, C-3, C-10 y C-12	100.0	94.0	121.0	128.0	32.0	28.0	89.0	94.0	104.0	106.0	32.0	30.0
	COLUMNA C-2, C-5, C-8 y C-11	106.0	99.0	136.0	130.0	29.0	32.0	104.0	104.0	112.0	130.0	30.0	30.0
	COLUMNA C-4, C-6, C-7 y C-9	104.0	100.0	126.0	138.0	27.0	30.0	96.0	93.0	115.0	109.0	28.0	26.0
	COLUMNA C-13, C-14, C-15 y C-16	104.0	114.0	128.0	119.0	32.0	28.0	92.0	98.0	113.0	108.0	29.0	27.0
	COLUMNA C-17, C-18, C-19 y C-20	119.0	110.0	130.0	123.0	32.0	31.0	94.0	86.0	110.0	102.0	27.0	24.0
	COLUMNA C-21	105.0	112.0	112.0	106.0	29.0	34.0	99.0	104.0	130.0	124.0	31.0	29.0
	COLUMNA C-22, C-23	104.0	94.0	133.0	127.0	33.0	30.0	88.0	96.0	106.0	110.0	26.0	28.0
PLACAS	PLACA 1	155.0	169.0	157.0	140.0	42.0	39.0	148.0	169.0	157.0	140.0	42.0	37.0
	PLACA 2	138.0	145.0	160.0	147.0	31.0	36.0	134.0	144.0	160.0	147.0	31.0	36.0
VIGAS	VIGAS DERECHA V-135, V-136, V-137, V-138, V-139	106.0	109.0	120.0	118.0	25.0	23.0	101.0	109.0	114.0	118.0	27.0	23.0
	VIGAS IZQUIERDA V-119, V-120, V-121, V-122, V-123	128.0	135.0	120.0	128.0	23.0	27.0	135.0	123.0	114.0	124.0	26.0	21.0
	VIGAS V-124	88.0	109.0	85.0	84.0	22.0	19.0	107.0	96.0	85.0	82.0	19.0	24.0
	VIGAS HORIZONTAL V-117, V-118	91.0	93.0	105.0	105.0	22.0	22.0	91.0	95.0	99.0	107.0	22.0	20.0
	VIGAS HORIZONTAL V-115, V-116	93.0	96.0	106.0	110.0	25.0	23.0	89.0	92.0	92.0	96.0	25.0	21.0
	VIGAS HORIZONTAL V-113, V-114	92.0	95.0	105.0	110.0	24.0	21.0	91.0	94.0	106.0	100.0	21.0	24.0
	VIGAS HORIZONTAL V-111, V-112	93.0	96.0	106.0	110.0	25.0	23.0	92.0	97.0	99.0	91.0	24.0	21.0
	VIGAS MEDIO V-126, V-127, V-128, V-129, V-130	104.0	108.0	114.0	118.0	24.0	26.0	108.0	102.0	118.0	113.0	22.0	24.0
	VIGAS V-101	78.0	92.0	75.0	78.0	18.0	21.0	88.0	106.0	83.0	85.0	20.0	23.0
	VIGAS V-102, V-103, V-104, V-100	106.0	109.0	120.0	118.0	25.0	23.0	109.0	101.0	120.0	115.0	23.0	27.0
	VIGAS V-105, V-106, V-107	100.0	105.0	103.0	108.0	23.0	22.0	99.0	109.0	118.0	120.0	25.0	22.0
VIGAS V-125, V-133	77.0	95.0	85.0	84.0	19.0	22.0	91.0	95.0	100.0	105.0	19.0	23.0	
LOSAS ALIGERADAS	PAÑOS A	75.0	76.0	92.0	92.0	33.0	33.0	76.0	73.0	90.0	85.0	31.0	32.0
	PAÑOS B	71.0	75.0	89.0	90.0	29.0	33.0	70.0	75.0	85.0	80.0	27.0	33.0
	PAÑOS C	74.0	73.0	82.0	84.0	33.0	33.0	79.0	73.0	79.0	84.0	32.0	31.0
	PAÑOS D	73.0	76.0	92.0	91.0	31.0	33.0	68.0	74.0	92.0	84.0	30.0	29.0
	PAÑOS E	95.0	108.0	106.0	97.0	33.0	39.0	113.0	108.0	94.0	89.0	34.0	29.0
	PAÑOS F	84.0	81.0	92.0	92.0	36.0	40.0	77.0	72.0	88.0	82.0	37.0	33.0

Fuente: Elaboración propia.

**IX. 3.- Cálculo de los rendimientos de la mano de obra.**

Del cuadro anterior, se promedia los tiempos de cada piso por tipo de partida, con ello se calcula los rendimientos de los elementos estructurales en estudio, seguido a ello se promedia los rendimientos por tipo de elemento estructural y se compara con los rendimientos propuestos por CAPECO. Entonces se tiene:



