

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**



## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

### **Escuela Profesional de Ingeniería Civil**

“Análisis del rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024”

**Tesis para optar el título de Ingeniero Civil**

**Línea de investigación:**

**Tecnología de la construcción y procesos constructivos**

**Autor(es):**

Miguel Ángel Cusma Pérez

Cervando Mundaca Reyes

**Asesor:**

Dr. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilin

**Chota – Perú**

**2026**



Colpa Matara, 22 de abril del 2026.

C.O. N° 06-2026-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD Y USO DE IA

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES EN EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE CHOTA, 2024”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **Miguel Ángel Cusma Pérez y Cervando Mundaca Reyes**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 6% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras, no teniendo un porcentaje de escritura con inteligencia artificial; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.




Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Director de la unidad de  
investigación FCI-UNACH

# MIGUEL ÁNGEL CUSMA PÉREZ CERVANDO MUNDA...

## Análisis del rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciuda...

-  Informe Final de Tesis
-  UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2026
-  Universidad Nacional Autónoma de Chota

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3546933177

Fecha de entrega

22 abr 2026, 1:15 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

22 abr 2026, 1:20 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_Cervando\_Mundaca\_Reyes\_Miguel\_Cusma\_Perez\_TNT.pdf

Tamaño del archivo

4.5 MB

186 páginas

65.727 palabras

283.379 caracteres



Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Director de la unidad de  
investigación FCI-UNACH

# 6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alerta de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**  
60 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Miguel Angel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo  
Director de la unidad de  
investigación FCI-UNACH

## Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe	2%
2	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
3	Internet	vsip.info	<1%
4	Internet	hdl.handle.net	<1%
5	Internet	portaluni.unach.edu.pe	<1%
6	Internet	www.coursehero.com	<1%
7	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica del Peru	<1%
8	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
9	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica de los Andes	<1%
10	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
11	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%

Miguel Angel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo  
Director de la unidad de  
investigación FCI-UNACH

12	Internet	repositorio.unj.edu.pe	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	<1%
14	Trabajos del estudiante	unj	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte	<1%
16	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	<1%
17	Internet	repositorio.uct.edu.pe	<1%
18	Internet	repositorio.ucss.edu.pe	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universitat Politècnica de València	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Alas Peruanas	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca	<1%
22	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	<1%
23	Trabajos del estudiante	Universitat Oberta de Catalunya	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego 2025	<1%



Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Director de la unidad de  
investigación FCI-UNACH

26	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
27	Internet	cienciadigital.org	<1%
28	Internet	dokumen.pub	<1%
29	Publicación	Botelho, Steven Joseph. "Structural Features in Heat Transfer Modeling of PEM Fu...	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad San Francisco de Quito	<1%
31	Internet	repositorio.udh.edu.pe	<1%
32	Internet	repositorio.unamba.edu.pe	<1%
33	Internet	repository.usta.edu.co	<1%
34	Publicación	LINEA VERDE AC S.A.C.. "Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos...	<1%
35	Trabajos del estudiante	Universidad Pontificia Bolivariana	<1%
36	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
37	Internet	repository.unipiloto.edu.co	<1%
38	Publicación	Munoz Builes, Diana Marcela. "Estudio Sociolingüístico de la Entonación del Espa...	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco	<1%

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Director de la unidad de  
investigación FCI-UNACH

40	Publicación	Alex Mauricio Ovalle-Castiblanco, Diana María Cárdenas Aguirre. "¿Qué ha pasad...	<1%
41	Publicación	Condori Onofre, Marco Enrique. "Administración y tratamiento de los residuos só...	<1%
42	Publicación	Escriba, Fiorela Margarita Diaz. "Consultoria de Negocios para Incrementar la Par...	<1%
43	Publicación	Gutierrez Apaza, Ivan, Junior. "La incidencia de la tecno-innovación en la sostenib...	<1%
44	Publicación	Palaco Vilca, Tomas Froilan. "Nomofobia y logros de aprendizaje en los estudiant...	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	<1%
47	Publicación	Quilca Gallegos, Herbert Angel. "Análisis de la contaminación ambiental en la pri...	<1%
48	Internet	bffrepositorio.unal.edu.co	<1%
49	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
50	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%

Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo  
Director de la unidad de  
investigación FCI-UNACH



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 04:00 p.m. del día 23 de abril, reunidos en la sala de Incuba 2do piso del local central, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los bachilleres: **Miguel Ángel Cusma Pérez y Cervando Mundaca Reyes**, denominada: **"Análisis del rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024"**; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

Aprobada

CON EL CALIFICATIVO (\*)

15 (Buena)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

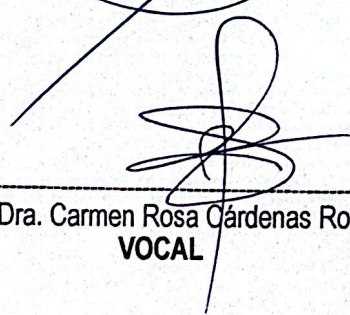
Chota, 23 de abril del 2026.

  
Dr. Juan Esteban Gonzales Garcia.

**PRESIDENTE**

  
Dr. Miguel Angel Silva Tarrillo

**SECRETARIO**

  
Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

**VOCAL**

  
Dr. Luis Fernando Romero Chuquilin

**ASESOR**

(\*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: ( 20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, fortaleza y perseverancia para culminar esta etapa académica. A mi familia, por su apoyo constante, comprensión y confianza a lo largo de mi formación profesional, siendo el principal sostén en los momentos de dificultad. Asimismo, a mis amigos, quienes, con su compañía, consejos y palabras de aliento, contribuyeron de manera significativa a la culminación de este logro académico.

Miguel Ángel Cusma Pérez

Dedico esta investigación a Dios, por guiar mis pasos y por otorgarme la sabiduría y la constancia necesarias para alcanzar este objetivo. A mi familia, por su respaldo incondicional, sacrificio y motivación constante durante todo el proceso de formación profesional. De igual manera, a mis amigos, quienes, con su apoyo y compañerismo, hicieron posible superar los retos presentados a lo largo del desarrollo de este trabajo.

Cervando Mundaca Reyes

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos, en primer lugar, a Dios por brindarnos la fortaleza, salud y perseverancia necesarias para culminar satisfactoriamente la presente investigación. Expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor, el Dr. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilín, por su orientación académica, dedicación y valiosos aportes técnicos que permitieron el desarrollo adecuado del estudio.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a los propietarios de las viviendas donde se ejecutaron las cimentaciones que formaron parte de la investigación, por permitir el acceso a sus obras y facilitar la recolección de la información necesaria. De manera especial, agradecemos a los maestros de obra, operarios y peones que participaron en la ejecución de las cimentaciones, por su disposición y colaboración durante el trabajo de campo.

Finalmente, agradecemos a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al cumplimiento de este objetivo académico, lo que hizo posible la culminación de este importante logro profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xviii</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema</b> .....	<b>19</b>
<b>1.2. Justificación</b> .....	<b>20</b>
<b>1.3. Formulación del problema</b> .....	<b>21</b>
<b>1.4. Objetivos</b> .....	<b>21</b>
1.4.1. Objetivo general .....	21
1.4.2. Objetivos específicos .....	21
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1. Antecedentes</b> .....	<b>23</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	27
2.1.3. Antecedentes regionales .....	29
<b>2.2. Bases teóricas</b> .....	<b>30</b>
2.2.1. Estudio de métodos, movimientos y tiempos.....	30
2.2.2. Normas nacionales (E.050 y E.060) aplicadas a cimentaciones .....	31
2.2.3. Productividad en la construcción .....	33
2.2.4. Factores propios de la construcción de cimentaciones que influyen en el rendimiento y productividad de la mano de obra en edificaciones .....	34
2.2.5. Rendimientos de la mano de obra en la construcción de cimentaciones de acuerdo al compendio de “Costos y presupuestos en edificaciones” de CAPECO (2006).....	36
<b>2.3. Definiciones conceptuales</b> .....	<b>38</b>
2.3.1. Cimentaciones en edificaciones .....	38
2.3.2. Partidas para la construcción de cimentación .....	43
2.3.3. Cuadrilla: Mano de obra.....	44
2.3.4. Rendimiento de la mano de obra.....	45
2.3.5. Productividad de la mano de obra .....	47

<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>48</b>
<b>3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....</b>	<b>50</b>
3.2.1. Ubicación .....	50
3.2.2. Población.....	51
3.2.3. Muestreo.....	51
3.2.4. Muestra.....	52
3.2.5. Unidad de análisis .....	53
<b>3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>54</b>
3.3.1. Técnicas de recolección de datos .....	54
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos .....	55
<b>3.4. Hipótesis .....</b>	<b>56</b>
<b>3.5. Operacionalización de variables .....</b>	<b>56</b>
3.5.1. Variable independiente: Cimentaciones en edificaciones.....	56
3.5.2. Variable dependiente: Rendimiento de la mano de obra .....	57
3.5.3. Variable dependiente: Productividad de la mano de obra.....	57
3.5.4. Matriz de operacionalización de variables .....	59
<b>3.6. Procedimientos de recolección de datos .....</b>	<b>60</b>
3.6.1. Revisión documental del compendio CAPECO (2006) y cálculo de los aportes unitarios por partida .....	62
3.6.2. Selección y caracterización de las viviendas de estudio .....	68
3.6.3. Caracterización de las viviendas y cimentaciones .....	71
3.6.4. Aplicación de la encuesta y caracterización de la mano de obra .....	73
3.6.5. Registro del proceso constructivo y del avance diario.....	79
3.6.6. Medición del rendimiento de la mano de obra.....	82
3.6.7. Aplicación de la carta balance en la construcción de cimentaciones.....	86
<b>3.7. Procedimientos de análisis de datos.....</b>	<b>92</b>
<b>3.8. Material y equipos (descripción del uso).....</b>	<b>92</b>
<b>3.9. Aspectos éticos .....</b>	<b>93</b>
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>95</b>

<b>4.1. Descripción de resultados .....</b>	<b>95</b>
4.1.1. Características técnicas y operativas de la construcción de cimentaciones .....	95
4.1.2. Rendimiento de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones .....	105
4.1.3. Usos de los tiempos de producción de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones .....	118
4.1.4. Relación entre características de la cimentación y rendimiento y productividad de la mano de obra durante su ejecución .....	154
<b>4.2. Contrastación de hipótesis .....</b>	<b>181</b>
<b>4.3. Discusión.....</b>	<b>186</b>
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>194</b>
<b>5.1. Conclusiones.....</b>	<b>194</b>
<b>5.2. Recomendaciones.....</b>	<b>196</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>198</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>205</b>
Anexo A. Matriz de consistencia .....	205
Anexo B. Panel fotográfico.....	206
Anexo C. Resumen de resultado de rendimiento y productividad de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones.....	216
Anexo D. Resultado de las características de las viviendas, la cimentación, los trabajadores, el rendimiento y la productividad de la mano de obra.....	220

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Rendimiento de la mano de obra en excavaciones para cimentaciones según CAPECO (2006) .....	36
<b>Tabla 2</b> Rendimiento de mano de obra en habilitación y colocación de acero, CAPECO (2006).....	36
<b>Tabla 3</b> Rendimientos de la mano de obra en solado y encofrado para la construcción de cimentaciones según CAPECO (2006).....	37
<b>Tabla 4</b> Rendimientos de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto para la construcción de cimentaciones según CAPECO (2006) .....	37
<b>Tabla 5</b> Criterios de inclusión y exclusión.....	51
<b>Tabla 6</b> Ubicación geográfica de las viviendas evaluadas en el estudio .....	52
<b>Tabla 7</b> Matriz de operacionalización de variables .....	59
<b>Tabla 8</b> Resumen de rendimientos de la mano de obra en cimentaciones (CAPECO, 2006).....	62
<b>Tabla 9</b> Resumen de rendimientos y aportes unitarios de la mano de obra para la construcción de cimentaciones según CAPECO (2006).....	67
<b>Tabla 10</b> Dirección de las viviendas de estudio .....	68
<b>Tabla 11</b> Datos del terreno donde se sitúan las viviendas de estudio .....	69
<b>Tabla 12</b> Parámetros geométricos de las viviendas de estudio .....	69
<b>Tabla 13</b> Condiciones técnicas para la ejecución de las viviendas (licencia, asistencia y planos) .....	70
<b>Tabla 14</b> Partidas que se ejecutaron en las viviendas en estudio .....	70
<b>Tabla 15</b> Ponderación de las partidas ejecutadas en las viviendas de estudio .....	70
<b>Tabla 16</b> Características generales de los trabajadores por vivienda .....	74
<b>Tabla 17</b> Categoría en la cuadrilla de los trabajadores de la ejecución de cimentaciones .....	74
<b>Tabla 18</b> Rango de edad de los trabajadores .....	75
<b>Tabla 19</b> Grado de instrucción de los trabajadores .....	75
<b>Tabla 20</b> Lugar de procedencia de los trabajadores .....	76
<b>Tabla 21</b> Experiencia laboral de los trabajadores en la ejecución de cimentaciones .....	76
<b>Tabla 22</b> Peso nominal de acuerdo al diámetro del acero .....	84
<b>Tabla 23</b> Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para excavación de cimentaciones ...	87
<b>Tabla 24</b> Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para solado en cimentaciones .....	88
<b>Tabla 25</b> Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para encofrado en cimentaciones .....	89
<b>Tabla 26</b> Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para habilitación y colocación de acero en cimentaciones.....	90
<b>Tabla 27</b> Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para vaciado de concreto en cimentaciones.....	91
<b>Tabla 28</b> Materiales y equipos empleados en la recolección de datos .....	93

<b>Tabla 29</b>	Condiciones del terreno y excavación .....	99
<b>Tabla 30</b>	Dimensiones principales de los elementos de cimentación en las viviendas de estudio....	101
<b>Tabla 31</b>	Concreto y forma de producción y colocación del concreto en las cimentaciones.....	103
<b>Tabla 32</b>	Acero de refuerzo y factores del entorno de obra en las cimentaciones .....	104
<b>Tabla 33</b>	Rendimiento de la mano de obra en la excavación para cimentaciones .....	109
<b>Tabla 34</b>	Rendimiento de la mano de obra en el solado para cimentaciones.....	111
<b>Tabla 35</b>	Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones .....	113
<b>Tabla 36</b>	Rendimiento de la mano de obra en el encofrado para cimentaciones .....	115
<b>Tabla 37</b>	Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto .....	117
<b>Tabla 38</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la excavación para cimentaciones .....	119
<b>Tabla 39</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en el solado.....	127
<b>Tabla 40</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones.....	133
<b>Tabla 41</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en el encofrado .....	141
<b>Tabla 42</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto en cimentaciones.....	146
<b>Tabla 43</b>	Datos que sirvieron para la correlación entre las características técnicas de los trabajadores y el rendimiento y productividad de la mano de obra en cimentaciones .....	180
<b>Tabla 44</b>	Prueba de normalidad del rendimiento de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones .....	182
<b>Tabla 45</b>	Prueba de Kruskal-Wallis del rendimiento .....	183
<b>Tabla 46</b>	Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en excavaciones para cimentaciones.....	183
<b>Tabla 47</b>	Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en el solado en cimentaciones.....	184
<b>Tabla 48</b>	Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones .....	184
<b>Tabla 49</b>	Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en el encofrado en cimentaciones .....	185
<b>Tabla 50</b>	Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto en cimentaciones .....	185
<b>Tabla 51</b>	Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para el porcentaje que representa el rendimiento de la mano de obra en cimentaciones respecto a CAPECO.....	186
<b>Tabla 52</b>	Resumen de rendimientos en la excavación de cimentaciones .....	216
<b>Tabla 53</b>	Resumen de rendimiento en el solado de cimentaciones .....	217

<b>Tabla 54</b>	Resumen de rendimiento en el encofrado de cimentaciones.....	217
<b>Tabla 55</b>	Resumen de rendimiento en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones .....	218
<b>Tabla 56</b>	Resumen de rendimiento en la preparación y vaciado de concreto en cimentaciones.....	219

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Técnicas de la medición del trabajo .....	30
<b>Figura 2</b>	Cimentaciones superficiales de acuerdo con la norma E.050.....	32
<b>Figura 3</b>	Tipos de cimentaciones superficiales .....	39
<b>Figura 4</b>	Condición estructural de las cimentaciones.....	39
<b>Figura 5</b>	Diseño de investigación correlacional.....	49
<b>Figura 6</b>	Ubicación de la ciudad de Chota.....	50
<b>Figura 7</b>	Ubicación de las viviendas en estudio.....	53
<b>Figura 8</b>	Flujograma del procedimiento de recolección de datos para el análisis del rendimiento y productividad de la mano de obra en cimentaciones .....	61
<b>Figura 9</b>	Características de la cimentación que se registraron en cada vivienda .....	71
<b>Figura 10</b>	Vista general del área de excavación y cimentación de una vivienda en estudio.....	72
<b>Figura 11</b>	Ejecución de zapatas y habilitación de acero de refuerzo en vivienda en estudio.....	72
<b>Figura 12</b>	Porcentaje de trabajadores por vivienda.....	77
<b>Figura 13</b>	Porcentaje de trabajadores de acuerdo a la categoría .....	77
<b>Figura 14</b>	Lugar de procedencia .....	77
<b>Figura 15</b>	Categoría de trabajo, grado de instrucción, rango de edad y experiencia laboral .....	78
<b>Figura 16</b>	Registro del rendimiento de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones.....	80
<b>Figura 17</b>	Actividades constructivas evaluadas para el análisis del rendimiento de la mano de obra en cimentaciones.....	81
<b>Figura 18</b>	Condiciones de trabajo y de la cuadrilla durante la ejecución de cimentaciones .....	86
<b>Figura 19</b>	Tipología de la cimentación en las viviendas en construcción en la ciudad de Chota .....	95
<b>Figura 20</b>	Forma del terreno en las viviendas de estudio.....	96
<b>Figura 21</b>	Tipo de suelo identificado durante la excavación .....	97
<b>Figura 22</b>	Profundidad de excavación en las cimentaciones.....	97
<b>Figura 23</b>	Método de excavación empleado en las viviendas de estudio.....	97
<b>Figura 24</b>	Distancia de acarreo del material excedente.....	98
<b>Figura 25</b>	Condición de entibado en las excavaciones .....	98
<b>Figura 26</b>	Espesor de solado en las cimentaciones evaluadas .....	100
<b>Figura 27</b>	Presencia de sobrancho por mala excavación.....	100
<b>Figura 28</b>	Forma de colocación del concreto en cimentaciones .....	102
<b>Figura 29</b>	Método de compactación del concreto.....	102
<b>Figura 30</b>	Secuencia de vaciado del concreto en las cimentaciones .....	102
<b>Figura 31</b>	Diámetro del acero de refuerzo utilizado en cimentaciones.....	103
<b>Figura 32</b>	Accesibilidad al frente de cimentación.....	104