**CÁLCULO DE LOS RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA**

**PRE - APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION**

**POST - APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION**

Elemento estructural	Descripción de elemento estructural	ACERO									ENCOFRADO									CONCRETO																	
		PISO 2			PISO 3			PISO 2			PISO 3			PISO 2			PISO 3			PISO 5		PISO 6		PISO 5		PISO 6											
		Metros (m)	Tiempo (min)	Rend.	Metros (m)	Tiempo (min)	Rend.	Metros (m)	Tiempo (min)	Rend.	Metros (m)	Tiempo (min)	Rend.	Metros (m)	Tiempo (min)	Rend.	Metros (m)	Tiempo (min)	Rend.	Metros (m)	Tiempo (min)	Rend.	Metros (m)	Tiempo (min)	Rend.	Metros (m)	Tiempo (min)	Rend.									
COLUMNAS	COLUMNA C-1, C-3, C-10 y C-12	71.6	100.0	171.7	71.6	94.0	182.7	3.9	121.0	12.4	3.9	128.0	11.8	0.4	32.0	11.8	0.4	28.0	13.4	63.4	89.0	170.9	63.4	94.0	161.8	3.9	104.0	14.5	3.9	106.0	14.2	0.4	32.0	11.8	0.4	30.0	12.5
	COLUMNA C-2, C-5, C-8 y C-11	80.8	106.0	183.0	80.8	99.0	196.0	4.9	136.0	13.8	4.9	130.0	14.5	0.5	29.0	17.0	0.5	32.0	15.4	78.1	104.0	180.3	78.1	104.0	180.3	4.9	112.0	16.8	4.9	130.0	14.5	0.5	30.0	16.5	0.5	30.0	16.5
	COLUMNA C-4, C-6, C-7 y C-9	133.3	104.0	307.5	133.3	100.0	319.8	4.4	126.0	13.4	4.4	138.0	12.3	0.5	27.0	17.4	0.5	30.0	15.7	102.8	96.0	256.9	102.8	93.0	265.2	4.4	115.0	14.7	4.4	109.0	15.5	0.5	28.0	16.8	0.5	26.0	18.1
	COLUMNA C-13, C-14, C-15 y C-16	85.8	104.0	198.1	85.8	114.0	180.7	4.9	128.0	14.7	4.9	119.0	15.8	0.5	32.0	15.4	0.5	28.0	17.6	85.8	92.0	223.9	85.8	98.0	210.2	4.9	113.0	16.7	4.9	108.0	17.4	0.5	29.0	17.0	0.5	27.0	18.3
	COLUMNA C-17, C-18, C-19 y C-20	99.1	119.0	199.8	99.1	110.0	216.1	5.4	130.0	15.9	5.4	123.0	16.8	0.6	32.0	17.6	0.6	31.0	18.2	99.1	94.0	252.9	99.1	86.0	276.4	5.4	110.0	18.8	5.4	102.0	20.3	0.6	27.0	20.9	0.6	24.0	23.5
	COLUMNA C-21	82.2	105.0	187.9	82.2	112.0	176.2	4.9	112.0	16.8	4.9	106.0	17.8	0.6	29.0	20.3	0.6	34.0	17.3	82.2	90.0	199.3	82.2	104.0	189.7	4.9	130.0	14.5	4.9	124.0	15.2	0.6	31.0	19.0	0.6	29.0	20.3
	COLUMNA C-22, C-23	56.6	104.0	130.5	56.6	94.0	144.4	3.9	133.0	11.3	3.9	127.0	11.9	0.4	33.0	11.4	0.4	30.0	12.5	56.6	88.0	154.2	56.6	96.0	141.4	3.9	106.0	14.2	3.9	110.0	13.7	0.4	26.0	14.5	0.4	28.0	13.4
PLACA	PLACA 1	133.7	155.0	207.0	133.7	169.0	189.9	10.2	157.0	15.6	10.2	140.0	17.5	0.9	42.0	21.0	0.9	39.0	22.6	133.7	148.0	216.8	133.7	169.0	189.9	10.2	157.0	15.6	10.2	140.0	17.5	0.9	42.0	21.0	0.9	37.0	23.8
	PLACA 2	133.7	138.0	232.5	133.7	145.0	221.3	10.2	160.0	15.3	10.2	147.0	16.7	0.9	31.0	28.4	0.9	36.0	24.5	133.7	134.0	239.5	133.7	144.0	222.8	10.2	160.0	15.3	10.2	147.0	16.7	0.9	31.0	28.4	0.9	36.0	24.5
VIGAS	VIGAS DERECHA V-135, V-136, V-137, V-138, V-139	56.9	106.0	257.6	56.9	109.0	250.5	3.8	120.0	7.6	3.8	118.0	7.7	0.4	25.0	13.9	0.4	23.0	15.1	56.9	101.0	270.3	56.9	109.0	250.5	3.8	114.0	8.0	3.8	118.0	7.7	0.4	27.0	12.9	0.4	23.0	15.1
	VIGAS IZQUIERDA V-119, V-120, V-121, V-122, V-123	56.9	128.0	213.3	56.9	135.0	202.2	3.8	120.0	7.6	3.8	128.0	7.1	0.4	23.0	15.1	0.4	27.0	12.9	56.9	135.0	202.2	56.9	123.0	222.0	3.8	114.0	8.0	3.8	124.0	7.4	0.4	26.0	13.4	0.4	21.0	16.5
	VIGAS V-124	47.4	88.0	258.3	47.4	109.0	208.5	2.9	85.0	8.3	2.9	84.0	8.4	0.3	22.0	12.2	0.3	19.0	14.1	47.4	107.0	212.4	47.4	96.0	236.8	2.9	85.0	8.3	2.9	82.0	8.6	0.3	19.0	14.1	0.3	24.0	11.2
	VIGAS HORIZONTAL V-117, V-118	115.3	91.0	608.3	115.3	93.0	595.2	7.5	105.0	17.1	7.5	105.0	17.1	0.7	22.0	32.6	0.7	22.0	32.6	115.3	91.0	608.3	115.3	95.0	582.6	7.5	99.0	18.1	7.5	107.0	16.7	0.7	22.0	32.6	0.7	20.0	35.8
	VIGAS HORIZONTAL V-115, V-116	115.3	93.0	595.2	115.3	96.0	576.6	7.5	106.0	16.9	7.5	110.0	16.3	0.7	25.0	28.7	0.7	23.0	31.1	115.3	89.0	621.9	115.3	92.0	601.6	7.5	92.0	19.5	7.5	96.0	18.7	0.7	25.0	28.7	0.7	21.0	34.1
	VIGAS HORIZONTAL V-113, V-114	115.3	92.0	601.6	115.3	95.0	582.6	7.5	105.0	17.1	7.5	110.0	16.3	0.7	24.0	29.9	0.7	21.0	34.1	115.3	91.0	608.3	115.3	94.0	588.8	7.5	106.0	16.9	7.5	100.0	17.9	0.7	21.0	34.1	0.7	24.0	29.9
	VIGAS HORIZONTAL V-111, V-112	115.3	93.0	595.2	115.3	96.0	576.6	7.5	106.0	16.9	7.5	110.0	16.3	0.7	25.0	28.7	0.7	23.0	31.1	115.3	92.0	601.6	115.3	97.0	570.6	7.5	99.0	18.1	7.5	91.0	19.7	0.7	24.0	29.9	0.7	21.0	34.1
	VIGAS MEDIO V-125, V-127, V-128, V-129, V-130	56.9	104.0	262.5	56.9	108.0	252.8	3.8	114.0	8.0	3.8	118.0	7.7	0.4	24.0	14.5	0.4	26.0	13.4	56.9	108.0	252.8	56.9	102.0	267.7	3.8	118.0	7.7	3.8	113.0	8.1	0.4	22.0	15.8	0.4	24.0	14.5
	VIGAS V-101	51.7	78.0	317.9	51.7	92.0	269.5	2.7	75.0	8.6	2.7	78.0	8.3	0.3	18.0	13.7	0.3	21.0	11.7	51.7	88.0	281.7	51.7	106.0	233.9	2.7	83.0	7.8	2.7	85.0	7.6	0.3	20.0	12.3	0.3	23.0	10.7
	VIGAS V-102, V-103, V-104, V-100	38.5	106.0	174.1	38.5	109.0	169.3	3.2	120.0	6.3	3.2	118.0	6.4	0.3	25.0	11.6	0.3	23.0	12.6	38.5	109.0	169.3	38.5	101.0	182.7	3.2	120.0	6.3	3.2	115.0	6.6	0.3	23.0	12.6	0.3	27.0	10.7
	VIGAS V-105, V-106, V-107	58.4	100.0	280.1	58.4	105.0	266.8	3.2	103.0	7.4	3.2	108.0	7.0	0.3	23.0	12.6	0.3	22.0	13.2	58.4	99.0	282.9	58.4	109.0	257.0	3.2	118.0	6.4	3.2	120.0	6.3	0.3	25.0	11.6	0.3	22.0	13.2
VIGAS V-125, V-133	62.1	77.0	387.1	62.1	95.0	313.7	4.0	85.0	11.2	4.0	84.0	11.3	0.4	19.0	19.1	0.4	22.0	16.5	62.1	91.0	327.5	62.1	95.0	313.7	4.0	100.0	9.5	4.0	105.0	9.1	0.4	19.0	19.1	0.4	23.0	15.8	
LOSA	PAÑOS A	119.4	75.0	191.0	119.4	76.0	188.5	28.8	92.0	37.6	28.8	92.0	37.6	2.7	33.0	38.6	2.7	33.0	38.6	119.4	76.0	188.5	119.4	73.0	196.3	28.8	90.0	38.4	28.8	85.0	40.7	2.7	31.0	41.1	2.7	32.0	39.8
	PAÑOS B	76.1	71.0	128.5	76.1	75.0	121.7	15.7	89.0	21.2	15.7	90.0	20.9	1.4	29.0	23.9	1.4	33.0	21.0	76.1	70.0	130.4	76.1	75.0	121.7	15.7	85.0	22.2	15.7	80.0	23.6	1.4	27.0	25.7	1.4	33.0	21.0
	PAÑOS C	229.6	74.0	372.3	229.6	73.0	377.4	29.3	82.0	42.8	29.3	84.0	41.8	2.7	33.0	39.1	2.7	33.0	39.1	229.6	79.0	348.8	229.6	73.0	377.4	29.3	79.0	44.4	29.3	84.0	41.8	2.7	32.0	40.4	2.7	31.0	41.7
	PAÑOS D	71.4	73.0	117.3	71.4	76.0	112.7	12.5	92.0	16.2	12.5	91.0	16.4	1.1	31.0	17.7	1.1	33.0	16.7	71.4	68.0	126.0	71.4	74.0	115.7	12.5	92.0	16.2	12.5	84.0	17.8	1.1	30.0	18.3	1.1	29.0	19.0
	PAÑOS E	356.2	95.0	449.9	356.2	108.0	395.7	85.4	106.0	96.7	85.4	97.0	105.7	7.9	33.0	114.3	7.9	39.0	96.7	356.2	113.0	378.2	356.2	108.0	395.7	85.4	94.0	109.0	85.4	89.0	115.2	7.9	34.0	110.9	7.9	29.0	130.1
	PAÑOS F	316.3	84.0	451.9	316.3	81.0	468.6	69.2	92.0	90.3	69.2	95.0	87.4	6.4	36.0	84.9	6.4	40.0	76.4	316.3	77.0	493.0	316.3	72.0	527.2	69.2	88.0	94.4	69.2	82.0	101.3	6.4	37.0	82.6	6.4	33.0	92.6