<b>Figura 33</b>	Rendimiento de la mano de obra en la excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad.....	107
<b>Figura 34</b>	Rendimiento de la mano de obra en la excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad.....	107
<b>Figura 35</b>	Rendimiento de la mano de obra en la excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 m de profundidad.....	108
<b>Figura 36</b>	Rendimiento de la mano de obra en la excavación para zapatas aisladas entre 1.40 m y 1.70 m de profundidad.....	108
<b>Figura 37</b>	Rendimiento de la mano de obra en la partida de solado para cimentaciones.....	110
<b>Figura 38</b>	Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones.....	112
<b>Figura 39</b>	Rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado para cimentaciones.....	114
<b>Figura 40</b>	Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto.....	116
<b>Figura 41</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la excavación para cimentaciones.....	119
<b>Figura 42</b>	Vivienda 1, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	120
<b>Figura 43</b>	Vivienda 2, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	120
<b>Figura 44</b>	Vivienda 3, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	121
<b>Figura 45</b>	Vivienda 4, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	121
<b>Figura 46</b>	Vivienda 5, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	122
<b>Figura 47</b>	Vivienda 6, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	122
<b>Figura 48</b>	Vivienda 7, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	123
<b>Figura 49</b>	Vivienda 8, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	123
<b>Figura 50</b>	Vivienda 9, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	124
<b>Figura 51</b>	Vivienda 10, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	124
<b>Figura 52</b>	Vivienda 11, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	125
<b>Figura 53</b>	Vivienda 12, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	125
<b>Figura 54</b>	Vivienda 13, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	126
<b>Figura 55</b>	Vivienda 14, tiempos de producción en excavación de cimentaciones.....	126
<b>Figura 56</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en el solado.....	127
<b>Figura 57</b>	Vivienda 1, tiempos de producción en solado de cimentaciones.....	128
<b>Figura 58</b>	Vivienda 2, tiempos de producción en solado de cimentaciones.....	128
<b>Figura 59</b>	Vivienda 3, tiempos de producción en solado de cimentaciones.....	129
<b>Figura 60</b>	Vivienda 4, tiempos de producción en solado de cimentaciones.....	129
<b>Figura 61</b>	Vivienda 5, tiempos de producción en solado de cimentaciones.....	130
<b>Figura 62</b>	Vivienda 6, tiempos de producción en solado de cimentaciones.....	130
<b>Figura 63</b>	Vivienda 7, tiempos de producción en solado de cimentaciones.....	131

<b>Figura 64</b>	Vivienda 11, tiempos de producción en solado de cimentaciones .....	131
<b>Figura 65</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones .....	133
<b>Figura 66</b>	Vivienda 1, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	134
<b>Figura 67</b>	Vivienda 2, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	134
<b>Figura 68</b>	Vivienda 3, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	135
<b>Figura 69</b>	Vivienda 4, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	135
<b>Figura 70</b>	Vivienda 5, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	136
<b>Figura 71</b>	Vivienda 6, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	136
<b>Figura 72</b>	Vivienda 7, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	137
<b>Figura 73</b>	Vivienda 8, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	137
<b>Figura 74</b>	Vivienda 9, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	138
<b>Figura 75</b>	Vivienda 10, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	138
<b>Figura 76</b>	Vivienda 11, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	139
<b>Figura 77</b>	Vivienda 12, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	139
<b>Figura 78</b>	Vivienda 13, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	140
<b>Figura 79</b>	Vivienda 14, tiempos de producción en acero de cimentaciones .....	140
<b>Figura 80</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en el encofrado .....	141
<b>Figura 81</b>	Vivienda 2, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones .....	142
<b>Figura 82</b>	Vivienda 3, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones .....	142
<b>Figura 83</b>	Vivienda 4, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones .....	143
<b>Figura 84</b>	Vivienda 6, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones .....	143
<b>Figura 85</b>	Vivienda 11, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones .....	144
<b>Figura 86</b>	Vivienda 13, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones .....	144
<b>Figura 87</b>	Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto en cimentaciones .....	146
<b>Figura 88</b>	Vivienda 1, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	147
<b>Figura 89</b>	Vivienda 2, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	147
<b>Figura 90</b>	Vivienda 3, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	148
<b>Figura 91</b>	Vivienda 4, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	148
<b>Figura 92</b>	Vivienda 5, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	149
<b>Figura 93</b>	Vivienda 6, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	149
<b>Figura 94</b>	Vivienda 7, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	150
<b>Figura 95</b>	Vivienda 8, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	150
<b>Figura 96</b>	Vivienda 9, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	151
<b>Figura 97</b>	Vivienda 10, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	151
<b>Figura 98</b>	Vivienda 11, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	152

<b>Figura 99</b>	Vivienda 12, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	152
<b>Figura 100</b>	Vivienda 13, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	153
<b>Figura 101</b>	Vivienda 14, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones .....	153
<b>Figura 102</b>	Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en excavación de cimentaciones.....	161
<b>Figura 103</b>	Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en excavación de cimentaciones .....	162
<b>Figura 104</b>	Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en solado de cimentaciones .....	163
<b>Figura 105</b>	Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en solado de cimentaciones.....	164
<b>Figura 106</b>	Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones .....	165
<b>Figura 107</b>	Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones.....	166
<b>Figura 108</b>	Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en encofrado de cimentaciones.....	167
<b>Figura 109</b>	Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en encofrado de cimentaciones .....	168
<b>Figura 110</b>	Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones .....	169
<b>Figura 111</b>	Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones .....	170
<b>Figura 112</b>	Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en excavación de cimentaciones.....	174
<b>Figura 113</b>	Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en excavación de cimentaciones .....	174
<b>Figura 114</b>	Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en solado de cimentaciones .....	175
<b>Figura 115</b>	Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en solado de cimentaciones .....	175
<b>Figura 116</b>	Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones .....	176
<b>Figura 117</b>	Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones .....	176
<b>Figura 118</b>	Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en encofrado de cimentaciones.....	177

<b>Figura 119</b> Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en encofrado de cimentaciones .....	177
<b>Figura 120</b> Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones	178
<b>Figura 121</b> Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones .....	178
<b>Figura 122</b> Correlación de Spearman entre las características técnicas de los trabajadores y el rendimiento y productividad de la mano de obra en cimentaciones .....	180

## ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ACI: American Concrete Institute

APU: Análisis de Precios Unitarios.

CAP: Capataz.

CAPECO: Cámara Peruana de la Construcción.

Df: Profundidad de desplante.

f'c: Resistencia a la compresión especificada del concreto a los 28 días.

hh: Hora-hombre.

MINEDU: Ministerio de Educación

MPCH: Municipalidad Provincial de Chota.

MVCS: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

N.º: Número.

OF: Oficial.

OP: Operario.

PE: Peón.

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones

RUP: Unitary Production Ratio (Relación unitaria de producción).

SHP: Shapefile (formato de archivo SIG).

SN: Sin número.

TC: Tiempo contributorio.

TNC: Tiempo no contributorio.

TP/ PT: Tiempo productivo.

UTM: Universal Transversal de Mercator.

VIV: Vivienda.

WGS84: World Geodetic System 1984.

## RESUMEN

En la ejecución de edificaciones, el rendimiento y productividad de la mano de obra presentan variaciones asociadas a las características técnicas y operativas de las partidas. La investigación tuvo como objetivo analizar el rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024. La metodología fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel correlacional y diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por la mano de obra de 14 viviendas, seleccionadas por muestreo no probabilístico por conveniencia, evaluadas entre mayo y setiembre de 2025. Se analizaron las partidas de excavación, solado, encofrado, habilitación y colocación de acero, y preparación y vaciado de concreto. Los resultados determinaron que las cimentaciones correspondieron a zapatas aisladas (64%) y corridas (36%), con profundidades de desplante de 1.20 a 1.80 m, con distancias de acarreo menores a 5.00 m. En excavación, el rendimiento promedio fue de 2.73 m<sup>3</sup>/día, equivalente al 99.58% del valor referencial, en habilitación y colocación de acero se obtuvo 244.20 kg/día (97.68%), en la preparación y vaciado de concreto, el rendimiento promedio fue de 24.46 m<sup>3</sup>/día (97.85%), en contraste, el solado y el encofrado registraron rendimientos inferiores, con 68.18 m<sup>2</sup>/día (85.23%) y 11.76 m<sup>2</sup>/día (84.01%), respectivamente. La distribución de tiempos mostró predominio del tiempo contributorio, destacando el vaciado de concreto con 58.30%. Se concluye que el rendimiento y la productividad de la mano de obra en cimentaciones en Chota dependen de la geometría del elemento, el metrado ejecutado, la organización del frente de trabajo y el balance de la cuadrilla.

**Palabras clave:** cimentaciones; construcción de edificaciones; tiempos productivos; organización de cuadrillas, rendimiento ajustado.

## ABSTRACT

In the execution of buildings, labor performance and productivity vary depending on the technical and operational characteristics of the work items. The objective of the research was to analyze labor performance and productivity in the construction of foundations in buildings in the city of Chota, 2024. The methodology was quantitative, applied, correlational, and non-experimental in design. The sample consisted of the labor force of 14 homes, selected by non-probabilistic convenience sampling, evaluated between May and September 2025. The items of excavation, screeding, formwork, steel fitting and placement, and concrete preparation and pouring were analyzed. The results determined that the foundations corresponded to isolated footings (64%) and continuous footings (36%), with depths of 1.20 to 1.80 m, with transport distances of less than 5.00 m. In excavation, the average yield was 2.73 m<sup>3</sup>/day, equivalent to 99.58% of the reference value; in steel reinforcement and placement, 244.20 kg/day (97.68%) was obtained; in concrete preparation and pouring, the average yield was 24.46 m<sup>3</sup>/day (97.85%). In contrast, flooring and formwork recorded lower yields, with 68.18 m<sup>2</sup>/day (85.23%) and 11.76 m<sup>2</sup>/day (84.01%), respectively. The distribution of times showed a predominance of contributory time, with concrete pouring standing out at 58.30%. It is concluded that the performance and productivity of the workforce in foundations in Chota depend on the geometry of the element, the measurements taken, the organization of the work front, and the balance of the crew.

**Keywords:** foundations; building construction; productive times; crew organization; adjusted performance.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Las cimentaciones garantizan la estabilidad y resistencia de la estructura (Łupieżowiec et al., 2022), por ello, su construcción representa una parte significativa del costo total de la edificación (Bos et al., 2022), donde la mano de obra es uno de los principales componentes de los costos, debido a que de su rendimiento y productividad depende el avance, rentabilidad y competitividad del proyecto (Hamza et al., 2022), pero, la eficiencia de la construcción de cimentaciones en edificaciones puede variar significativamente de acuerdo con el tipo de suelo, la ubicación geográfica y los recursos disponibles (Ibayevich, 2023), de allí, la importancia de realizar un análisis exhaustivo del rendimiento y la productividad de la mano de obra a nivel local.

En el Perú el rendimiento de la mano de obra, dato necesario para el análisis de costos unitarios está dado por la *Cámara Peruana de la Construcción* (CAPECO, 2006), la *Revista Perú Construye* (2016) y el programa *Presupuestos.pe* (Ibáñez, 2023), sin embargo, todos estos compendios están centralizados en la capital peruana, Lima, omitiendo la variabilidad del rendimiento y productividad de la mano de obra en cada ciudad, distrito, provincia y región del país.

En la construcción, es común observar variaciones en la calidad y velocidad de ejecución de los proyectos (Ammar et al., 2022), estas variaciones se dan por cambios sustanciales en el clima, cultura de los trabajadores, pero sobre todo por las características de la partida en desarrollo (Hamza et al., 2022). Por tanto, el análisis del rendimiento y productividad de la mano de obra puede ayudar a identificar las causas de estas variaciones y desarrollar estrategias para mejorar la consistencia y eficiencia en la realización de las tareas requeridas, así como, permitir la obtención de información adecuada al contexto local (Manoharan et al., 2023).

En el distrito de Chota no hay investigaciones sobre el análisis del rendimiento y productividad de la mano de obra en la edificación de cimentaciones, motivo por el cual se ha elegido el tema como objeto de estudio, considerando que, las pocas investigaciones existentes en el medio local sobre el tema (Tinoco y Espinoza, 2022) no analizan la variabilidad de las características técnicas y constructivas de la partida y cómo éstas pueden ocasionar variación en el rendimiento y productividad de la mano de obra. Aun cuando, incluso CAPECO (2006) reconoce la variabilidad del rendimiento y productividad de la mano de obra de acuerdo al tipo de cimentación y profundidad de desplante. Pero, en la ciudad de Chota no se tiene conocimiento de cómo el rendimiento y productividad de la mano de obra se puede ver influenciada por las características de la cimentación durante la edificación de estas, de allí el interés en el tema de estudio.

## **1.2. Justificación**

La investigación se justifica porque contribuye a ampliar el conocimiento existente sobre el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones de edificaciones. El análisis de actividades como excavación, habilitación y colocación de acero, vaciado de concreto en zapatas permite identificar métodos constructivos y factores que influyen en el rendimiento laboral, tales como el tipo de cimentación, las condiciones del suelo, la altura de fundación y la disponibilidad de recursos. De este modo, la investigación fortalece el marco conceptual vinculado a la gestión de la construcción y la productividad en obras de cimentación en Chota.

El estudio responde a la necesidad de contar con información técnica, objetiva y actualizada sobre los rendimientos reales de la mano de obra en cimentaciones en viviendas de la ciudad de Chota. Los resultados servirán como base para optimizar la planificación de tiempos, costos y recursos en edificaciones similares, considerando que el rendimiento laboral puede variar según las condiciones propias de cada proyecto.

Finalmente, la investigación presenta relevancia social, dado que el crecimiento sostenido de la actividad constructiva en la ciudad de Chota ha incrementado la demanda de mano de obra en la ejecución de cimentaciones. Mejorar el rendimiento y la productividad en esta etapa crítica del proceso constructivo contribuye directamente a la calidad de las edificaciones, beneficiando tanto a las empresas y profesionales del sector como a los trabajadores, al promover mayor eficiencia operativa. Asimismo, la metodología aplicada sirve de base para el desarrollo de investigaciones similares.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cuánto es el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024?

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo general***

Analizar el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024.

#### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Caracterizar las condiciones técnicas y operativas de la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, considerando la tipología de cimentación, las condiciones del terreno y excavación (profundidad, distancia de acarreo, tipo de suelo y condición de entibado), las dimensiones geométricas de la cimentación, las características del concreto y su forma de producción y colocación, el acero de refuerzo empleado, así como los factores del entorno relacionados con accesibilidad y clima.
- Determinar el rendimiento de la mano de obra en las partidas de excavación, habilitación y colocación de acero y vaciado de concreto en cimentaciones,

comparando los resultados obtenidos con los valores referenciales del compendio CAPECO (2006).

- Determinar la distribución de los tiempos productivo, contributivo y no contributivo de la mano de obra en las partidas de excavación, habilitación y colocación de acero y vaciado de concreto en la construcción de cimentaciones.
- Analizar las condiciones técnicas y operativas de la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota y el rendimiento y productividad de la mano de obra durante su ejecución.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Fernandes et al (2025) en su investigación realizada en Brasil “*Analysis of Labor Productivity for Steel Assembly in Construction Projects in Hot and Humid Climate Zones Based on the RUP Methodology*” tuvieron como objetivo analizar el rendimiento y productividad de la mano de obra de proyectos en zonas cálidas y húmedas. Utilizaron el enfoque cuantitativo y tuvieron como muestra 10 proyectos en los que determinaron la tasas de rendimiento Unitary Production Ratio (RUP). Determinaron que, en la fase de cimentación tuvieron RUP global de 0.038 Mh/kg, con valores entre 0.018 Mh/kg y 0.182 Mh/kg en la habilitación y colocación de acero, además determinaron que, los turnos nocturnos y una pausa de una hora en climas cálidos aumenta la productividad en 25%, colocando 1,248 kg de acero una cuadrilla de 10 trabajadores. Concluyeron que las condiciones climáticas influyen en el rendimiento de la mano de obra durante actividades de cimentación.

Cevallos (2025) en su estudio realizado en Ecuador “*Elaboración y desarrollo de los Análisis de Precios Unitarios (APU's) para un presupuesto referencial de la construcción de una cimentación con zapatas aisladas y cronograma valorado de ejecución de obra*”, tuvo como objetivo elaborar un presupuesto referencial para la construcción de una vivienda unifamiliar de una planta. Logró determinar que el tiempo productivo promedio (TP) fue 72.15%, tiempo contributivo (TC) 17.52%, y el tiempo no contributivo (TNC) 10.33%; en cuanto al rendimiento, las cuadrillas alcanzaron 3.75 m<sup>3</sup>/día en cimentaciones, 2.5 m<sup>3</sup>/día en columnas y 1.8 m<sup>3</sup>/día en losas, evidenciando disminución del rendimiento en elementos que requerían mayor tiempo de armado. Concluyó que la productividad de la mano de obra depende de la planificación de tareas.

Chacón y Zambrano (2025) en su investigación realizada en Colombia “*Análisis del rendimiento de la mano de obra para construcción de edificaciones en la ciudad de Pasto: Etapa estructuras, utilizando la filosofía de trabajo Lean Construction*”, tuvieron como objetivo elaborar una línea base del rendimiento de la mano de obra empleando la filosofía de Lean Construcción en la fase de estructuras de edificaciones. Utilizaron el enfoque cuantitativo de diseño no experimental de alcance descriptivo siendo la muestra tres proyectos de las constructoras Doyca, Gómez y Mora Asociados y Valucc. Determinaron que el rendimiento de la mano de obra varió entre 210.50 y 102.81 kg/h para el amarre de acero en zapatas, con valores de TP entre 90.5% y 72%; mientras que el vaciado de concreto entre 11.9 y 4.5 m<sup>3</sup>/h, con promedio TP de 80%, TC de 8% y TNC de 12%, en los trabajos de encofrado y desencofrado los TP estuvieron entre 60% y 91%, enfatizando mayor eficiencia en el desencofrado de columnas y vigas con rendimientos de 4.3 a 4.7 m<sup>2</sup>/h. Concluyeron que la productividad de la mano de obra en la etapa estructural depende de la complejidad de los elementos.