ESTRIBOS	Mínimo de cuadrillas - ACERO	2.0
	Mínimo de cuadrillas - ENCOFRADO	1.3
	Mínimo de cuadrillas - CONCRETO	0.5
PLACAS	Mínimo de cuadrillas - ACERO	2.0
	Mínimo de cuadrillas - ENCOFRADO	2.0
	Mínimo de cuadrillas - CONCRETO	0.5
VIGAS	Mínimo de cuadrillas - ACERO	1.0
	Mínimo de cuadrillas - ENCOFRADO	2.0
	Mínimo de cuadrillas - CONCRETO	0.5
LOSA	Mínimo de cuadrillas - ACERO	4.0
	Mínimo de cuadrillas - ENCOFRADO	4.0
	Mínimo de cuadrillas - CONCRETO	1.0

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se promedia los resultados por piso y tipo de elemento estructural, cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente:

**COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA**

Elemento estructural	Descripción de elemento estructural	ACERO (kg/día)			ENCOFRADO (m2/día)			CONCRETO (m3/día)		
		Pre - aplicación	CAPECO	Post - aplicación	Pre - aplicación	CAPECO	Post - aplicación	Pre - aplicación	CAPECO	Post - aplicación
COLUMNAS	COLUMNA C-1, C-3, C-10 y C-12	177.2	250.0	166.3	12.1	10.0	14.3	12.6	10.0	12.2
	COLUMNA C-2, C-5, C-8 y C-11	189.5	250.0	180.3	14.2	10.0	15.6	16.2	10.0	16.5
	COLUMNA C-4, C-6, C-7 y C-9	313.7	250.0	261.0	12.9	10.0	15.1	16.6	10.0	17.4
	COLUMNA C-13, C-14, C-15 y C-16	189.4	250.0	217.1	15.3	10.0	17.0	16.5	10.0	17.7
	COLUMNA C-17, C-18, C-19 y C-20	208.0	250.0	264.7	16.4	10.0	19.6	17.9	10.0	22.2
	COLUMNA C-21	182.0	250.0	194.5	17.3	10.0	14.8	18.8	10.0	19.6
	COLUMNA C-22, C-23	137.5	250.0	147.8	11.6	10.0	13.9	12.0	10.0	14.0
PLACA	PLACA 1	198.5	250.0	203.4	16.5	10.0	16.5	21.8	10.0	22.4
	PLACA 2	226.9	250.0	231.2	16.0	10.0	16.0	26.5	10.0	26.5
VIGAS	VIGAS DERECHA V-135, V-136, V-137, V-138, V-139	254.0	250.0	260.4	7.7	9.0	7.9	14.5	20.0	14.0
	VIGAS IZQUIERDA V-119, V-120, V-121, V-122, V-123	207.8	250.0	212.1	7.4	9.0	7.7	14.0	20.0	15.0
	VIGAS V-124	233.4	250.0	224.6	8.3	9.0	8.4	13.1	20.0	12.6
	VIGAS HORIZONTAL V-117, V-118	601.7	250.0	595.5	17.1	9.0	17.4	32.6	20.0	34.2
	VIGAS HORIZONTAL V-115, V-116	585.9	250.0	611.8	16.6	9.0	19.1	29.9	20.0	31.4
	VIGAS HORIZONTAL V-113, V-114	592.1	250.0	598.6	16.7	9.0	17.4	32.0	20.0	32.0
	VIGAS HORIZONTAL V-111, V-112	585.9	250.0	586.1	16.6	9.0	18.9	29.9	20.0	32.0
	VIGAS MEDIO V-126, V-127, V-128, V-129, V-130	257.7	250.0	260.2	7.9	9.0	7.9	13.9	20.0	15.1
	VIGAS V-101	293.7	250.0	257.8	8.5	9.0	7.7	12.7	20.0	11.5
	VIGAS V-102, V-103, V-104, V-100	171.7	250.0	176.0	6.4	9.0	6.5	12.1	20.0	11.7
	VIGAS V-105, V-106, V-107	273.4	250.0	270.0	7.2	9.0	6.4	12.9	20.0	12.4
	VIGAS V-125, V-133	350.4	250.0	320.6	11.3	9.0	9.3	17.8	20.0	17.4
LOSA	PAÑOS A	189.8	250.0	192.4	37.6	12.0	39.6	38.6	25.0	40.4
	PAÑOS B	125.1	250.0	126.0	21.1	12.0	22.9	22.5	25.0	23.4
	PAÑOS C	374.9	250.0	363.1	42.3	12.0	43.1	39.1	25.0	41.0
	PAÑOS D	115.0	250.0	120.8	16.3	12.0	17.0	17.2	25.0	18.7
	PAÑOS E	422.8	250.0	387.0	101.2	12.0	112.1	105.5	25.0	120.5
	PAÑOS F	460.3	250.0	510.1	88.8	12.0	97.8	80.6	25.0	87.6

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente:

**RESUMEN DE LA COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA**

Descripción de elemento estructural	ACERO (kg/día)			ENCOFRADO (m2/día)			CONCRETO (m3/día)		
	Pre - aplicación	CAPECO	Post - aplicación	Pre - aplicación	CAPECO	Post - aplicación	Pre - aplicación	CAPECO	Post - aplicación
COLUMNAS	199.6	250.0	204.5	14.2	10.0	15.8	15.8	10.0	17.1
PLACAS	212.7	250.0	217.3	16.3	10.0	16.3	24.1	10.0	24.4
VIGAS	367.3	250.0	364.5	11.0	9.0	11.2	19.6	20.0	19.9
LOSAS	281.3	250.0	283.2	51.2	12.0	55.4	50.6	25.0	55.3

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla: “Resumen de la comparación de rendimientos de la mano de obra”:

- Para la partida de ACERO:
  - En columnas y placas, los rendimientos en la pre y post-aplicación del Lean Construction es inferior a lo planteado por CAPECO; y como el costo unitario depende del rendimiento – a mayor rendimiento el costo unitario de una partida disminuirá y a menor rendimiento el costo unitario aumenta – entonces se puede afirmar que el costo unitario es mayor que el planteado por CAPECO.
  - En vigas, es donde se tiene el mayor rendimiento de la mano de obra en la partida de “acero”, por consiguiente su costo unitario de construcción es menor, en tanto que, en las columnas es donde el costo unitario de construcción resulto relativamente caro.
- Para la partida de ENCOFRADO:
  - En los elementos estructurales: columnas, placas, vigas y losas aligeradas, en la pre y post-aplicación del Lean Construction el rendimiento de la mano de obra es mayor que a lo propuesto por CAPECO, en consecuencia, su costo unitario de construcción es menor que al de CAPECO.
  - En losas aligeradas es dónde el rendimiento es mayor respecto a los demás elementos estructurales en estudio, tanto en la pre y post-aplicación del Lean Construction, lo que implica que su costo unitario de construcción es menor a sugerido por CAPECO.
- Para la partida de CONCRETO:
  - Como el proceso constructivo de esta partida para todos los elementos estructurales se realizó con concreto premezclado, obviamente el rendimiento es mayor que al propuesto por CAPECO, entonces su costo unitario de construcción debería ser menor, sin embargo el costo unitario por m<sup>3</sup> de concreto es mayor que a lo planteado por CAPECO





**ANEXO X.** Capacitación de la metodología de las 5”s” del Lean Construction al personal obrero.

- i. La capacitación al personal obrero se realizó con la cartilla denominada: “**METODOLOGÍA DE LAS 5”S”**”, MAYOR PRODUCTIVIDAD, MEJOR LUGAR DE TRABAJO” obtenido de [www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf](http://www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf)
- ii. Junto a la capacitación se realizó una inducción al personal obrero mediante una presentación de diapositivas denominada: “Las 5”s””.
- iii. Para las capacitaciones sobre las principales fuentes de pérdidas que se dan por aspectos de personal, materiales, herramientas e información, se usó la tabla: **Tabla 4.25.** “Causas y soluciones de las principales fuentes de pérdidas.”

**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.**



**METODOLOGÍA DE LAS 5S**

**“MAYOR PRODUCTIVIDAD,  
MEJOR LUGAR DE TRABAJO”**



**Residencial Gold San Francisco.**

La metodología descrita en este folleto puede ayudarle a realizar en su frente de trabajo numerosas mejoras a bajo costo. Invierta unos minutos en leer, evalúe la situación en la que se encuentra su zona de trabajo y decídase a mejorar.

Hablar de organizar, ordenar y limpiar puede ser considerado por muchos como algo demasiado simple, doméstico. Sin embargo, estos tres conceptos tan sencillos en una primera impresión, son el primer paso que debe dar cualquier persona involucrado en el campo de la construcción para obtener un entorno seguro y agradable.

Con mantener y mejorar continuamente la Organización, el Orden y la Limpieza, se consigue de forma inmediata una mayor productividad y un mejor lugar de trabajo.

### **¿CUÁL ES SU OBJETIVO DE LAS 5”S”?**

“Mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo. Para mejorar las condiciones de trabajo, de seguridad, el clima laboral, la motivación del personal y la eficiencia; y, en consecuencia, LA CALIDAD, LA PRODUCTIVIDAD Y LA COMPETITIVIDAD DE NUESTRO PROYECTO.

### **¿QUÉ SON LAS 5S?**

Las operaciones de Organización, Orden y Limpieza fueron desarrolladas por empresas japonesas, entre ellas Toyota, con el nombre de 5S. Se han aplicado en diversos países con notable éxito. Las 5S son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen la metodología:

#### **1. SEIRI –**

##### **SEPARAR, ORGANIZAR**

Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de éstos últimos.

#### **2. SEITON - ORDEN**

Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.

### 3. SEISO - LIMPIEZA

Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado de salud.

### 4. SEIKETSU - ESTANDARIZACION

Es un control visual que consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.

Solo tienes que aplicar las **tres primeras fases** - ORGANIZACIÓN, ORDEN Y LIMPIEZA - son operativas, que fácilmente, los puedes aplicar.

**La cuarta fase** – ESTANDARIZACIÓN - CONTROL VISUAL - ayuda a mantener el estado alcanzado en las fases anteriores - Organización, Orden y Limpieza - mediante la estandarización de las prácticas (Con normas simples).

**La quinta y última fase** - DISCIPLINA Y HÁBITO – permite adquirir el hábito de su práctica y mejora continua en el trabajo diario.

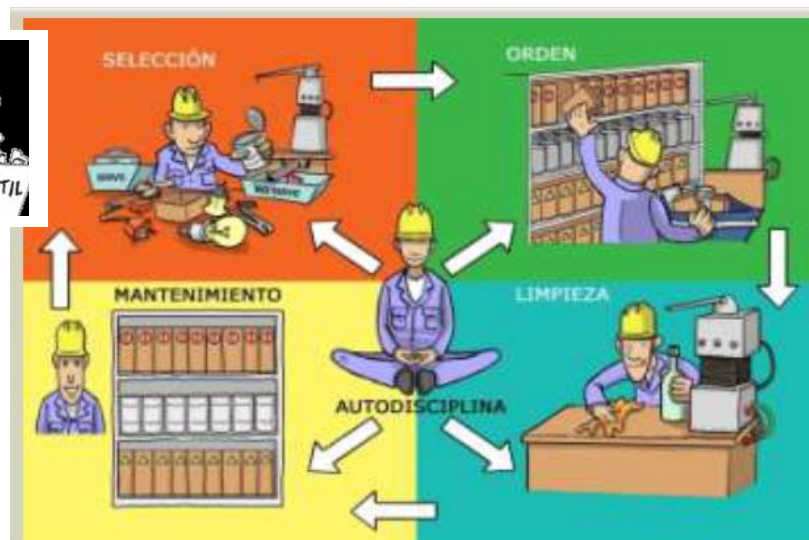
Las CINCO FASES componen un todo integrado y se abordan de forma sucesiva, una tras otra.

### SHITSUKE- AUTODISCIPLINA Y HÁBITO

Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

Se necesita el **compromiso de todos**, y es responsabilidad de todos hacer que funcione.

*¡¡¡ VE QUE SON CONCEPTOS SIMPLES,  
NO TENGA TEMOR A APLICARLAS NO  
SOLO EN NUESTRO PROYECTO, SINO  
TAMBIEN EN LA CASA...!!!*





### ¿CÓMO SE PODRÍAN DEFINIR LAS 5S?

Como un estado ideal en el que:

- los materiales y útiles innecesarios se han eliminado,
- todo se encuentra ordenado e identificado,
- se han eliminado las fuentes de suciedad,
- existe un control visual mediante el cual saltan a la vista las desviaciones o fallos, y
- todo lo anterior se mantiene y mejora continuamente.

### ¿QUÉ NO SON LAS 5S?

- Las 5S no son los ZAFARRANCHOS DE LIMPIEZA que se organizan ante la visita del supervisor de obra, gerentes de LOS FAROS o clientes importantes.
- Las 5S no son UNA CUESTIÓN DE ESTÉTICA sino de funcionalidad y eficacia.

### ¿QUÉ BENEFICIOS APORTAN LAS 5S?

Aportan diversos beneficios. Vamos a señalar tres:

- La implantación de las 5S se basa en el trabajo en equipo. Permite involucrar a los trabajadores en el proceso de mejora desde su conocimiento del puesto de trabajo. Los trabajadores se comprometen. Se valoran sus aportaciones y conocimiento. LA MEJORA CONTINUA SE HACE UNA TAREA DE TODOS.