Rathnayake et al. (2024) en su estudio realizado en Londres “*Measuring activity-level construction productivity*” tuvieron como objetivo medir la productividad en la construcción por actividades. El enfoque de la investigación fue cuantitativo evaluaron cuadrillas de seis proyectos de oficinas y residencias que tuvieron de 9 a 16 trabajadores. Determinaron que, en la habilitación y colocación de acero el tiempo productivo en la obra 2, 3, 4, 5 y 6 fue 10%, 5%, 12, 11% y 8%, el tiempo contributorio fue 60%, 50%, 38%, 40% y 35%, respectivamente, en encofrado para las obras 2, 3 y 4 los TP fueron 17%, 20% y 13% y los TC fueron 65%, 62% y 70%, respectivamente. Los tiempos de ejecución de las partidas fueron: de 15 a 19 horas en habilitación y colocación de acero, de 14 a 32 horas en encofrado, de 2 a 3 horas en vaciado de concreto. Además, identificaron que las pérdidas de productividad están relacionadas

con discontinuidad en el flujo laboral, tareas repetidas y tiempos muertos. Concluyendo que la productividad no depende solo de la tasa de trabajo directo si no de la complejidad del trabajo y la coordinación de flujos de materiales.

Jacobsen et al. (2024) en su estudio realizado en Dinamarca “*Probabilistic forecasting of construction labor productivity metrics*” tuvieron como objetivo analizar el rendimiento y la productividad de la mano de obra en las actividades de cimentación y estructuras con la aplicación de modelos como el *Machine Learning*. El enfoque fue cuantitativo con metodología predictiva. Determinaron que el tiempo de trabajo de la mano de obra se distribuía en 40% TP, 32% TC y 28% TNC manifestando una significativa variabilidad en el rendimiento diario. Concluyeron que la productividad y el rendimiento de la mano de obra en cimentaciones presenta fluctuaciones que pueden anticiparse bajo modelos permitiendo optimizar la planificación y control del tiempo.

Ortiz (2023) en Colombia en su investigación “*Análisis comparativo de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades básicas de la edificación de viviendas, entre los precios de la Gobernación del Valle del Cauca y Buenaventura*” tuvo como objetivo comparar el rendimiento de la mano de obra en construcciones locales versus los rendimientos dados por la gobernación del valle del Cauca en viviendas. Determinó que, el rendimiento de la mano de obra en solado era 0.679 m<sup>2</sup> para una cuadrilla de 1 oficial y 1 peón, 4.012 m<sup>3</sup> en zapatas de concreto con cuadrilla de 1 oficial y 1 peón, 6.182 m<sup>3</sup> de vigas de cimientos con cuadrilla de 1 oficial y 2 peones, 5.891 m<sup>3</sup> para pedestales de concreto con cuadrilla de 1 oficial y 1 peón. Por tanto, los rendimientos en campo son mayores respecto a los rendimientos de la gobernación del Valle de Cauca de 0.30 m<sup>2</sup>, 2.95 m<sup>3</sup>, 5.9 m<sup>3</sup>, 3.00 m<sup>3</sup>. Concluyó que la mano de obra presenta rendimiento diferente durante la construcción de una edificación de acuerdo con las características de la mano de obra y la partida desarrollada.

Becerra (2022) en su investigación realizada en Colombia “*Determinación de rendimientos de mano de obra de actividades menores de cimentación y estructura que sirvan de referencia para el adecuado cálculo de mano de obra en la elaboración de presupuestos y de la duración de las actividades en programación de futuras obras de edificaciones*” tuvo como objetivo determinar el rendimiento de la mano de obra en la construcción del edificio comercial Toberin y de los Apartamentos Steel 22. Determinó que, para la excavación manual un peón realizó el trabajo en 27 días (216.80 h) con rendimiento de 2.89 hh/m<sup>3</sup>, en excavaciones con equipo de pilotaje el rendimiento fue 0.146 hh/ml en 81.8 h, para armar el acero y verter el concreto en placa flotante, placa de losa aligerada y viga de cimentación se utilizaron cuadrillas de 2 oficiales y 3 ayudantes con aporte unitario de 7.08, 3.32 y 3.99 hh/m<sup>2</sup> realizados en 708.0, 627.5 y 199.5 h. Concluyeron que, los rendimientos obtenidos en obra son menores del 1% a 49% respecto a los rendimientos dados por Construdata (compendio colombiano).

Velandia (2022) en su tesis de maestría en Colombia “*Estudio de rendimientos y consumos de la mano de obra en actividades de cimentación en la construcción de vivienda unifamiliar en el municipio de Tame, departamento de Arauca*” tuvo como objetivo determinar el rendimiento y consumos de mano de obra en diez actividades del componente de cimentación seleccionadas en ocho viviendas del municipio de Tame. Cada vivienda tuvo dimensiones y profundidad de desplante propias, pero en todos los casos construyeron con zapatas conectadas, la cuadrilla para excavación manual de hasta 2 m de profundidad estuvo conformada por 1 peón con rendimiento de 2.51 m<sup>3</sup>/día, el vaciado de concreto en zapatas realizado por 1 oficial y 3 peones alcanzó el rendimiento de 2.71 m<sup>3</sup>/día, en acero de refuerzo 1 oficial y 1 peón ejecutaban 171.72 kg/día. Concluyeron que durante la construcción de la cimentación de viviendas en Tame se alcanzan rendimientos menores a los supuestos de otras regiones.

### 2.1.2. *Antecedentes nacionales*

Tellez y Medina (2024) en su investigación realizada en Tacna “*Estudio de los factores que influyen el rendimiento de mano de obra en las obras públicas de la provincia de Tacna, 2023*” tuvieron como objetivo determinar el rendimiento y productividad de la mano de obra en las partidas estructurales de cimentación, columnas y losa. La metodología fue cuantitativa tuvieron como muestra a la mano de obra que laboró en la construcción de tres instituciones educativas. Analizaron el procedimiento de cuadrillas en jornada completa determinando que el TP era 71.60%, TC 18.25%, y TNC 10.15%, el rendimiento fue de 21.67 m<sup>3</sup> en el vaciado de cimientos corridos, 7.50 m<sup>2</sup> en encofrado, 238.33 kg en habilitación de acero en la obra 1, 22 m<sup>3</sup>, 8 m<sup>2</sup> y 243.33 kg en la obra 2, 21.50 m<sup>3</sup>, 7.67 m<sup>2</sup> y 245 kg en la obra 3, siendo los principales factores que afectaron el rendimiento diario la condición climática, interrupciones de maquinaria, herramientas inadecuadas y el conocimiento del trabajador. Concluyeron que, el 95% de las partidas obtienen rendimientos inferiores a los dados por CAPECO.

Sanchez (2023) en su investigación realizada en Pucallpa “*Determinación del rendimiento, productividad de la mano de obra y su incidencia directa sobre el tiempo en la ciudad de Pucallpa con respecto a CAPECO*” tuvo como objetivo determinar el rendimiento de la mano de obra en edificaciones. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque mixto y nivel descriptivo, correlacional; siendo la muestra 6 obras de edificación en las que se evaluó 23 partidas. En partidas vinculadas a cimentaciones, el autor reportó que la excavación manual de zanjas con H = 1.40 m presentó reducción del 18.26% respecto a CAPECO, para el caso de zapatas, se obtuvo en excavación con maquinaria disminución del 2.87% y en excavación manual 13.77%; en el encofrado de zapatas aisladas se registró disminución del 14.91%, y para el vaciado de concreto f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> en zapatas disminución del 7.61%. Complementariamente, el autor

consignó rendimientos en excavación manual de zanjas con cuadrilla de 1 operario y 1 peón de 2.861 m<sup>3</sup>/día, en excavación manual de zapatas aisladas registró 2.587 m<sup>3</sup>/día; en encofrado de zapatas aisladas la cuadrilla de 1 operario, 1 oficial y 1 peón obtuvo 4.765 m<sup>2</sup>/día, para vaciado de concreto en zapatas la cuadrilla de 1 operario, 1 oficial y 4 peones alcanzó 23.097 m<sup>3</sup>/día, y en desencofrado de zapatas aisladas 1 oficial y 2 peones logró 2.249 m<sup>2</sup>/día. Concluyó que los rendimientos determinados en campo fueron, en general, inferiores a los valores de CAPECO.

Santos (2024) en su investigación “*Rendimiento de mano de obra en ejecución de proyectos del Programa Nacional de Vivienda Rural, La Peca 2023*” tuvo como objetivo determinar el rendimiento de la mano de obra en las partidas de cimiento corrido, concreto en columnas y vigas, acero corrugado para columnas y vigas, muro con ladrillo de arcilla y acabado de muro exterior e interior del proyecto de vivienda rural en la Peca. Determinó que para la cuadrilla de 1 OP, 1 OF y 6 PE en el vaciado de cimiento corrido f'c 100 kg/cm<sup>2</sup> determinó aportes unitarios de 0.43, 0.43 y 2.58 hh alcanzado el rendimiento de 18.64 m<sup>3</sup>/día, en habilitación y colocación de acero para la cuadrilla de 1 OP y 1 OF obtuvieron aportes unitarios de 0.04 y 0.04 hh, alcanzando rendimiento de 205.71 kg/día. Concluyó que, los rendimientos reales son menores a los dados en el expediente técnico, además la jornada laboral y ubicación de las viviendas influye en el rendimiento y corto de la mano de obra que se incrementa en 14.58%.

Díaz (2023) en su investigación “*Análisis del rendimiento de mano de obra en la ejecución del casco estructural de las viviendas del programa Techo Propio*” tuvo como objetivo determinar el rendimiento de la mano de obra en la construcción de viviendas. La investigación fue de enfoque correlacional teniendo como muestra a la mano de obra de 6 viviendas del proyecto de las fincas tres de ellas con área construida de 42 m<sup>2</sup> y las otras 3 con 36 m<sup>2</sup>. Determinó que, en habilitación y colocación de acero

en zapatas en la vivienda 1, 2, 3, 4, 5 y 6 el rendimiento en campo fue 210, 270, 270, 270, 200 y 260 kg/día para 1 OP; mientras que en preparación y vaciado de concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> para zapatas el rendimiento en la vivienda 1, 2, 3, 4, 5 y 6 fue de 18, 25, 25, 26, 12 y 25 m<sup>3</sup>/día para 1 OP + 2 PE, respectivamente. Concluyó que, generalmente la eficiencia en la construcción se califica como excelente con 91% de productividad.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Tinoco y Espinoza (2022) en Jaén, en su investigación “*Evaluación de Rendimientos de Mano de Obra en las Principales Partidas de las Construcciones Informales en el Sector Los Aromos de la Ciudad de Jaén*” tuvo como objetivo determinar el rendimiento de la mano de obra en 10 partidas principales en la construcción de 10 viviendas informales en el sector Los Aromos. La investigación de enfoque cuantitativo y diseño no experimental tuvo como muestra a la mano de obra de 10 construcciones informales del sector Los Aromos. Determinaron que, el rendimiento promedio de mano de obra para las partidas de encofrado y desencofrado de cimentación (zapatas centrales, excéntrica, esquina, y vigas de cimentación) en viviendas informales fue de 24.499 m<sup>2</sup> para una cuadrilla de 2 operarios y 5 peones; en vaciado de concreto en zapatas fue de 26.02 m<sup>3</sup> para una cuadrilla de 2 operarios y 10 peones; y en vaciado de concreto en vigas de cimentación fue de 22.187 m<sup>3</sup> para una cuadrilla de 2 operarios y 11 peones. Concluyeron que, de las 10 partidas evaluadas, siete de ellas (70%) tuvieron rendimientos de mano de obra superiores a los valores estándar dados por CAPECO, mientras que, el 30% de las partidas presentaron rendimientos inferiores, lo que demuestra que es fundamental elaborar los presupuestos con los rendimientos reales de cada lugar, sin dejar de lado las sugerencias dadas por la entidad regulatoria (CAPECO).

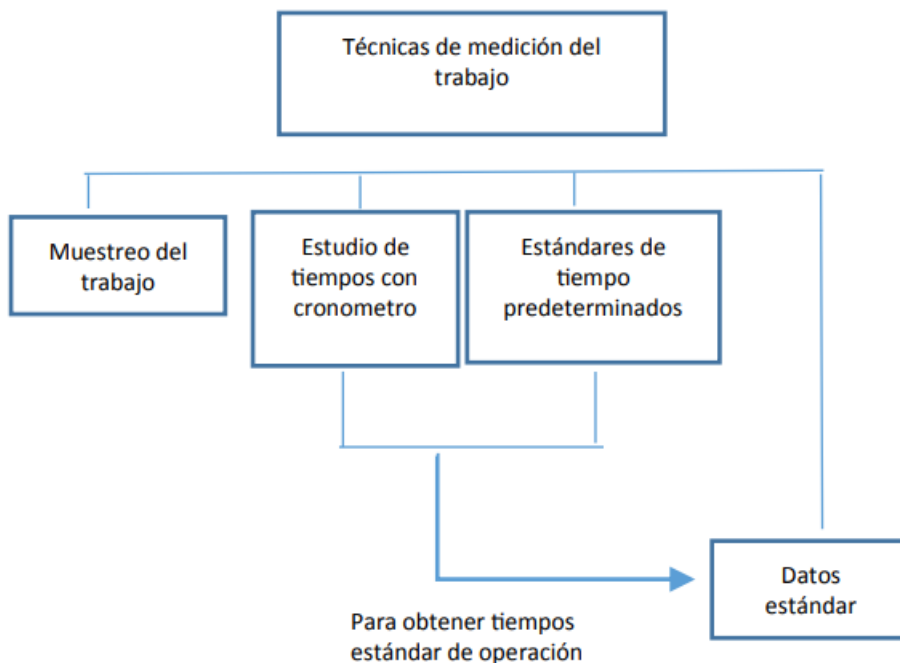
## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Estudio de métodos, movimientos y tiempos

Frederick Winslow Taylor (1856–1915) sentó las bases de la administración científica al proponer la estandarización de métodos y la medición de tiempos como herramientas para mejorar la productividad de la mano de obra; posteriormente, los esposos Gilbreth ampliaron este enfoque mediante el estudio de movimientos, incorporando el análisis de micro-movimientos y diagramas de proceso. En esta línea, Harrington Emerson planteó que la eficiencia se alcanza mediante la capacitación y la fijación de objetivos, mientras que Henri Fayol (1916) destacó la importancia de la organización del trabajo y sus principios administrativos, y Elton Mayo (1924–1933) evidenció que las condiciones laborales influyen en la productividad. En conjunto, estos aportes sustentan el estudio de métodos, movimientos y tiempos en la construcción, al permitir analizar el uso del tiempo y el desempeño de la mano de obra (Palacios, 2009).

#### Figura 1

*Técnicas de la medición del trabajo*



Nota. Adaptado de Kanawaty (1996) por Ovelle-Castiblanco y Cárdenas (2016).

### **2.2.2. Normas nacionales (E.050 y E.060) aplicadas a cimentaciones**

La norma técnica E.060 (MVCS, 2009) establece que el concreto armado debe elaborarse con cemento, agregados, agua y acero adecuadamente dosificados, de manera que se garantice una resistencia promedio a compresión no menor a 17 MPa. El tamaño máximo del agregado grueso no debe exceder los  $\frac{3}{4}$  del espaciamiento mínimo entre barras de refuerzo ni  $\frac{1}{5}$  de la menor dimensión del encofrado.

La preparación, mezclado, colocación y curado del concreto deben ejecutarse bajo condiciones estrictas de control de calidad. Previamente a la colocación, se debe verificar la correcta ubicación del refuerzo, las cotas y dimensiones de los encofrados, así como la limpieza del equipo y del área de vaciado. El concreto debe mezclarse de manera uniforme en mezcladoras, respetando las proporciones y los tiempos mínimos de mezclado (90 segundos), tanto para concreto preparado en obra como premezclado. Durante la colocación, el concreto debe depositarse cerca de su ubicación final, en operaciones continuas, evitando la segregación y el uso de concreto parcialmente endurecido. El curado debe garantizar que el concreto se mantenga húmedo y dentro de rangos de temperatura controlados durante los primeros días, a fin de asegurar el proceso de hidratación y el desarrollo de la resistencia especificada (MVCS, 2009).

Respecto a los encofrados, la norma E.060 (MVCS, 2009) indica que estos deben ser herméticos para impedir la fuga del mortero y suficientemente rígidos para conservar su posición y forma durante el vaciado. El desencofrado solo debe realizarse cuando el concreto haya alcanzado la resistencia suficiente para no ser dañado. En el caso de cimentaciones, el recubrimiento mínimo del concreto respecto al acero de refuerzo debe ser de 70 mm, para garantizar protección frente a la corrosión.

En cuanto al acero de refuerzo, la norma define los ganchos estándar según el ángulo de doblez y la longitud de extensión, medida en múltiplos del diámetro de la

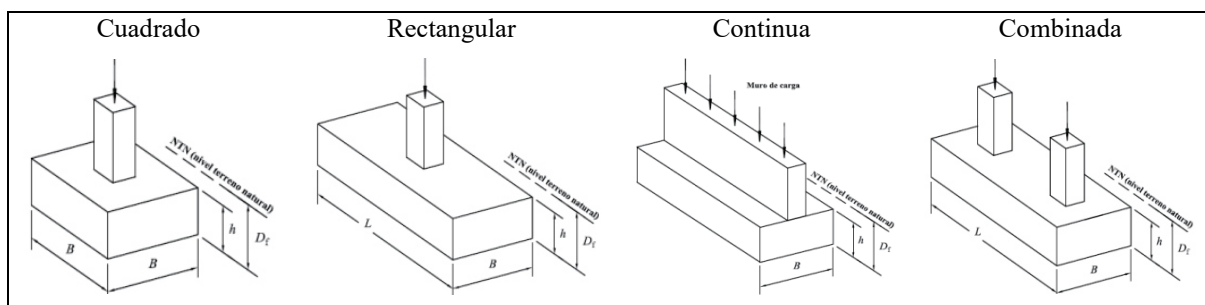
barra (db). Se establecen ganchos de 180° con extensión mínima de 4 db (no menor de 65 mm). Asimismo, se especifican diámetros mínimos de doblado para evitar fisuración o daño del acero, los cuales no deben ser menores a 4 db para barras de 5/8" y menores, incrementándose para barras de mayor diámetro. Disposiciones que garantizan adecuado anclaje, confinamiento y comportamiento estructural (MVCS, 2009).

Para el diseño de zapatas aisladas y combinadas, la norma E.060 (MVCS, 2009) establece que estas deben diseñarse para resistir las cargas amplificadas y las reacciones del suelo, de acuerdo con su capacidad portante. La altura mínima de las zapatas no debe ser menor a 300 mm cuando se apoyan directamente sobre suelo, ni menor a 400 mm cuando se apoyan sobre pilotes. Asimismo, se reconoce el uso del concreto ciclópeo, con resistencia mínima  $f'c = 10$  MPa, únicamente para cimientos corridos, sobrecimientos y falsas zapatas, no siendo permitido para zapatas estructurales.

Por su parte, la norma técnica E.050 (MVCS, 2018) define que las cimentaciones superficiales son aquellas cuya relación profundidad/ ancho ( $h/B$ ) es menor o igual a cinco. En este contexto, las zapatas deben presentar geometría regular, ya sea cuadrada, rectangular o continua, a fin de garantizar adecuada distribución de cargas hacia el suelo de cimentación.

## Figura 2

*Cimentaciones superficiales de acuerdo con la norma E.050*



Nota. Norma E.050 (MVCS, 2018).

### 2.2.3. *Productividad en la construcción*

De acuerdo con Koseoglu y Nurtan-Gunes (2018), la productividad en la edificación puede ser mejorada a través de la implementación de estrategias de gestión eficientes y el uso adecuado de tecnologías y recursos disponibles. Estos autores destacan la importancia de la planificación adecuada, el control de costos y la coordinación entre los diferentes departamentos de construcción. Por otro lado, Pan et al. (2019) argumentan que la productividad está influenciada por factores externos, como las políticas gubernamentales y condiciones económicas. Según Memon et al. (2023) una mayor productividad en la construcción puede llevar a mayor rendimiento de los trabajadores, lo que a su vez puede aumentar la productividad general.

Hay tres teorías relacionadas con la productividad en la construcción:

**Teoría del capital humano en la construcción.** Esta teoría fue introducida por Gary S. Becker en 1964 y postula que el capital humano, es decir, la educación, las habilidades y la experiencia de los trabajadores, tiene un impacto significativo en la eficacia de la construcción. Los trabajadores con mayor nivel de educación y habilidades tienden a ser más productivos en sus tareas (De la Rica y Padilla, 1999).

**Teoría del aprendizaje organizativo en la construcción.** Esta teoría, desarrollada por Argyris y Schön en 1978, sostiene que las organizaciones de la industria de la edificación pueden aumentar su productividad mediante el aprendizaje continuo y la adquisición de nuevas habilidades. El aprendizaje organizativo implica la transferencia de conocimientos y mejores prácticas entre los proyectos y los empleados para mejorar el rendimiento (Golembiewski, 1979).

**Teoría del tamaño de la empresa en la construcción.** Esta teoría fue propuesta por Edward Lazear en 1999 y postula que el tamaño de la empresa de la construcción incide en la productividad (Lazear, 1999).

#### ***2.2.4. Factores propios de la construcción de cimentaciones que influyen en el rendimiento y productividad de la mano de obra en edificaciones***

La edificación de cimentaciones garantiza la estabilidad estructural; pero, su ejecución se ve influenciada por factores que afectan el rendimiento y productividad de la mano de obra. De acuerdo con Kalantari (2012) las características y calidad del suelo condicionan las técnicas de cimentación, incrementando el tiempo y esfuerzo de ejecución cuando se trata de suelos de baja calidad o con presencia de agua. Asimismo, Becker (1997) señala que el tipo de cimentación, definido según el suelo, la carga estructural y la ubicación geográfica, influye directamente en el rendimiento de la mano de obra, ya que un diseño inadecuado genera mayores exigencias operativas. Por otro lado, Pan y Zhang (2021) destacan que el uso de tecnologías, maquinaria y herramientas permite optimizar los procesos constructivos, reduciendo tiempos y esfuerzo, aunque su efectividad depende de la capacitación y la experiencia del personal.

##### **a) Influencia del tipo de cimentación en la productividad de la mano de obra**

La productividad de la mano de obra en la construcción se ve influida por el tipo de cimentación. Becerra (2022) argumenta que la elección de la cimentación afecta el rendimiento laboral, mientras que Mojica (2011) evidencia que cimentaciones profundas, como pilotes o losas de cimentación, demandan más tiempo y recursos que las cimentaciones superficiales, debido a excavaciones más profundas. Asimismo, Gualdrón (2013) señala que las cimentaciones profundas incrementan los riesgos laborales asociados al uso de equipos pesados. Por su parte, Velandia (2022) indica que las cimentaciones profundas implican un mayor esfuerzo físico, lo que puede generar fatiga y reducir la eficiencia productiva de los trabajadores. Por tanto, es importante seleccionar adecuadamente el tipo de cimentación considerando la seguridad estructural, productividad de la mano de obra y recursos disponibles.

## **b) Influencia del tipo de suelo en la productividad de la mano de obra**

La productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones está influenciada por el tipo de suelo. Graux (1975) argumenta que los suelos con alta compacidad demandan mayor esfuerzo y tiempo en los procesos de excavación, lo que reduce la productividad de los trabajadores en comparación con suelos menos densos; además, suelos con baja capacidad portante requieren cimentaciones especiales lo que incrementa la complejidad y tiempo de ejecución. De igual manera, Deepa et al. (2023) señalaron que los suelos de alta densidad, exigen el uso de equipos más potentes, lo que puede disminuir el rendimiento laboral, mientras que los suelos más blandos permiten mayor productividad debido a su facilidad de excavación y manipulación.

## **c) Influencia de la profundidad de cimentación en la productividad laboral**

La productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones está directamente condicionada por la profundidad de la cimentación. Según Velandia (2022) a medida que aumenta la profundidad de la cimentación se incrementa la complejidad de las labores de excavación, encofrado y vertido de concreto, lo que prolonga los tiempos de ejecución y reduce la eficiencia productiva de los trabajadores. Además, Sota (2017) señala que la resistencia del suelo influye significativamente en la productividad, ya que suelos más resistentes requieren el uso de maquinaria pesada y métodos constructivos más complejos, lo que incrementa los esfuerzos operativos y disminuye el rendimiento laboral, especialmente en cimentaciones profundas. Por lo tanto, Becerra (2022) argumenta que el aumento de la profundidad de la cimentación conlleva a la reducción progresiva de la productividad de la mano de obra, por la mayor dificultad técnica, los riesgos operativos y las condiciones geotécnicas del terreno.

**2.2.5. Rendimientos de la mano de obra en la construcción de cimentaciones de acuerdo al compendio de “Costos y presupuestos en edificaciones” de CAPECO (2006)**

El rendimiento se mide en relación a la cantidad de trabajo realizado por una cuadrilla en un período de tiempo determinado. En la edificación de cimentaciones, los trabajadores llevan a cabo tareas como la excavación, solado, instalación de armaduras de refuerzo, opcionalmente encofrado y preparación y vaciado de concreto. En el país, el rendimiento de los trabajadores en las partidas de cimentación está dado por el compendio nacional de “Costos y presupuestos en edificaciones” de CAPECO (2006).

**Tabla 1**

*Rendimiento de la mano de obra en excavaciones para cimentaciones según CAPECO (2006)*

Partida	Cuadrilla	Aporte unitario (hh)	Rendimiento (m <sup>3</sup> /día)
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.20 PE= 2.00	4.00
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.23 PE= 2.29	3.50
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 de profundidad	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.27 PE= 2.67	3.00
Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.32 PE= 3.20	2.50

*Nota.* CAP: capataz; OF.: oficial; OP: operario; PE: peón. Fuente: CAPECO (2006).

**Tabla 2**

*Rendimiento de mano de obra en habilitación y colocación de acero, CAPECO (2006)*

Partida	Cuadrilla	Aporte unitario (hh)	Rendimiento (kg/día)
Habilitación y colocación de acero grado 60	0.1 CAP +1 OP + 1 OF (habilitación)	CAP= 0.004	250
		OP=0.032	
		OF=0.032	

*Nota.* CAP: capataz; OF.: oficial; OP: operario; PE: peón. Fuente: CAPECO (2006).

**Tabla 3**

*Rendimientos de la mano de obra en solado y encofrado para la construcción de cimentaciones según CAPECO (2006)*

Partida	Cuadrilla	Aporte unitario (hh)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)
Solado para zapatas de 3" de espesor	0.2 CAP + 2 OP + 1 OF + 6 PE	CAP= 0.02	80.00
		OP= 0.20	
		OF= 0.10	
		PE= 0.60	
Encofrado y desencofrado de zapatas	0.10CAP + 1 OP + 1 OF (habilitación y encofrado) 1 OF + 2 PE (desencofrado)	OP de equipo= 0.10	Habilitación: 40
		CAP= 0.07	Encofrado: 14
		OP= 0.70	Desencofrado:
		OF= 1.05	28
		PE= 0.57	

*Nota.* CAP: capataz; OF.: oficial; OP: operario; PE: peón. Fuente: CAPECO (2006).

**Tabla 4**

*Rendimientos de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto para la construcción de cimentaciones según CAPECO (2006)*

Partida	Cuadrilla	Aporte unitario (hh)	Rendimiento (m <sup>3</sup> /día)
Cimientos corridos 1:10 + 30% piedra grande	0.1 CAP + 1 OP + 2 OF + 8 PE	CAP= 0.032	25.00
		OP= 0.320	
		OF= 0.64	
		PE= 2.56	
Zapatas f'c 140 kg/cm <sup>2</sup>	0.20 CAP + 2 OP + 2 OF + 8 PE	OP de equipo= 0.32	25.00
		CAP= 0.06	
		OP= 0.64	
		OF= 0.64	
		PE= 2.56	
Zapatas f'c 175 kg/cm <sup>2</sup>	0.20 CAP + 2 OP + 2 OF + 8 PE	OP de equipo= 0.64	25.00
		CAP= 0.06	
		OP= 0.64	
		OF= 0.64	
		PE= 2.56	
		OP de equipo= 0.64	

*Nota.* CAP: capataz; OF.: oficial; OP: operario; PE: peón. Fuente: CAPECO (2006).

## 2.3. Definiciones conceptuales

### 2.3.1. *Cimentaciones en edificaciones*

Una cimentación es la estructura subterránea encargada de transmitir las cargas de una edificación o estructura al terreno de manera segura y estable, evitando que se produzcan deformaciones (Tomlinson, 2002). La cimentación además de soportar las cargas, también evita los asentamientos diferenciales, es decir, las diferencias de nivel que se producen en la estructura cuando el terreno no es homogéneo (Graux, 1975).

La cimentación puede estar integrada por zapatas, losas o pilotes de acuerdo a ello se califica como cimentación superficial o profunda (Garza, 2004). La cimentación superficial se emplea cuando el terreno es resistente y estable en los primeros metros de profundidad, se construye mediante zapatas aisladas, continuas o corridas que se apoyan directamente sobre el terreno. Mientras que, las cimentaciones profundas se utilizan cuando el terreno es débil o inestable en los primeros metros de profundidad, generalmente se emplean pilotes (Vanegas, 2020).

#### 2.3.1.1. Tipología de cimentación superficial.

La tipología de cimentación se define como la clasificación de los distintos tipos de cimentación empleados en una edificación para garantizar su estabilidad, seguridad y correcto comportamiento estructural (Velasquez, 2018).

##### a) Tipo de cimentación

Existen tipos de cimentaciones superficiales como: (Anchuela et al., 2016).

**Zapatas aisladas.** Son elementos de base rectangular o cuadrada que se utilizan para transmitir las cargas de forma puntual al suelo. Se construyen debajo de cada columna de la estructura y se apoyan directamente sobre el terreno.

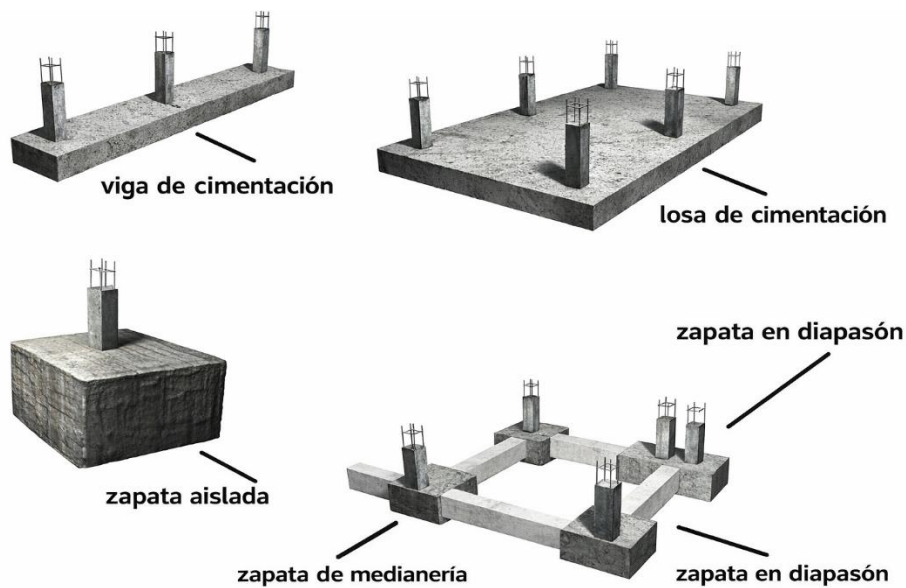
**Zapatas corridas.** Similares a las zapatas aisladas, pero en lugar de apoyarse debajo de una columna individual, se extienden a lo largo de una línea continua.

**Zapatas combinadas.** Combinación de zapatas aisladas y corridas, se construye una zapata aislada para la columna y zapata corrida para dos elementos de carga.

**Losas de cimentación.** Son elementos planos y continuos que cubren toda la superficie de la estructura, se emplean para distribuir las cargas de manera uniforme.

**Figura 3**

*Tipos de cimentaciones superficiales*



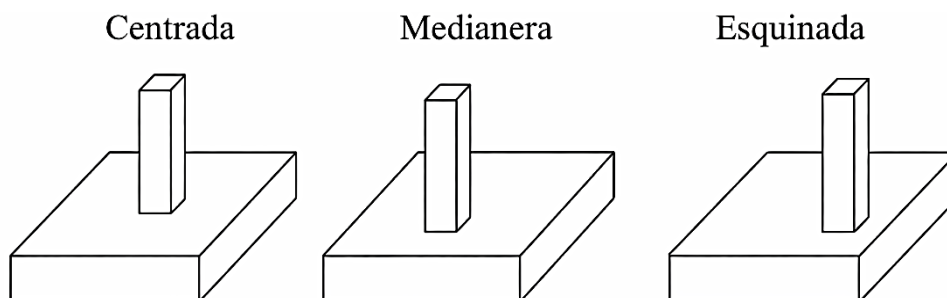
*Nota.* (Yepes, 2000).

### **b) Condición estructural**

La condición estructural en las cimentaciones se refiere al estado de integridad aislado o combinado (Velasquez, 2018).

**Figura 4**

*Condición estructural de las cimentaciones*



*Nota.* (Velasquez, 2018).

### 2.3.1.2. Tipos de suelos para cimentación.

El suelo es el material natural no consolidado que conforma la capa superficial de la corteza terrestre, que sirve como medio de apoyo y transmisión de las cargas de las estructuras hacia el terreno. Los tipos de suelos más comunes son: (Crespo, 2007)

**Suelos rocosos.** Están compuestos por rocas duras y compactas, como granito, basalto o caliza. Estos suelos tienen excelente capacidad portante y estabilidad.

**Suelos arenosos.** Están compuestos por partículas de arena, son suelos granulares sueltos y permeables, lo que significa que pueden drenar bien el agua.

**Suelos arcillosos.** Compuestos por partículas de arcilla, con estructuras cohesivas y retienen bien el agua. Este tipo de suelos pueden ser problemáticos, ya que son propensos a la expansión y la contracción con los cambios de humedad.

**Suelos limosos.** Están compuestos por partículas finas o sedimentos, son suelos blandos y susceptibles a la erosión y la compactación.

### 2.3.1.3. Dimensiones de cimentación.

Las dimensiones de la cimentación son el conjunto de medidas geométricas que definen el tamaño y la forma de la cimentación, tales como largo, ancho y altura o espesor, las cuales determinan el área de contacto con el suelo y su capacidad para transmitir adecuadamente las cargas estructurales al terreno (MVCS, 2018).

**Largo.** Dimensión longitudinal de cimentación medida en planta, proporcional a la mayor extensión de la zapata o elemento de fundación (MVCS, 2018).

**Ancho.** Dimensión transversal de cimentación medida en planta, perpendicular al largo, que define el área de contacto entre la cimentación y el suelo (MVCS, 2018).

**Altura.** Distancia desde la superficie del suelo hasta la base de la cimentación. La selección de la profundidad de cimentación depende de las características del suelo, el tipo de estructura, las cargas aplicadas y los requisitos de seguridad (Nij, 2009).

**Profundidad de desplante.** Distancia vertical medida desde el nivel del terreno natural o terminado hasta la base inferior de la cimentación (MVCS, 2018).

**Sobreancho por mala excavación.** Incremento no previsto del ancho de la excavación respecto a las dimensiones de diseño de la cimentación, originado por deficiencias en el proceso de excavación (MVCS, 2018).

#### **2.3.1.4. Concreto y forma de producción.**

El concreto es el material compuesto por cemento, agregados, agua y, en algunos casos, aditivos, cuya producción puede realizarse en obra mediante mezclado manual o mecánico, lo que influye directamente en la calidad, uniformidad y rendimiento durante su colocación (MVCS, 2009).

**Mezclado.** Corresponde al proceso de dosificación y homogeneización de los materiales para obtener una mezcla uniforme que cumpla con la trabajabilidad y la resistencia especificadas en el diseño (MVCS, 2009).

**Capacidad del equipo de mezclado.** Volumen máximo de concreto que puede producir una mezcladora por ciclo u hora de operación, que condiciona la tasa de producción, la continuidad del vaciado y el rendimiento de la mano de obra (MVCS, 2009).

**Forma de colocación.** Método utilizado para transportar y depositar el concreto desde el punto de mezclado o de descarga hasta su posición final, pudiendo realizarse de forma directa, mediante canaletas, baldes o latas, buggies o bombas (MVCS, 2009).

**F'c esperado del concreto.** Resistencia a la compresión especificada del concreto a los 28 días, definida en el diseño estructural (MVCS, 2009).

**Vibrado.** Proceso de compactación del concreto fresco mediante vibradores internos o externos, así como manuales denominado chuzado, cuyo objetivo es eliminar el aire atrapado (MVCS, 2009).

**Secuencia de vaciado.** Orden técnico y operativo en el que se deposita el concreto dentro de la cimentación, definido para asegurar una colocación continua, adecuada compactación y correcta integración del concreto (MVCS, 2009).