Manteniendo y mejorando asiduamente el nivel de 5S conseguimos una MAYOR PRODUCTIVIDAD que se traduce en:

- Menos productos defectuosos.
  - Menos averías.
  - Menor nivel de existencias
  - Menos accidentes.
  - Menos movimientos y traslados inútiles.
  - Menor tiempo para el cambio de herramientas.
- Mediante la Organización, el Orden y la Limpieza logramos un MEJOR LUGAR DE TRABAJO para todos, puesto que conseguimos:
    - Más espacio.
    - Orgullo del lugar en el que se trabaja.
    - Mejor imagen ante nuestros clientes.
    - Mayor cooperación y trabajo en equipo.
    - Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
    - Mayor conocimiento del puesto.

#### Recuerda:

**SEIRI (Separar, Organizar:** sirve o no. Solo lo necesario, solo lo que se necesita y solo cuando se necesita)

**SEITON (Ordenar:** Cada cosa en su lugar, solo a la mano lo que se usa muy frecuente)

**SEISO (Limpiar:** Barrer, pintar, sanear, ventilar, iluminar: ¿Quién?, ¿Cómo? y ¿Cuándo?)

**SEIKETSU (Estandarizar.** Programas de limpieza y formatos de verificación

**SHITSUKE (Autodisciplina** para mantener limpio y ordenado)

**Inducción hacia la metodología de las 5''s''**



---

---

---

---

---


---

---

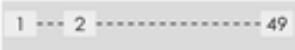
---

**En 25 segundos...**

- Tienes que ordenar en orden cronológico, los números de 1 a 49 de la siguiente sopa de números



25 segundos



1 --- 2 ----- 49

Se ordenará la numeración varias veces, según cada una de las 5''s'' y se irá anotando hasta que número se llegó...

---

---

---

---

---

---

---

---

**AQUÍ VA LA SOPA DE NÚMEROS**

**¡¡¡ PREPARADOS ... YA !!!**

---

---

---

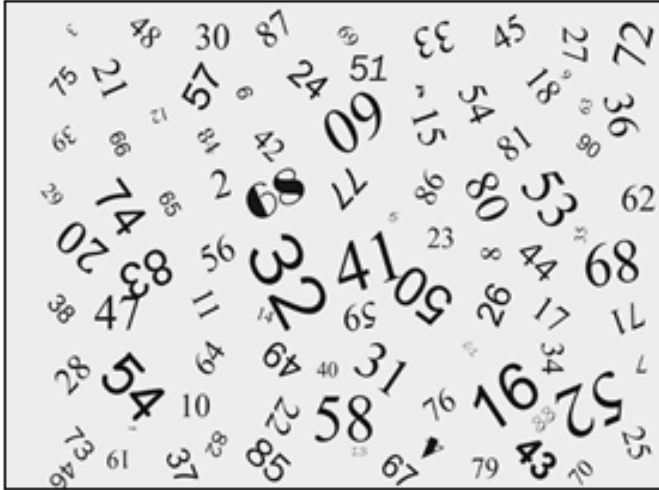
---

---

---

---

---



---

---

---

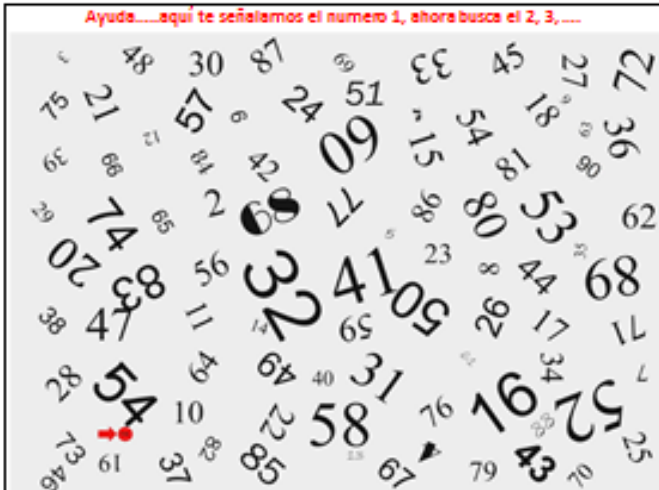
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

A QUE NUMERO HAS LLEGADO?...

SEGURO NO MUCHO



---

---

---

---

---

---

---

---

BUENO... UNA AYUDA

SE QUIERE ORDENAR NUMEROS DE 1 a 49, Y OBSERVAMOS QUE SE TIENE NUMEROS MAYORES A 49



Bueno.... seleccionamos los números que no nos sirven, y los eliminamos...

Ahora con la nueva lista se tendrá otros 25 seg. para ordenar los números de 1 a 49



---

---

---

---

---

---

---

---

El numero 1 sigue en el mismo sitio....



---

---

---

---

---

---

---

---





---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

**BUENO... OTRA AYUDA**

VAMOS A COLOCAR UNA CUADRICULA EN EL GRAFICO

Con esa cuadrícula vas a ver el 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 y así en forma cíclica en cada cuadrícula como se observa en la figura

Ahora con la nueva lista se tendrá otros 25 seg. para ordenar los números de 1 a 49

---

---

---

---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

ESTA VEZ TE HAS SUPERADO... PERO  
NO LLEGASTE AL NUMERO 49?...

Y AHORA AYUDA...

---

---

---

---

---

---

---

---

Y AHORA QUE...