#### **2.3.1.5. Acero de refuerzo.**

El acero de refuerzo es un material estructural que va incorporado al concreto para resistir esfuerzos de tracción, corte y flexión (MVCS, 2009)

**Diámetro del acero.** Tamaño nominal de las barras de refuerzo, seleccionado en función de los esfuerzos estructurales (MVCS, 2009).

**Tipo de habilitación.** Proceso donde se realizan corte, doblado y conformado de las varillas de acero de acuerdo a los planos estructurales, donde la correcta habilitación asegura buen anclaje, empalme y distribución de refuerzo (MVCS, 2009).

**Tipo de amarre.** Es el método empleado para unir y fijar las varillas de acero mediante alambre recogido, garantizando la estabilidad del refuerzo durante el vaciado de concreto; además, evita desplazamientos del acero, asegurando que se mantenga la geometría diseñada (MVCS, 2009).

#### **2.3.1.6. Factores del entorno.**

Son el conjunto de condiciones externas al proceso constructivo que influyen en la ejecución de la obra, tales como la accesibilidad al sitio, las condiciones climáticas, la disponibilidad de servicios y el entorno urbano (Burga, 2022).

**Accesibilidad.** Facilidad con la que se puede ingresar al área de trabajo y movilizar personal, materiales, equipos y herramientas dentro y hacia el frente de obra (Burga, 2022).

**Clima.** Condiciones atmosféricas presentes durante la ejecución de la obra, como temperatura, precipitación, humedad y viento, que se resumen en época seca y de lluvia (Burga, 2022).

### 2.3.2. *Partidas para la construcción de cimentación*

Una partida es un conjunto de elementos que se agrupan y describen de forma separada en los presupuestos, contratos u otras etapas del proyecto. Cada partida tiene un costo asociado y se utiliza para estimar el costo total de la obra, realizar seguimiento de los gastos y llevar un control de los recursos utilizados (Delgado y Grados, 2022).

En el caso de la construcción de cimentaciones, las partidas más comunes que se aplican de acuerdo con CAPECO (2006) son la excavación, relleno, solado, encofrado y desencofrado, habilitación y colocación de acero, y preparación y vaciado de concreto. Siendo los procedimientos de construcción de cimentaciones, los siguientes: (Yepes, 2000)

**Excavación.** Se refiere a la remoción del suelo en la zona donde se construirá la cimentación. Esta partida incluye el desmonte de terreno, carga y transporte del material excavado.

**Relleno.** Se utiliza para rellenar el espacio excavado para la cimentación con material adecuado, grava o arena compactada, para proporcionar una base estable.

**Solado (si se requiere).** Representa una pequeña capa de concreto sobre el nivel terminado de la excavación antes de continuar con la construcción de la cimentación.

**Encofrado (si se requiere).** Cuando el nivel de terreno y la forma de las zapatas lo requieren deben ser encofradas para garantizar un correcto vaciado del concreto.

**Habilitación y colocación de armaduras.** Instalación de las barras de refuerzo para dar resistencia a flexión al concreto durante el proceso de construcción.

**Vaciado de concreto.** Proceso de verter y colocar el concreto en los cimientos. Incluye el suministro de concreto, el colado y el vibrado para garantizar una adecuada compactación, así mismo, luego de concluido el trabajo se debe considerar el curado del concreto para garantizar que alcance la resistencia esperada.

### 2.3.3. *Cuadrilla: Mano de obra*

La cuadrilla es el grupo de trabajadores que realizan labores específicas en una obra de edificación. Esta cuadrilla puede estar constituida por diferentes categorías de trabajadores, como operarios, oficiales y peones (Polanco y Remolina, 2014).

La cuadrilla de trabajo de acuerdo con CAPECO (2006), puede estar conformada por trabajadores de las categorías capataz, operario, oficial y peón; no obstante, en el contexto local la construcción de viviendas suele ejecutarse bajo la dirección directa del maestro de obra, quien organiza y coordina cuadrillas integradas principalmente por operarios y peones, en función de las características y necesidades de cada partida constructiva (Burga, 2022).

**Maestro de obra.** Trabajador calificado con amplia experiencia en construcción, responsable de dirigir y supervisar la ejecución de los trabajos en obra, coordinar a la mano de obra, interpretar planos y asegurar que las actividades se realicen conforme a los procedimientos constructivos (Gomel, 2021).

**Operario.** Trabajador especializado que ejecuta actividades constructivas que requieren mayor nivel de conocimiento técnico y destreza, tales como habilitación y colocación de acero, encofrado y vaciado de concreto, siguiendo planos, especificaciones técnicas y la dirección del maestro de obra (Gomel, 2021).

**Oficial.** Trabajador con experiencia intermedia que apoya directamente al operario en la ejecución de partidas específicas, realizando tareas técnicas bajo supervisión y contribuyendo al avance productivo de la obra (Gomel, 2021).

**Peón.** Trabajador no especializado de menor categoría dentro de la cuadrilla. Realiza labores de apoyo y auxiliares, como cargar y descargar materiales, limpiar el área de trabajo, preparar herramientas, entre otros. A menudo, se le asignan tareas más sencillas y ayuda a los operarios y oficiales en sus labores (Gomel, 2021).

#### 2.3.4. *Rendimiento de la mano de obra*

El rendimiento de la mano de obra se define como la cantidad de trabajo que una cuadrilla de trabajadores es capaz de ejecutar durante una jornada laboral diaria, constituyéndose en un indicador fundamental para la planificación, control y evaluación de los procesos constructivos. Este parámetro influye directamente en el cumplimiento de los plazos de ejecución y en los costos de la obra, al reflejar la eficiencia con la que se desarrollan las distintas partidas constructivas (Jiménez, 2020).

La determinación del rendimiento de la mano de obra en edificación se realiza a partir de la medición directa de la producción diaria obtenida en campo, relacionando el volumen o área ejecutada con el tiempo efectivo de trabajo de la cuadrilla. Estos valores permiten comparar el desempeño real con rendimientos referenciales, identificar desviaciones productivas y establecer acciones de mejora orientadas a optimizar la ejecución de las actividades constructivas (Botero, 2002).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Número de trabajadores} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Aporte unitario total}} \quad (1)$$

El rendimiento de la mano de obra se estima a partir de la relación entre el tiempo efectivo de trabajo, el metrado ejecutado y la composición de la cuadrilla, lo que permite determinar tanto el aporte unitario de cada trabajador como el rendimiento diario alcanzado en una jornada laboral específica (Burga, 2022).

**Número de trabajadores.** Cantidad de personal asignado para la ejecución de una determinada actividad, de acuerdo con el tipo de partida, volumen de trabajo y plazo (Castillo, 2021).

**Metrado.** Cuantificación en unidades de medida (volúmenes, áreas o cantidades) de las partidas de una obra, a partir de planos y/o el avance ejecutado en obra (Burga, 2022).

**Jornada laboral.** Es el periodo en que la mano de obra ejecuta actividades constructivas en un día laboral, generalmente 8 horas (Ulloa, 2021).

**Tiempo de trabajo.** Periodo en que la mano de obra ejecuta actividades productivas, y contributivas para la construcción (Ulloa, 2021).

$$\text{Duración de actividad} = \frac{\text{Metrado de partida}}{\text{Cuadrilla} \times \text{Rendimiento}} \quad (2)$$

**Aporte unitario.** Cantidad de trabajo (avance en una partida) que un obrero individualmente realiza en una unidad de tiempo determinada (jornada laboral), en el contexto de la construcción. Este aporte se calcula generalmente en horas hombre, donde una hora hombre es igual al trabajo realizado por un empleado en una hora de trabajo (Burga, 2022).

$$\text{Horas hombre} = \frac{\text{Cantidad de trabajadores de una categoría} \times 8 \text{ horas}}{\text{Rendimiento diario}} \quad (3)$$

$$HH = t \times N^{\circ} \text{ operarios} + t \times N^{\circ} \text{ peones} \quad (4)$$

Donde, t= tiempo (horas), HH= horas hombre.

$$A. Op. = \frac{N^{\circ} \text{ de operarios} \times \text{jornada laboral (horas)}}{\text{Rendimiento (avance diario)}} \quad (5)$$

$$A. Pe. = \frac{N^{\circ} \text{ de peones} \times \text{jornada laboral (horas)}}{\text{Rendimiento (avance diario)}} \quad (6)$$

$$\text{Aporte unitario} = A. Op. + A. Pe. \quad (7)$$

**Rendimiento diario.** Cantidad de trabajo ejecutado por un trabajador o una cuadrilla durante una jornada laboral específicamente en un día, se mide como producción por día, según la unidad de partida como m<sup>2</sup>/día, m<sup>3</sup>/día, kg/día (Berrios, 2025).

$$\text{Rendimiento diario} = \frac{N^{\circ} \text{ de hombres} \times \text{Jornada Laboral Diaria}}{\text{Aporte unitario total}} \quad (8)$$

$$\text{Rendimiento diario} = \frac{(N^{\circ} \text{ Operarios} + \text{Peones}) \times \text{Jornada laboral (horas)}}{\text{Aporte unitario total}} \quad (9)$$

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

Relación entre la producción obtenida y el uso del tiempo de trabajo de la mano de obra durante la ejecución de actividades constructivas, considerando la proporción de tiempo productivo, contributorio y no contributorio empleada por la cuadrilla. La productividad expresa el grado de eficiencia con el que se utiliza la jornada laboral para transformar el tiempo disponible en trabajo efectivo (Collantes y Ramirez, 2022).

#### **a) Trabajo en la construcción.**

Todas las actividades relacionadas con la edificación y el mantenimiento de infraestructuras y construcciones. Este trabajo puede ser tanto físico como intelectual y requiere habilidades específicas y conocimientos técnicos (Niebel, 2009).

#### **b) Tipos de trabajo en la construcción.**

**Trabajo productivo.** Todas las tareas físicas que se realizan en el proceso de construcción pueden incluir actividades como la excavación, el vertido de concreto, la albañilería, entre otras. Estas tareas son esenciales para el adelanto y terminación de un proyecto de edificación (Cruzado, 2020).

**Trabajo contributorio.** Tiempo de trabajo necesario para apoyar o facilitar la ejecución del trabajo productivo, que no genera avance físico directo, pero es indispensable para su realización, como preparación de herramientas, traslado de materiales, limpieza del área de trabajo y organización del frente de obra (Burga, 2022).

**Trabajo no contributorio.** Tiempo de trabajo que no aporta al avance de la obra ni es necesario para la ejecución de las actividades productivas, asociado a esperas, retrabajos, paralizaciones, falta de materiales, deficiencias en la coordinación o condiciones adversas del entorno (Quispe y Vasquez, 2019).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

La investigación tuvo enfoque cuantitativo porque se basó en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos directamente en obra, para medir el rendimiento y la productividad de la mano de obra, registrando tiempos de ejecución, metrados producidos y características técnicas de las cimentaciones.

El estudio fue de tipo aplicada, dado que buscó generar conocimiento orientado a la solución de un problema concreto: Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para el análisis de costos unitarios en la ejecución de cimentaciones, ofreciendo información útil para maestros de obra, residentes e instituciones vinculadas.

El nivel fue correlacional porque se analizó cómo determinadas características de las cimentaciones influyeron en el rendimiento y productividad de la mano de obra. El estudio no solo describió los comportamientos observados, sino que buscó comprender las relaciones entre variables y explicar las dimensiones e indicadores que condicionaron los resultados obtenidos en cada partida de cimentación.

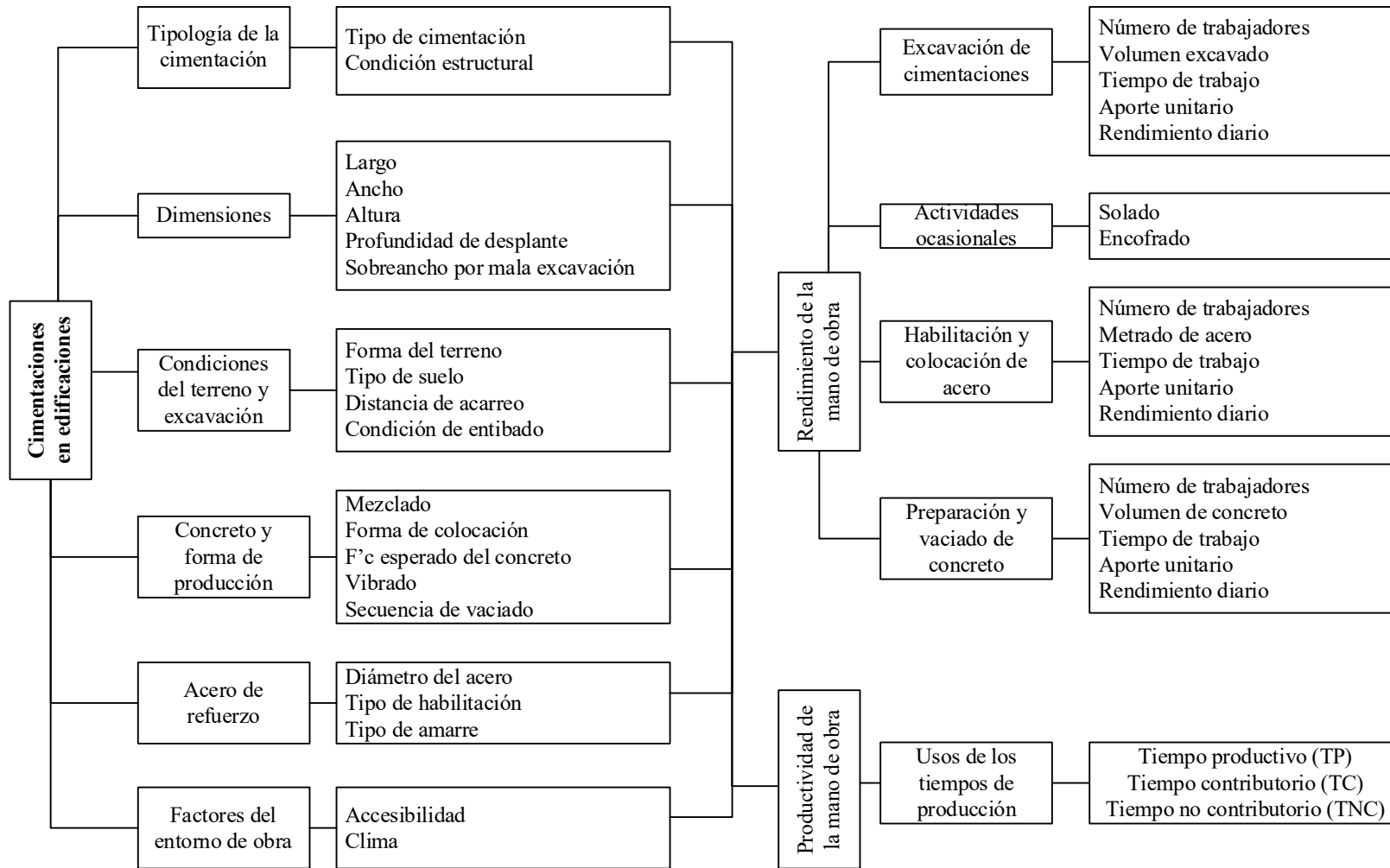
El diseño fue no experimental correlacional de corte transversal porque las variables no fueron manipuladas de manera deliberada, sino observadas tal como ocurrieron en el contexto real de obra. Los datos se recolectaron en un único periodo temporal y se analizaron las relaciones entre las características de las cimentaciones (variable independiente) y el rendimiento y productividad de la mano de obra (variables dependientes). La estructura lógica del diseño se representó de la siguiente forma:

$$m \rightarrow \begin{matrix} X & \rightarrow & r & \rightarrow & Y_1 \\ X & \rightarrow & r & \rightarrow & Y_2 \end{matrix} \quad (10)$$

Donde, m muestra, X características de la cimentación, Y<sub>1</sub> rendimiento, Y<sub>2</sub> productividad, r relación existente entre las variables.

**Figura 5**

*Diseño de investigación correlacional*



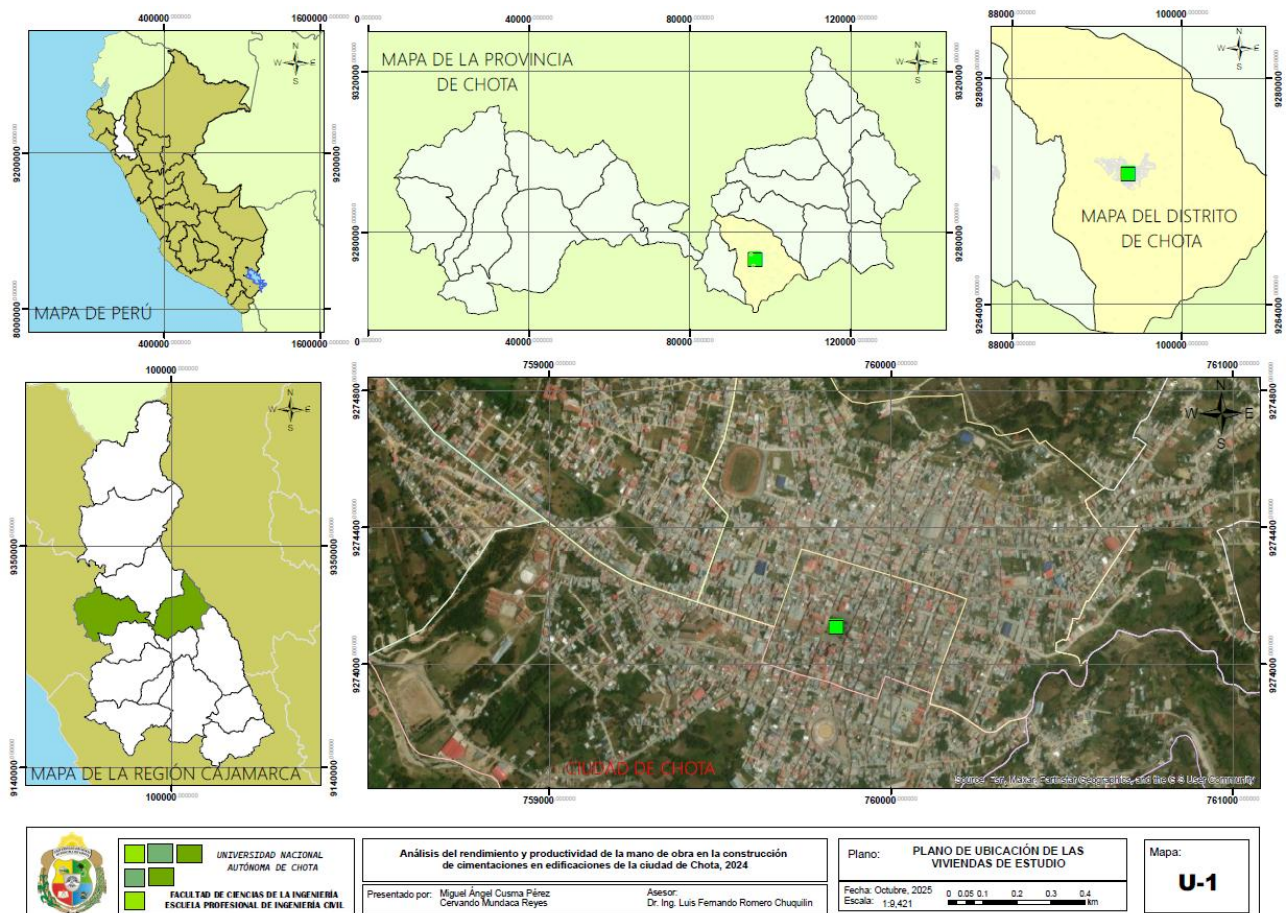
## 3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

### 3.2.1. Ubicación

El estudio se desarrolló en el área urbana de la ciudad de Chota, capital de la provincia del mismo nombre, ubicada en la región Cajamarca. Esta zona se localizó geográficamente entre las coordenadas UTM WGS84 17S 759 842.26 m este y 9 274 111.88 m norte, a una altitud aproximada de 2 388 m.s.n.m. (Figura 6). El análisis se concentró exclusivamente en viviendas en construcción dentro del perímetro urbano de la ciudad.

**Figura 6**

*Ubicación de la ciudad de Chota*



*Nota.* Se ha obtenido los SHP de la página web GEOGPS Perú a partir de datos del Ministerio de Educación (MINEDU) y se han elaborado los planos en ArcGIS 2018.

### 3.2.2. Población

La población estuvo constituida por la mano de obra de todas las edificaciones que se encontraban en proceso de construcción de cimentaciones durante el año 2025 en el área urbana de la ciudad de Chota. Estas edificaciones incluían viviendas unifamiliares cuya ejecución contempló partidas de cimentación tales como excavación, habilitación de acero, vaciado de concreto, y en algunos casos solado y encofrado de cimentación, consideradas partidas ocasionales, es decir no en todas las viviendas se realizan las actividades de solado y encofrado de cimentaciones.

### 3.2.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, dado que la selección de viviendas dependió necesariamente de la autorización del propietario y del maestro de obra, así como de la posibilidad real de acceso para realizar observaciones directas, mediciones y registros de productividad. La inclusión de cada vivienda se basó en criterios técnicos, logísticos y éticos previamente establecidos.

**Tabla 5**

*Criterios de inclusión y exclusión*

<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
Viviendas ubicadas en el área urbana de Chota	Obras fuera del área urbana
Área construida mayor a 50 m <sup>2</sup>	Viviendas con área construida menor a 50 m <sup>2</sup>
En ejecución de cimentaciones durante el periodo de evaluación	Viviendas que no se encontraban en etapa de cimentación
Autorización del propietario	Falta de autorización del propietario
Autorización del maestro de obra	Restricción para el ingreso del investigador
Accesibilidad adecuada al frente de trabajo	Obras con accesibilidad limitada o peligrosa
Presencia de cuadrillas estables durante las partidas	Obras con interrupciones prolongadas o cuadrillas discontinuas
Condiciones seguras para la observación	Obras con riesgos que impiden la permanencia del investigador

*Nota.* Los criterios permitieron garantizar la disponibilidad continua de la información y la observación íntegra de las partidas analizadas.

### 3.2.4. Muestra

La muestra estuvo conformada por la mano de obra de 14 viviendas seleccionadas mediante el muestreo no probabilístico por conveniencia en relación con los criterios de inclusión y exclusión en el periodo de mayo a setiembre del año 2025. En cada una de las viviendas se registraron el rendimiento y la productividad de la mano de obra en las partidas de cimentación en ejecución: excavación, habilitación de acero y vaciado de concreto, incorporándose el solado y el encofrado de cimentación solo cuando estuvieron presentes en la obra.

**Tabla 6**

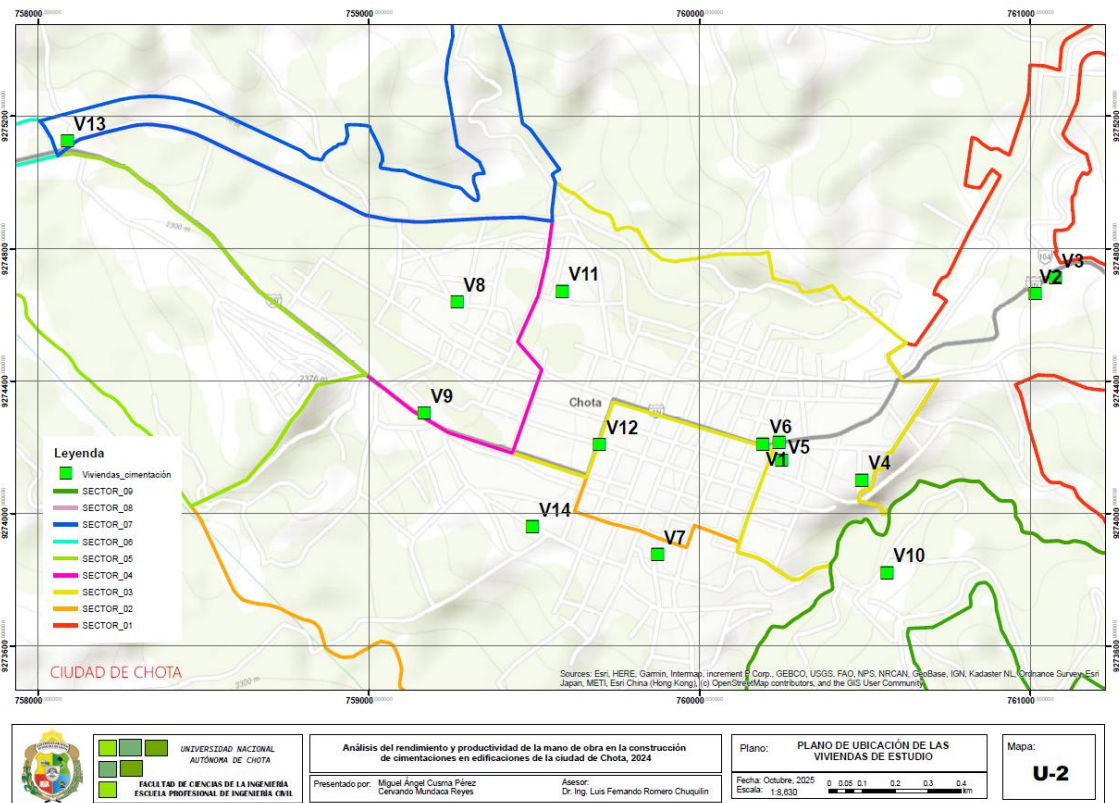
*Ubicación geográfica de las viviendas evaluadas en el estudio*

ID	Dirección	N°	Sector	Este (m)	Norte (m)
V1	Jr. Edelmira Silva - Psje Juan XXIII	510	3	760240.64	9274214.38
V2	Jr. Paseo Acunta	SN	1	761014.21	9274664.15
V3	Jr. Paseo Acunta	SN	1	761075.22	9274711.17
V4	Jr. Anexo Diego Villacorta	SN	3	760490.88	9274101.91
V5	Av. Tacabamba	132	3	760247.74	9274160.34
V6	Jr. Adriano Novoa	180	3	760191.86	9274210.13
V7	Av. 27 de Noviembre	SN	2	759872.76	9273876.05
V8	Jr. Adriano Novoa	SN	4	759266.43	9274638.36
V9	Av. Inca Garcilazo de la Vega	SN	4	759167.01	9274303.45
V10	Psj. Colpamayo	SN	9	760566.57	9273821.15
V11	Psj. Santa Anita	SN	3	759584.06	9274671.06
V12	Jr. Ponciano Vigil	SN	Cercado	759697.87	9274208.47
V13	Av. Paseo San Mateo	SN	7	758088.65	9275126.94
V14	Jr. Fray José Arana	SN	2	759494.29	9273960.99

*Nota.* La tabla presenta la ubicación georreferenciada de las viviendas de las que se recolectó información sobre rendimiento y productividad.

**Figura 7**

*Ubicación de las viviendas en estudio*



Nota. En ArcGIS 10.8 se han ubicado las coordenadas de las viviendas de estudio.

### 3.2.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por la mano de obra que desarrolla labores en las partidas de cimentación ejecutadas en cada vivienda, específicamente:

- Excavación de cimentaciones
- Habilitación de acero
- Vaciado de concreto
- Solado (cuando existió)
- Encofrado de cimentación (cuando existió)

Cada partida fue evaluada mediante cronometraje, mediciones y seguimiento de las cuadrillas, y se registraron el rendimiento y la productividad según el método de carta balance.

### **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.3.1. Técnicas de recolección de datos**

##### **a) Revisión documental.**

Consistió en analizar fuentes técnicas vinculadas al rendimiento y la productividad de la mano de obra en cimentaciones, principalmente el Compendio de Rendimientos de CAPECO (2006), así como normas, artículos, tesis y reportes técnicos relevantes. Esta técnica permitió establecer los valores referenciales de comparación.

##### **b) Observación directa.**

La observación directa se aplicó en las 14 viviendas seleccionadas, registrando en campo las características técnicas de las cimentaciones, las condiciones operativas y el desarrollo real del proceso constructivo. Durante esta observación se documentaron el avance diario de las partidas de excavación, solado (cuando existió), encofrado (cuando existió), habilitación de acero y vaciado de concreto, los tiempos, el metrado ejecutado y la composición de la cuadrilla para determinar el rendimiento.

##### **c) Observación estructurada para el análisis de la productividad (carta balance).**

La productividad se evaluó mediante observación estructurada, aplicando la técnica de carta balance, que consistió en registrar minuto a minuto las actividades realizadas por cada trabajador en las partidas de cimentación. Con ello se identificaron los tiempos productivos, contribuyentes y no contribuyentes, lo que permitió reconstruir el patrón real de uso del tiempo de cada cuadrilla.

##### **d) Encuesta.**

Se aplicó una encuesta mediante un cuestionario semiestructurado dirigido a los trabajadores involucrados en las partidas de cimentación. Esta técnica permitió obtener información complementaria sobre sus características personales, formativas y laborales, a fin de contextualizar los resultados de rendimiento y productividad.

### **3.3.2. Instrumentos de recolección de datos**

Todos los instrumentos fueron sometidos a juicio de expertos por tres ingenieros civiles con experiencia, lo que garantizó su validez y pertinencia.

#### **a) Fichas de revisión documental**

Se emplearon fichas diseñadas para registrar información obtenida de fuentes documentales, especialmente la ficha de resumen de rendimientos del compendio CAPECO. Este instrumento permitió extraer los valores normativos de referencia para cada partida analizada.

#### **b) Formatos de observación directa.**

Durante el trabajo de campo se utilizaron formatos para registrar la información técnica de cada vivienda y de cada cimentación, así como los datos reales de avance por partida. Estos formatos corresponden al Anexo N.º 1 (Datos generales de la vivienda); Anexo N.º 2 (Datos generales de la cimentación), los cuales incluyen campos para dimensiones, características del terreno, condiciones operativas, accesibilidad y especificaciones del proceso constructivo; Anexo N.º 3 formatos de registro de rendimiento que permitieron documentar tiempos reales de ejecución, metrado realizado por actividad, número de trabajadores y condiciones particulares del proceso, estos datos fueron la base del cálculo del aporte unitario y del rendimiento real.

#### **c) Carta balance**

La carta balance (Anexo N.º 4) fue el instrumento central para evaluar la productividad. Consistió en una plantilla con códigos específicos por actividad, organizada por partida (excavación, solado, encofrado, acero y concreto), en la que se registró, minuto a minuto, el tiempo productivo, contributorio y no contributorio de cada trabajador. Esta herramienta permitió cuantificar el uso del tiempo y determinar el patrón de productividad real en obra.

#### **d) Cuestionario**

El cuestionario aplicado a los trabajadores (Anexo N.º 5) recopiló información sobre edad, procedencia, experiencia laboral, forma de aprendizaje y aspectos económicos y técnicos para caracterizar a la mano de obra.

### **3.4. Hipótesis**

El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024, presentan variaciones significativas asociadas a las características de la cimentación y la organización de las cuadrillas, lo que refleja niveles de desempeño inferiores en 2% a los valores referenciales establecidos por CAPECO (2006).

### **3.5. Operacionalización de variables**

#### **3.5.1. Variable independiente: Cimentaciones en edificaciones**

Las cimentaciones en edificaciones son elementos estructurales ubicados en la base de una construcción, cuya función es recibir, transmitir y distribuir las cargas gravitatorias y laterales de la superestructura hacia el terreno natural, garantizando la estabilidad, la seguridad y la durabilidad de la obra. Su comportamiento está influenciado por la tipología adoptada, las dimensiones geométricas, las condiciones del suelo, el procedimiento constructivo y los factores operativos presentes en obra (Becerra, 2022).

La cimentación en edificaciones se operacionalizó mediante la identificación, medición y registro de las características técnicas de cada obra evaluada. Para ello se observaron en campo las dimensiones geométricas (largo, ancho, altura y profundidad de desplante), la tipología de la cimentación (aislada, corrida o combinada), las condiciones del terreno (tipo de suelo, forma del terreno, distancia de acarreo y necesidad de entibado), los procedimientos de producción y colocación del concreto

(mezclado, vibrado,  $f'c$  esperado y secuencia de vaciado), las características del acero de refuerzo (diámetro, habilitación y tipo de amarre) y los factores operativos del entorno (accesibilidad y clima). Cada uno de estos parámetros fue cuantificado o clasificado para permitir su análisis comparativo con los valores de rendimiento y productividad obtenidos en obra.

### **3.5.2. Variable dependiente: Rendimiento de la mano de obra**

El rendimiento de la mano de obra es la cantidad de trabajo efectivamente ejecutado por una cuadrilla durante un periodo determinado, expresado en unidades físicas producidas por hora-hombre o por jornada laboral. Este rendimiento depende del tipo de partida, de la organización operativa, de las características geométricas de la cimentación y de las condiciones del terreno y del entorno de la obra (Botero, 2002).

El rendimiento de la mano de obra se operacionalizó mediante la medición directa del metrado ejecutado y del tiempo invertido por la cuadrilla en cada una de las partidas de cimentación (excavación, habilitación de acero y vaciado de concreto). Para ello, se registraron el número de trabajadores por especialidad (operarios y peones), el volumen o peso producido ( $m^3$  de excavación, kg de acero colocado,  $m^3$  de concreto vaciado) y el tiempo medido con un cronómetro en cada jornada. Con estos datos se calcularon los aportes unitarios (hh/ $m^3$ , hh/kg o hh/ $m^2$  en actividades ocasionales) y el rendimiento diario ( $m^3$ /día, kg/día), y, finalmente, se homologaron los valores para su comparación con rendimientos referenciales de manuales técnicos, como CAPECO.

### **3.5.3. Variable dependiente: Productividad de la mano de obra**

La productividad de la mano de obra se refiere al grado en que los trabajadores emplean su tiempo disponible en actividades que generan, apoyan o interrumpen la producción durante la ejecución de las partidas de cimentación. Se mide mediante la

distribución porcentual del tiempo productivo, contributivo y no contributivo, lo que permite identificar la eficiencia operativa real (Botero, 2002).

La productividad de la mano de obra se operacionalizó mediante el análisis del uso del tiempo mediante la técnica de carta balance, registrando minuto a minuto cada actividad ejecutada por los integrantes de la cuadrilla en las partidas de cimentación. Las actividades fueron clasificadas en tiempo productivo (TP), contributivo (TC) y no contributivo (TNC), según su aporte directo o indirecto a la producción. Los datos obtenidos se organizaron en tablas y se procesaron para obtener la distribución porcentual de cada tipo de tiempo respecto al total observado, definiéndose así el nivel de productividad real alcanzado en obra para cada partida y vivienda analizadas (Botero, 2002).