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	<b>16</b>	17	18	19	<b>20</b>
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>31</b>	<b>32</b>	33	34	35	36	37	38	39	40
<b>41</b>	42	<b>43</b>	44	45	46	47	48	49	

---

---

---

---

---

---

---

---

**AHORA SI... VERDAD?**

**VEMOS A PRIMERA VISTA LOS NUMEROS ORDENADOS**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	<b>16</b>	17	18	19	<b>20</b>
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	<b>32</b>	33	34	35	36	37	38	39	40
<b>41</b>	42	<b>43</b>	44	45	<sup>46</sup>	<b>47</b>	48	49	

---

---

---

---

---

---

---

---

Este pequeño juego nos ayuda a entender la importancia de tenerlo todo en orden

Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar



La metodología 5S nos ayuda a mantener nuestras zonas de trabajo ordenadas, limpias y seguras

---

---

---

---

---

---

---

---

**FUENTE:** Adaptado de [www.caletec.com](http://www.caletec.com)

## ANEXO XI. Instrumentos utilizados en la investigación.



### CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES: COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS, DE LA RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO, EN LA CIUDAD DEL CUSCO, 2014"

Esta encuesta es parte de un proyecto de tesis de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco que tiene como objetivo identificar las pérdidas más comunes en la industria de la construcción. Esta encuesta es de carácter anónimo y pretende obtener datos informativos y estadísticos para el estudio.

**Nota:** Por Favor marque con una **X** la opción que usted crea conveniente.

#### INFORMACIÓN GENERAL

**Proyecto: Construcción de Vivienda Multifamiliar: "Residencial Gold San Francisco"**

1.- Categoría al que pertenece: Operario  Oficial  Peón

#### METODOLOGÍAS LEAN CONSTRUCTION

2.- Clasifique según su frecuencia las siguientes fuentes de pérdidas que se presentan en su equipo de trabajo

**Nota:** ¡A mayor puntaje, mas adecuación a la pregunta!

##### a.- Costo de implementación

¿Según su criterio, cuál de las metodologías es mas barata implementarla?

- ◆ **Justo a tiempo** (Producir en cantidad exacta y momento justo)
- ◆ **Kanban** (Etiquetas visuales)
- ◆ **Andon** (Dispositivo visual)
- ◆ **Poka Yoke** (A prueba de errores)
- ◆ **Jidoka** (Automatización)
- ◆ **Kaizen** (Mejora continua)
- ◆ **5 "s"** (Clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener)

ADECUACION	ESCASA ADECUACION	ADECUACION PROMEDIO	ADECUACION EN GRAN MEDIDA	ADECUACION TOTAL
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9

##### b.- Tiempo de implementación

¿Según su criterio, cuál de las metodologías requiere de menor tiempo para implementarla?

- ◆ **Justo a tiempo** (Producir en cantidad exacta y momento justo)
- ◆ **Kanban** (Etiquetas visuales)
- ◆ **Andon** (Dispositivo visual)
- ◆ **Poka Yoke** (A prueba de errores)
- ◆ **Jidoka** (Automatización)
- ◆ **Kaizen** (Mejora continua)
- ◆ **5 "s"** (Clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener)

ADECUACION	ESCASA ADECUACION	ADECUACION PROMEDIO	ADECUACION EN GRAN MEDIDA	ADECUACION TOTAL
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9

##### c.- Complejidad de implementación

¿Según su criterio, cuál de las metodologías es sencillo implementarla?

- ◆ **Justo a tiempo** (Producir en cantidad exacta y momento justo)
- ◆ **Kanban** (Etiquetas visuales)
- ◆ **Andon** (Dispositivo visual)
- ◆ **Poka Yoke** (A prueba de errores)
- ◆ **Jidoka** (Automatización)
- ◆ **Kaizen** (Mejora continua)
- ◆ **5 "s"** (Clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener)

ADECUACION	ESCASA ADECUACION	ADECUACION PROMEDIO	ADECUACION EN GRAN MEDIDA	ADECUACION TOTAL
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9

##### d.- Seguridad

¿Según su criterio, en cuál de las metodologías hay menos probabilidad de que ocurra un accidente?

- ◆ **Justo a tiempo** (Producir en cantidad exacta y momento justo)
- ◆ **Kanban** (Etiquetas visuales)
- ◆ **Andon** (Dispositivo visual)
- ◆ **Poka Yoke** (A prueba de errores)
- ◆ **Jidoka** (Automatización)
- ◆ **Kaizen** (Mejora continua)
- ◆ **5 "s"** (Clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener)

ADECUACION	ESCASA ADECUACION	ADECUACION PROMEDIO	ADECUACION EN GRAN MEDIDA	ADECUACION TOTAL
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9
1	3	5	7	9

**¡ Muchas gracias por su colaboración!**

Fuente: Elaboración propia



**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES: COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS, DE LA RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO, EN LA CIUDAD DEL CUSCO, 2014"

Esta encuesta es parte de un proyecto de tesis de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco que tiene como objetivo identificar las pérdidas más comunes en la industria de la construcción. Esta encuesta es de carácter anónimo y pretende obtener datos informativos y estadísticos para el estudio.

Nota: Por Favor marque con una X la opción que usted crea conveniente.

**INFORMACIÓN GENERAL**

Proyecto: **Construcción de Viviendas Multifamiliares: "Residencial Gold San Francisco"**

1.- Actividad específica en que participa: \_\_\_\_\_

2.- Categoría al que pertenece: Operario  Oficial  Peón

1	2	3	4	5
Nunca	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre

**IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS**

3.- Clasifique según su frecuencia las siguientes fuentes de pérdidas que se presentan en su equipo de trabajo

**a.- Recursos Humanos**

- ◆ Falta de personal (no se cuenta con el personal planificado)
- ◆ Cuadrillas sobredimensionadas
- ◆ Personal poco calificado
- ◆ Falta de dirigencia y supervisión (Contratista / Residente)
- ◆ Mala disposición del trabajador (actitud)
- ◆ Impuntualidad del trabajador
- ◆ Otros (señale) \_\_\_\_\_

Nunca	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**b.- Materiales de construcción**

- ◆ Falta de materiales
- ◆ Desorden en el acopio de materiales
- ◆ Mala distribución de materiales
- ◆ Incorrecta utilización de materiales
- ◆ Calidad deficiente del material
- ◆ Otros (señale) \_\_\_\_\_

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**c.- Maquinaria / Equipos**

- ◆ Falta de equipo / maquinaria
- ◆ Mal estado del equipo / maquinaria
- ◆ Desorden de equipo / maquinaria
- ◆ Inadecuado equipo / maquinaria
- ◆ Otros (señale) \_\_\_\_\_

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**d.- Herramientas menores**

- ◆ Falta de herramientas menores adecuadas (no tienen / por pérdida)
- ◆ Otros (señale) \_\_\_\_\_

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**e.- Información**

- ◆ Planos defectuosos
- ◆ Cambios de diseño
- ◆ Especificaciones técnicas poco claras
- ◆ Falta de diseño de los procesos constructivos
- ◆ Otros (señale) \_\_\_\_\_

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**LEAN CONSTRUCTION**

4.-¿Conoce usted sobre la filosofía Lean que se aplica al sector construcción o también conocido filosofía Lean Construction?

SI  NO

¿Por qué? \_\_\_\_\_

5.-¿Estaría usted dispuesto a implementar metodologías que permitan mejorar el rendimiento de la obra?

SI  NO

¿Por qué? \_\_\_\_\_

**¡ Muchas gracias por su colaboración!**

Fuente: Adaptado de Rodríguez (2013)



**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES: COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS, DE LA RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO, EN LA CIUDAD DEL CUSCO, 2014"

**CHECK LIST 5 "s"**

DATOS GENERALES		
Evaluador :	Fecha:	Contratista:
Puntajes:		
<b>1 Malo</b> - No implementado.	<b>4 Bueno</b> - Implementación desarrollada	
<b>2 No muy malo</b> - Implementación inicial	<b>5 Excelente</b> - Implementación total	
<b>3 Aceptable</b> - Implementación parcial		
Aspectos a Evaluar	Preguntas	Puntaje
1°S: Seiri: Separar	1 ¿ Hay máquinas o equipos, que no estén utilizando en el proceso y que están en el área de construcción?	
	2 ¿Existen materiales de construcción innecesarios para la producción actual en el área de trabajo	
	3 ¿Existen herramientas en el área de trabajo?	
	4 ¿Existen desperdicios o escombros en área no designadas?	
	5 ¿En el área de trabajo se mantienen las cantidades mínimas necesarias de los elementos para la producción diaria?	
<b>Total:</b>		
<b>% de cumplimiento:</b>		
2°S: Seiton: Ordenar	6 ¿Se encuentran las máquinas o equipos que no se esten utilizando almacenados en almacén?	
	7 ¿Estan guardados los materiales de construcción en su lugar designado, en almacén?	
	8 ¿Los desperdicios y escombros están almacenados en un lugar designado?	
	9 ¿Los materiales, herramientas, equipos están separados y ordenados, de tal manera que permitan iniciar la tarea con normalidad?	
	10 ¿Las áreas de circulación de personas, escaleras se encuentran libres de escombros, materiales y herramientas?	
<b>Total:</b>		
<b>% de cumplimiento:</b>		
3°S: Seiso: Limpiar	11 Están limpias las maquinas y los equipos?	
	12 ¿Está el área de construcción limpia, libre de escombros y desperdicios?	
	13 ¿Una vez finalizada la actividad, los trabajadores dejan limpia y ordenada el área?	
	14 ¿Se realizó la limpieza al final de la jornada de trabajo?	
<b>Total:</b>		
<b>% de cumplimiento:</b>		
4°S: Seiketsu: Estandarizar	15 ¿El área de trabajo se encuentra limpia y organizada?	
	16 ¿Los trabajadores antes de empezar una actividad verifican que tengan todos los materiales, herramientas, herramientas y equipos para el desarrollo de su actividad?	
	17 ¿En la bodega los materiales y herramientas están almacenados en el lugar designado?	
	18 ¿En el área de trabajo solamente se encuentran elementos necesarios para el desarrollo de la producción en obra?	
<b>Total:</b>		
<b>% de cumplimiento:</b>		
5°S: Shitsuke: Autodisciplina	19 ¿Las tareas rutinarias se ejecutan según los principios de los 5"s"?	
	20 ¿El maestro colabora con su asistencia y puntualidad a las charlas de los 5"s"?	
	21 ¿Existe compromiso y colaboración por parte de los trabajadores?	
	22 ¿Se plasma en obra lo informado en las capacitaciones?	
	23 ¿Los escombros y desperdicios están bien localizados y ordenados en obra?	
<b>Total:</b>		
<b>% de cumplimiento:</b>		
<b>Puntaje final:</b>		

Fuente: Adaptado de Rodríguez (2013)



**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

"APLICACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN CONSTRUCTION EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES: COLUMNAS, VIGAS Y LOSAS ALIGERADAS, DE LA RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO, EN LA CIUDAD DEL CUSCO, 2014"

**CARTA DE BALANCE**

**PARTIDA:**

Tiempo (minuto)	Obr. 1	Obr. 2	Obr. 3	Obr. 4	Obr. 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
42					
43					
44					
45 ....					

ACTIVIDAD :	ACERO
DÍA :	
HORA INICIO :	

TRABAJO PRODUCTIVO - TP	
H	Colocación de acero Horizontal
V	Colocación de acero vertical
A1	Amarrado de alambre # 16

TRABAJO CONTRIBUTORIO - TC	
X	Búsqueda de materiales (acero)
Tope	Colocación de topes de recubrimiento
MOV	Moverse hacia otro punto de colocación
M	Tomar medidas (incluye el marcar con tiza)
C	Abrir los paquetes de fierro con cizalla
A	Acarreo de material (fierro)
I	Recibir /dar instrucciones

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO - TNC	
E	Esperas
R	Trabajo rehecho (volver a enderezar fierro )
N	Tiempo ocioso
BAÑO	Ir a servicios higiénicos
VIAJE	Viaje improductivo

	Cargo	Nombres y apellidos	
Obrero 1			
Obrero 2			
Obrero 3			
Obrero 4			
Obrero 5			

Encuestador :

**Nota:** La presente ficha de observación, es solo un modelo, el cual variará en los items del Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio, Trabajo No contributorio, según seas las circunstancias de la partida a medir.

Fuente: Elaboración Propia