3.5.4. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 7

Matriz de operacionalización de variables

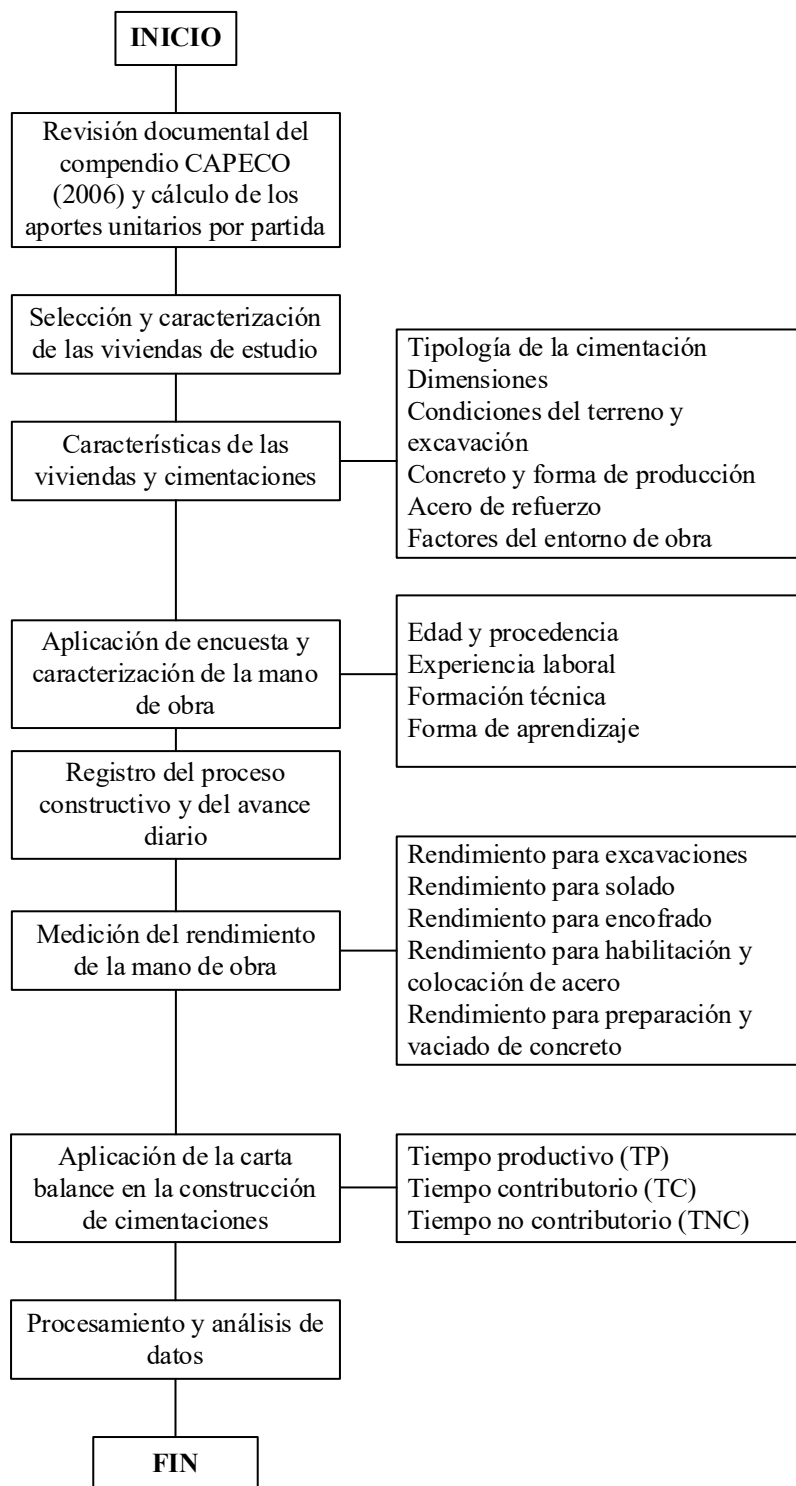
Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Índice de medida		
VI Cimentaciones en edificaciones	Las cimentaciones en edificaciones son elementos estructurales ubicados en la base de una construcción, cuya función es recibir, transmitir y distribuir las cargas gravitatorias y laterales de la superestructura hacia el terreno natural o mejorado, garantizando la estabilidad, seguridad y durabilidad de la obra. Su comportamiento está influenciado por la tipología adoptada, las dimensiones geométricas, las condiciones del suelo, el procedimiento constructivo y los factores operativos presentes en obra (Becerra, 2022).	Tipología de la cimentación	Clasifica el tipo de cimentación ejecutada en cada vivienda, considerando su función estructural y su geometría en planta, según lo observado en obra (Velasquez, 2018).	Tipo de cimentación	Zapatas aisladas Zapatas corrida Cimientos corridos		
		Dimensiones	Registra las medidas geométricas reales de la cimentación, obtenidas mediante instrumentos de campo, incluyendo el largo, el ancho, la altura y la profundidad de desplante, así como la presencia o ausencia de sobrecancho por mala excavación (MVCS, 2018).	Condición estructural	Aislada/ combinada		
				Largo	m		
				Ancho	m		
				Altura	m		
		Condiciones del terreno y excavación	Describe las características físicas del terreno donde se construyó la cimentación, así como los aspectos operativos del proceso de excavación, considerando la forma del terreno, el tipo de suelo, la distancia de acarreo y la necesidad de entibado (MVCS, 2018).	Profundidad de desplante	m		
				Sobrecancho por mala excavación	Sí/ No		
				Forma del terreno	Regular Irregular		
		Concreto y forma de producción	Identifica el método empleado en la producción y colocación del concreto (manual o mecánico), el F'c esperado, la técnica de vibrado y la secuencia de vaciado observada durante la ejecución de la cimentación (MVCS, 2009).	Tipo de suelo	Roca, limo, arcilla		
				Distancia de acarreo			
				Condición de entibado	No requiere/ con entibado		
				Mezclado	Manual/ mecánico		
		Acero de refuerzo	Determina las características y los procedimientos aplicados al acero de refuerzo (MVCS, 2009).	Forma de colocación	Directo, con canaletas, con balde/lata		
				F'c esperado del concreto	kg/cm <sup>2</sup>		
				Vibrado	Con vibrador/ picado manual		
Factores del entorno de obra	Registra las condiciones operativas externas que influyen en el trabajo de la cuadrilla (Burga, 2022).	Secuencia de vaciado	Por tramos, por elemento				
		Diámetro del acero	pulg				
		Tipo de habilitación	En obra, prefabricado				
VD Rendimiento de la mano de obra	Cantidad de trabajo realizado por los trabajadores en un tiempo determinado, expresada en unidades físicas producidas por hora-hombre o jornada laboral (Gonzales, 2021)	Excavación de cimentaciones	Mide el volumen excavado y el tiempo empleado por la cuadrilla durante el proceso, lo que permite calcular el aporte unitario y el rendimiento, expresados en m <sup>3</sup> /día (Yepes, 2000).	Accesibilidad	Libre, restringido, con escalera		
				Actividades ocasionales	Registra la ejecución de tareas complementarias no incluidas en todas las obras (Yepes, 2000).	Clima	Seco, lluvioso
						Solado	m <sup>2</sup>
				Habilitación de acero	Cuantifica el peso total del acero colocado en la cimentación, el tiempo invertido y la conformación de la cuadrilla, lo que permite estimar el aporte unitario y el rendimiento en kg/día (Yepes, 2000).	Número de trabajadores	Nº
						Volumen excavado	m <sup>3</sup>
		Tiempo de trabajo	horas				
		Aporte unitario	hh/m <sup>3</sup>				
		Rendimiento	m <sup>3</sup> /día				
		Preparación y vaciado de concreto	Registra el volumen de concreto colocado, el tiempo empleado y la mano de obra empleada, con el objetivo de calcular el rendimiento, expresado en m <sup>3</sup> /día (Yepes, 2000).	Encofrado	m <sup>2</sup>		
				Número de trabajadores	Nº		
				Volumen vaciado	m <sup>3</sup>		
				Tiempo de trabajo	horas		
Productividad de la mano de obra	Grado en que los trabajadores emplearon su tiempo disponible en actividades que generan, apoyan o interrumpen la producción durante la ejecución de las partidas de cimentación (Botero, 2002).	Uso de los tiempos de producción	Clasifica cada minuto observado durante la ejecución de las partidas en tiempo productivo (TP), contributivo (TC) o no contributivo (TNC), y calcula posteriormente la proporción de cada categoría respecto al total del tiempo registrado (Botero, 2002).	Aporte unitario	hh/m <sup>3</sup>		
				Rendimiento	m <sup>3</sup> /día		
				Tiempo productivo	%		
				Tiempo contributivo	%		
				Tiempo no contributivo	%		

### **3.6. Procedimientos de recolección de datos**

La recolección de datos se desarrolló entre mayo y setiembre de 2025 e inició con la revisión documental del compendio CAPECO (2006) y de otras fuentes técnicas para establecer parámetros de referencia. Posteriormente, se seleccionaron las 14 viviendas según criterios de inclusión y se realizaron visitas de campo para su verificación y caracterización. En cada vivienda se observó directamente la ejecución de las partidas de excavación, solado (cuando existió), encofrado ocasional, habilitación de acero y vaciado de concreto, registrando metrados, tiempos de inicio y término, composición de cuadrillas y condiciones operativas mediante formatos estandarizados. Simultáneamente, se aplicó un cuestionario a la mano de obra para describir sus características sociodemográficas y laborales. El rendimiento se midió mediante cronometraje directo y cálculo del aporte unitario, mientras que la productividad se evaluó mediante carta balance registrando cada minuto actividades productivas, contributorias y no contributorias. Finalmente, todos los datos fueron digitalizados y procesados en Microsoft Excel 2025 y Minitab 22 para obtener métricas, gráficos y comparaciones con los valores normativos de CAPECO

**Figura 8**

*Flujograma del procedimiento de recolección de datos para el análisis del rendimiento y productividad de la mano de obra en cimentaciones*



*Nota.* El flujograma describe de manera secuencial las etapas seguidas para la recopilación de información en campo.

### 3.6.1. Revisión documental del compendio CAPECO (2006) y cálculo de los aportes unitarios por partida

#### 3.6.1.1. Revisión documental

La recolección de datos inició con la revisión del compendio de *Costos y Presupuestos en Edificaciones* de CAPECO (2006), normas técnicas y literatura académica relacionada con procesos de cimentación y análisis de productividad. Esta revisión permitió definir los valores oficiales de rendimiento de la mano de obra para las partidas de excavación, encofrado, habilitación de acero y vaciado de concreto.

**Tabla 8**

*Resumen de rendimientos de la mano de obra en cimentaciones (CAPECO, 2006)*

Partida	Cuadrilla	Aporte unitario (hh)	Rendimiento
Excavación de zanjas Df 1.00 m	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.20 PE= 2.00	4.00 m <sup>3</sup> /día
Excavación de zanjas Df 1.40 m	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.23 PE= 2.29	3.50 m <sup>3</sup> /día
Excavación de zanjas Df 1.70	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.27 PE= 2.67	3.00 m <sup>3</sup> /día
Excavación de zapatas Df 1.40 m a 1.70 m	0.1 CAP + 1 PE	CAP= 0.32 PE= 3.20	2.50 m <sup>3</sup> /día
Solado para zapatas de 3" de espesor	0.2 CAP + 2 OP + 1 OF + 6 PE	CAP= 0.02, OP= 0.20, OF= 0.10, PE= 0.60 OP de equipo= 0.10	80.00 m <sup>2</sup> /día
Encofrado y desencofrado de zapatas	0.10CAP + 1 OP + 1 OF (habilitación y encofrado) 1 OF + 2 PE (desencofrado)	CAP= 0.07 OP= 0.70 OF= 1.05 PE= 0.57	Habilitación: 40 m <sup>2</sup> /día Encofrado: 14 m <sup>2</sup> /día Desencofrado: 28 m <sup>2</sup> /día
Cimiento corridos 1:10 + 30% piedra grande	0.1 CAP + 1 OP + 2 OF + 8 PE	CAP= 0.032, OP= 0.320, OF= 0.64, PE= 2.56 OP de equipo= 0.32	25.00 m <sup>3</sup> /día
Zapatas f'c 140 kg/cm <sup>2</sup>	0.20 CAP + 2 OP + 2 OF + 8 PE	CAP= 0.06, OP= 0.64 OF= 0.64, PE= 2.56 OP de equipo= 0.64	25.00 m <sup>3</sup> /día
Zapatas f'c 175 kg/cm <sup>2</sup>	0.20 CAP + 2 OP + 2 OF + 8 PE	CAP= 0.06, OP= 0.64 OF= 0.64, PE= 2.56 OP de equipo= 0.64	25.00 m <sup>3</sup> /día
Habilitación y colocación de acero grado 60	0.1 CAP + 1 OP + 1 OF (habilitación) 0.1 CAP + 1 OP + 1 OF (colocación)	CAP= 0.004 OP=0.032 OF=0.032	250 kg/día (habilitación) 250 kg/día (colocación)

*Nota.* CAP: capataz; OF.: oficial; OP: operario; PE: peón. Fuente: CAPECO (2006).

### 3.6.1.2.Cálculo de los aportes unitarios dados por CAPECO

El compendio de CAPECO (2006) no proporciona los aportes unitarios (hh) de manera explícita para las partidas analizadas. En el caso del encofrado, la norma desagrega tres procesos independientes (habilitación, encofrado y desencofrado) cada uno con rendimientos distintos; y si bien esta partida no está presente en todas las viviendas evaluadas igual debe desagregarse los aportes unitarios por actividad para facilitar la comparación; y para la partida de acero, el compendio agrupa la habilitación y colocación de acero, y al ser esta una de las principales partidas que se ha evaluado en la presente investigación se ha considerado pertinente estimar los aportes unitarios de ambas actividades (habilitación y colocación).

El cálculo sigue la expresión general:

$$\text{Aporte } M.O. = \frac{N^{\circ} \text{ de obreros} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Rendimiento}} \quad (11)$$

$$\text{Aporte } CAP = \frac{N^{\circ} \text{ de capataces} \times \text{Aporte total}}{\text{Número de trabajadores}} \quad (12)$$

$$\text{Aporte } OF = \frac{N^{\circ} \text{ de oficiales} \times \text{Aporte total}}{\text{Número de trabajadores}} \quad (13)$$

$$\text{Aporte } OP = \frac{N^{\circ} \text{ de operarios} \times \text{Aporte total}}{\text{Número de trabajadores}} \quad (14)$$

$$\text{Aporte } PE = \frac{N^{\circ} \text{ de peones} \times \text{Aporte total}}{\text{Número de trabajadores}} \quad (15)$$

#### a) Aportes unitarios para la partida de habilitación, encofrado y desencofrado

##### *Habilitación de encofrado*

Cuadrilla: 0.10 CAP + 1 OF + 1 OP = 2.10 trabajadores

Rendimiento: 40 m<sup>2</sup>/día

Aporte total de mano de obra

$$\text{Aporte } M.O. = \frac{2.10 \times 8}{40} = 0.42 \text{ hh} \quad (16)$$

- Distribución por categoría

$$Aporte\ CAP = \frac{0.10 \times 0.42}{2.10} = 0.020\ hh \quad (17)$$

$$Aporte\ OF = \frac{1 \times 0.42}{2.10} = 0.200\ hh \quad (18)$$

$$Aporte\ OP = \frac{1 \times 0.42}{2.10} = 0.200\ hh \quad (19)$$

### ***Encofrado***

Cuadrilla: 0.10 CAP + 1 OF + 1 OP = 2.10 trabajadores

Rendimiento: 14 m<sup>2</sup>/día

- Aporte total de mano de obra

$$Aporte\ M.O. = \frac{2.10 \times 8}{14} = 1.20\ hh \quad (20)$$

- Distribución por categoría

$$Aporte\ CAP = \frac{0.10 \times 1.20}{2.10} = 0.057\ hh \quad (21)$$

$$Aporte\ OF = \frac{1 \times 1.20}{2.10} = 0.571\ hh \quad (22)$$

$$Aporte\ OP = \frac{1 \times 1.20}{2.10} = 0.571\ hh \quad (23)$$

### ***Desencofrado***

Cuadrilla: 1 OF + 2 PE = 3 trabajadores

Rendimiento: 28 m<sup>2</sup>/día

- Aporte total de mano de obra

$$Aporte\ M.O. = \frac{3.0 \times 8}{28} = 0.857\ hh \quad (24)$$

- Distribución por categoría

$$Aporte\ OF = \frac{1 \times 0.857}{3.00} = 0.286\ hh \quad (25)$$

$$Aporte\ PE = \frac{1 \times 0.857}{3.00} = 0.571\ hh \quad (26)$$

### **b) Aportes unitarios para habilitación de acero**

Cuadrilla: 0.10 CAP + 1 OF + 1 OP = 2.10 trabajadores

Rendimiento: 250 kg/día

- Aporte total

$$Aporte M.O. = \frac{2.10 \times 8}{250} = 0.067 \text{ hh} \quad (27)$$

- Distribución por categoría

$$Aporte CAP = \frac{0.10 \times 0.067}{2.10} = 0.0032 \text{ hh} \quad (28)$$

$$Aporte OF = \frac{1 \times 0.067}{2.10} = 0.032 \text{ hh} \quad (29)$$

$$Aporte OP = \frac{1 \times 0.067}{2.10} = 0.032 \text{ hh} \quad (30)$$

### c) Aportes unitarios para vaciado de concreto

Si bien el vaciado de concreto es una actividad única es decir con un único rendimiento que abarca la preparación y vaciado de la mezcla de concreto, el número de trabajadores que especifica CAPECO (2006) en su descripción de cuadrilla es diferente al número real de trabajadores considerados para obtener esos aportes unitarios y rendimiento, por ello, se planteó este análisis demostrando la necesidad de incluir dos operarios de equipo liviano para cumplir con el rendimiento de 25 m<sup>3</sup>/día.

Cuadrilla: 0.20 CAP + 2 OF + 2 OP + 8 Pe + 2 OP equipo liviano = 14.20 trabajadores

Rendimiento: 25 m<sup>3</sup>/día

- Aporte total

$$Aporte M.O. = \frac{14.2 \times 8}{25} = 4.54 \text{ hh} \quad (31)$$

- Distribución por categoría

$$Aporte CAP = \frac{0.20 \times 4.54}{14.20} = 0.060 \text{ hh} \quad (32)$$

$$Aporte OF = \frac{2 \times 4.54}{14.20} = 0.640 \text{ hh} \quad (33)$$

$$Aporte OP = \frac{2 \times 4.54}{14.20} = 0.640 \text{ hh} \quad (34)$$

$$Aporte PE = \frac{8 \times 4.54}{14.20} = 2.560 \text{ hh} \quad (35)$$

$$\text{Aporte OP equipo} = \frac{2 \times 4.54}{14.20} = 0.640 \text{ hh} \quad (36)$$

#### **d) Resumen del aporte unitario**

Los rendimientos y aportes unitarios establecidos por CAPECO (2006) varían de manera significativa según la complejidad técnica de cada partida de cimentación y la composición de la cuadrilla. En las excavaciones, donde la cuadrilla mínima es de 0.1 capataz y 1 peón, el rendimiento disminuye conforme aumenta la profundidad de 4 m<sup>3</sup>/día a 3 m<sup>3</sup>/día, debido al mayor esfuerzo operativo requerido, lo que se refleja en incrementos progresivos del aporte total. En contraste, actividades de rápida ejecución como el solado alcanzan rendimientos muy altos (80 m<sup>2</sup>/día) pese a cuadrillas numerosas, mientras que tareas especializadas como el encofrado exhiben menores rendimientos (14–40 m<sup>2</sup>/día) por la necesidad de precisión y estabilidad estructural. Los cimientos corridos y las zapatas de concreto estructural mantienen rendimientos constantes de 25 m<sup>3</sup>/día, asociados a cuadrillas grandes y procesos continuos, mientras que la habilitación y colocación de acero presentan aportes unitarios bajos y rendimientos uniformes (250 kg/día) debido a su naturaleza repetitiva y estandarizada. En conjunto, los valores de CAPECO evidencian que el rendimiento depende directamente del tamaño de la cuadrilla, la complejidad técnica y el esfuerzo requerido por cada partida, constituyendo la referencia normativa para comparar el desempeño real de la mano de obra en la ciudad de Chota.

**Tabla 9**

*Resumen de rendimientos y aportes unitarios de la mano de obra para la construcción de cimentaciones según CAPECO (2006)*

Partida	Cuadrilla						Aporte unitario (hh)					Aporte total (hh)	Rendimiento
	CAP	OP	OF	PE	OP equipo	Trabajadores	CAP	OP	OF	PE	OP equipo		
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad	0.1			1		1.1	0.200			2.000		2.200	4 m <sup>3</sup> /día
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	0.1			1		1.1	0.229	0.000	0.000	2.286		2.514	3.5 m <sup>3</sup> /día
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 de profundidad	0.1			1		1.1	0.267	0.000	0.000	2.667		2.933	3 m <sup>3</sup> /día
Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	0.1			1		1.1	0.320			3.200		3.520	2.5 m <sup>3</sup> /día
Solado para zapatas de 3" de espesor	0.2	2	1	6	1	10.2	0.020	0.200	0.100	0.600	0.100	1.020	80 m <sup>2</sup> /día
Habilitación de encofrado de zapatas	0.1	1	1			2.1	0.020	0.200	0.200			0.420	40 m <sup>2</sup> /día
Encofrado de zapatas	0.1	1	1			2.1	0.057	0.571	0.571			1.200	14 m <sup>2</sup> /día
Desencofrado de zapatas			1	2		3			0.286	0.571		0.857	28 m <sup>2</sup> /día
Cimiento corridos 1:10 + 30% piedra grande	0.1	1	2	8	1	12.1	0.032	0.320	0.640	2.560	0.320	3.872	25 m <sup>3</sup> /día
Zapatas f'c 140 kg/cm <sup>2</sup>	0.2	2	2	8	2	14.2	0.060	0.640	0.640	2.560	0.640	4.540	25 m <sup>3</sup> /día
Zapatas f'c 175 kg/cm <sup>2</sup>	0.2	2	2	8	2	14.2	0.060	0.640	0.640	2.560	0.640	4.540	25 m <sup>3</sup> /día
Habilitación de acero grado 60	0.1	1	1			2.1	0.003	0.032	0.032			0.067	250 kg/día
Colocación de acero grado 60	0.1	1	1			2.1	0.003	0.032	0.032			0.067	250 kg/día

*Nota.* CAP: capataz; OF.: oficial; OP: operario; PE: peón. Fuente: CAPECO (2006).

### 3.6.2. Selección y caracterización de las viviendas de estudio

#### 3.6.2.1. Selección de viviendas y verificación de criterios de inclusión

Se seleccionaron las viviendas mediante muestreo no probabilístico, verificando en campo el cumplimiento de los criterios de inclusión establecidos: presencia de cimentaciones en ejecución, autorización del propietario y consentimiento del maestro de obra. Durante esta fase se elaboró un registro preliminar de cada obra.

#### 3.6.2.2. Características generales de las viviendas del estudio

Las 14 viviendas analizadas se distribuyen en los sectores 1, 2, 3, 4, 7, 9 y Cercado de la ciudad de Chota. La mayor proporción corresponde al sector 3, donde se ubican 5 viviendas, equivalente al 35.71% del total. En los sectores 1, 2 y 4 se localiza el 14.29% respectivamente, mientras que en los sectores 7, 9 y Cercado se registra el 7.14% en cada caso.

**Tabla 10**

*Dirección de las viviendas de estudio*

Viv.	Propietario	Dirección	N°	Sector
1	Victor Raul Bustamante Llatas	Jr. Edelmira Silva - Psje Juan XXIII	510	3
2	Hugo Delgado Idrogo	Jr. Paseo Acunta	SN	1
3	Ruben Garay Tabaco	Jr. Paseo Acunta	SN	1
4	Wilmer Esquen Cieza	Jr. Anexo Diego Villacorta	SN	3
5	Antonio Tamay	Av. Tacabamba	132	3
6	Santos Bustamante Fernández	Jr. Adriano Novoa	180	3
7	Elita Burga	Av. 27 de Noviembre	SN	2
8	Anibal Gonzales	Jr. Adriano Novoa	SN	4
9	NQT	Av. Inca Garcilazo de la Vega	SN	4
10	Saul Fonseca	Psj. Colpamayo	SN	9
11	Baldemoro Bravo	Psj. Santa Anita	SN	3
12	SNM	Jr. Ponciano Vigil	SN	Cercado
13	Wilmer Carranza Mejía	Av. Paseo San Mateo	SN	7
14	ADM	Jr. Fray José Arana	SN	2

Los terrenos presentan dimensiones variables, con frentes que oscilan entre 5.00 m y 12.80 m y fondos que alcanzan hasta 23.50 m, mientras que los lados laterales llegan hasta 41.47 m, lo que refleja una alta variabilidad geométrica.

**Tabla 11***Datos del terreno donde se sitúan las viviendas de estudio*

N° de vivienda	Datos del terreno			
	Frontis (m)	Fondo (m)	Lado izquierdo (m)	Lado derecho (m)
1	5.60	4.53	14.75	13.72
2	9.40	8.65	18.55	15.00
3	12.30	12.10	39.79	41.47
4	6.20	6.20	9.00	9.00
5	9.95	9.34	25.46	25.46
6	12.80	13.30	28.09	28.05
7	8.20	19.00	18.00	19.00
8	5.00	20.00	20.00	20.00
9	10.00	20.00	20.00	20.00
10	8.00	12.00	12.00	12.00
11	8.00	23.50	24.00	24.00
12	12.00	18.00	18.00	18.00
13	6.00	20.00	19.00	19.00
14	5.00	12.00	12.00	12.00

Las áreas de terreno y construidas varían entre 55.80 m<sup>2</sup> y 495.66 m<sup>2</sup>, con perímetros que alcanzan 105.66 m y edificaciones de 3 a 8 pisos, lo que indica diferentes magnitudes estructurales y demandas de cimentación entre las viviendas.

**Tabla 12***Parámetros geométricos de las viviendas de estudio*

N° de vivienda	Parámetros geométricos de la vivienda			
	Área de terreno (m <sup>2</sup> )	Área construida (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	N° de pisos
1	72.10	72.10	38.60	8
2	151.39	151.39	51.60	8
3	495.66	495.66	105.66	5
4	55.80	55.80	30.40	4
5	245.56	245.56	70.21	4
6	366.31	366.31	82.24	8
7	251.60	251.60	64.20	7
8	250.00	250.00	65.00	5
9	300.00	300.00	70.00	4
10	120.00	120.00	44.00	8
11	378.00	374.50	79.50	5
12	270.00	270.00	66.00	3
13	247.00	247.00	64.00	8
14	102.00	102.00	41.00	3

La mayoría de las viviendas cuenta con licencia de construcción y planos, aunque solo una parte dispone de asistencia técnica permanente de un ingeniero, lo que evidencia que varias edificaciones se ejecutaron con una supervisión técnica limitada.

**Tabla 13***Condiciones técnicas para la ejecución de las viviendas (licencia, asistencia y planos)*

Nº de vivienda	Licencia de construcción	Planos	Asistencia técnica (ingeniero)
1	Sí	Sí	Sí
2	Sí	Sí	No
3	Sí	Sí	No
4	Sí	No	No
5	Sí	No	No
6	Sí	Sí	Sí
7	Sí	Sí	No
8	No	Sí	Sí
9	Sí	Sí	Sí
10	Sí	Sí	No
11	Sí	Sí	Sí
12	Sí	Sí	No
13	Sí	Sí	No
14	No	Sí	Sí

En todas las viviendas se ejecutaron las partidas de excavación, de acero y de vaciado de concreto, mientras que el solado y el encofrado son partidas opcionales.

**Tabla 14***Partidas que se ejecutaron en las viviendas en estudio*

Nº de vivienda	Partidas realizadas
1	Excavaciones, solado, habilitación de acero, vaciado concreto
2	Excavaciones, solado, habilitación de acero, encofrado, vaciado de concreto
3	Excavaciones, solado, habilitación de acero, encofrado, vaciado concreto
4	Excavaciones, solado, habilitación de acero, encofrado, vaciado concreto
5	Excavaciones, solado, habilitación de acero, encofrado, vaciado concreto
6	Excavaciones, solado, habilitación de acero, encofrado, vaciado de concreto
7	Excavaciones, solado, habilitación de acero, vaciado concreto
8	Excavaciones, habilitación de acero, vaciado concreto
9	Excavaciones, habilitación de acero, vaciado concreto
10	Excavaciones, habilitación de acero, vaciado concreto
11	Excavaciones, solado, habilitación de acero, encofrado, vaciado concreto
12	Excavaciones, habilitación de acero, vaciado concreto
13	Excavaciones, habilitación de acero, encofrado, vaciado concreto
14	Excavaciones, habilitación de acero, vaciado concreto

**Tabla 15***Ponderación de las partidas ejecutadas en las viviendas de estudio*

Partidas	Nº	%	Viviendas
Excavaciones	14	100.00%	VIV 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
Solado	8	57.14%	VIV. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11
Habilitación de acero	14	100.00%	VIV 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
Encofrado	6	42.86%	VIV 2, 3, 4, 6, 11, 13
Vaciado de concreto	14	100.00%	VIV 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

### 3.6.3. Caracterización de las viviendas y cimentaciones

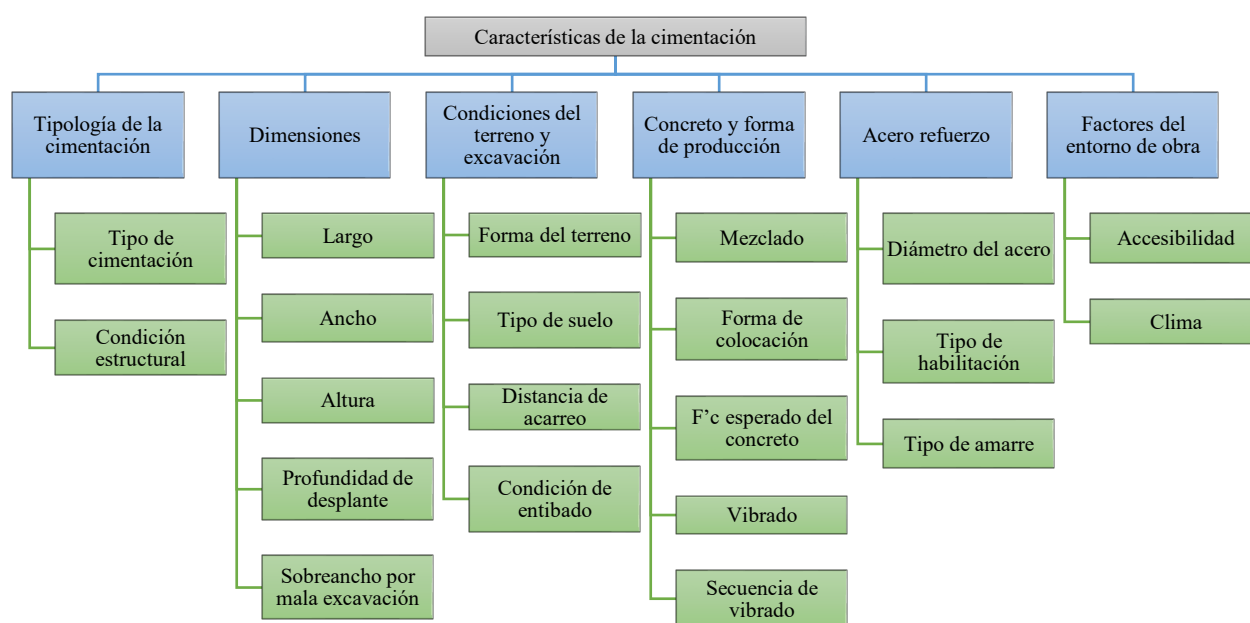
Tras la selección, se realizó una inspección técnica detallada en cada una de las 14 viviendas evaluadas. La caracterización incluyó:

- mediciones geométricas de la cimentación (ancho, altura, profundidad de desplante);
- identificación del tipo de cimentación (zapatas aisladas, corridas y cimientos corridos);
- registro de las condiciones del terreno mediante observación directa (tipo de suelo, humedad, presencia de roca);
- identificación del método constructivo empleado (mezclado, vaciado, vibrado);
- registro de accesibilidad, del entorno operativo y de las condiciones de almacenamiento de materiales.

Estas mediciones se realizaron con flexómetros Stanley, reglas metálicas Truper y niveles Surtek, registrándose los datos en los formatos del Anexo N.º 2.

**Figura 9**

*Características de la cimentación que se registraron en cada vivienda*



## Figura 10

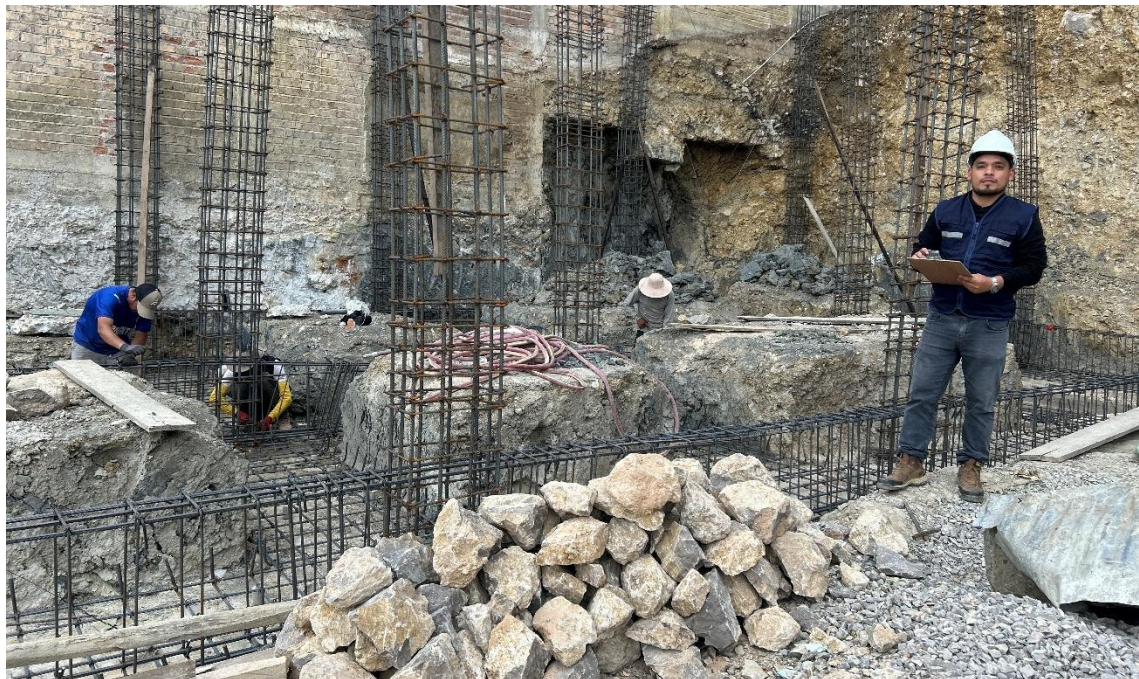
*Vista general del área de excavación y cimentación de una vivienda en estudio*



*Nota.* Estado de la excavación para la ejecución de las cimentaciones, evidenciando la profundidad de desplante, el frente de trabajo y las condiciones generales del terreno previo a la colocación del concreto.

## Figura 11

*Ejecución de zapatas y habilitación de acero de refuerzo en vivienda en estudio*



*Nota.* Se observa la disposición del acero de refuerzo en zapatas y elementos de cimentación, así como la participación de la cuadrilla durante la etapa de habilitación y colocación del acero.

### **3.6.4. *Aplicación de la encuesta y caracterización de la mano de obra***

#### **3.6.4.1. Aplicación del cuestionario.**

Se aplicó un cuestionario semiestructurado (Anexo N.º 5) a los trabajadores que participaron directamente en las partidas de cimentación. La aplicación se realizó en obra, previa explicación del objetivo de la investigación y garantizando la confidencialidad de la información personal. En ese sentido, los nombres y apellidos de los trabajadores no fueron utilizados sin su consentimiento; para aquellos que autorizaron el uso de sus datos se consignó la información correspondiente, mientras que, en los casos en que no se otorgó autorización, se empleó un sistema de codificación mediante iniciales. El cuestionario permitió caracterizar a la mano de obra en función de los siguientes indicadores:

- edad y procedencia,
- experiencia laboral,
- formación técnica,
- forma de aprendizaje,
- tipo de contratación y remuneración.

La información obtenida permitió contextualizar e interpretar los resultados de rendimiento y productividad de la mano de obra registrados durante el trabajo de campo.

#### **3.6.4.2. Caracterización de la mano de obra**

Las cuadrillas estuvieron conformadas por entre 3 y 7 trabajadores por vivienda, sumando un total de 67 trabajadores. La edad promedio global fue de 35.40 años y la experiencia laboral promedio de 9.73 años, observándose viviendas con cuadrillas jóvenes y de baja experiencia, así como casos puntuales con trabajadores de mayor edad y trayectoria laboral elevada.

**Tabla 16***Características generales de los trabajadores por vivienda*

N° de vivienda	Número de trabajadores	%	Promedio de Edad (años)	Promedio de Experiencia laboral (años)
1	4	5.97%	60.50	48.33
2	4	5.97%	32.50	3.50
3	5	7.46%	38.60	14.60
4	7	10.45%	30.00	5.14
5	6	8.96%	36.00	7.17
6	7	10.45%	35.57	9.00
7	6	8.96%	36.67	8.67
8	6	8.96%	29.83	5.50
9	4	5.97%	30.00	9.75
10	3	4.48%	32.33	6.00
11	3	4.48%	29.33	6.33
12	4	5.97%	38.75	9.00
13	4	5.97%	30.75	6.50
14	4	5.97%	37.50	11.25
Total	67	100.00%	35.40	9.73

Del total de trabajadores, el 28.36% correspondió a operarios y el 71.64% a peones, evidenciando una marcada predominancia de mano de obra no especializada en la ejecución de cimentaciones. En la mayoría de viviendas, la proporción de peones superó el 70% de la cuadrilla.

**Tabla 17***Categoría en la cuadrilla de los trabajadores de la ejecución de cimentaciones*

N° de vivienda	Operario	Peón	Total	% de operarios	% de peones
1	1	3	4	25.00%	75.00%
2	2	2	4	50.00%	50.00%
3	2	3	5	40.00%	60.00%
4	2	5	7	28.57%	71.43%
5	1	5	6	16.67%	83.33%
6	3	4	7	42.86%	57.14%
7	1	5	6	16.67%	83.33%
8	1	5	6	16.67%	83.33%
9	1	3	4	25.00%	75.00%
10	1	2	3	33.33%	66.67%
11	1	2	3	33.33%	66.67%
12	1	3	4	25.00%	75.00%
13	1	3	4	25.00%	75.00%
14	1	3	4	25.00%	75.00%
Total	19	48	67	28.36%	71.64%

El mayor porcentaje de trabajadores se concentró en el rango de 20 a 30 años (46.27%), seguido por el rango de 31 a 40 años (26.87%). En todos los rangos etarios predominó la participación de peones, especialmente en los trabajadores más jóvenes.

**Tabla 18**

*Rango de edad de los trabajadores*

Rango de edad	Operario	Peón	Total	% de operarios	% de peones	% total
20-30 años	3	28	31	9.68%	90.32%	46.27%
31-40 años	8	10	18	44.44%	55.56%	26.87%
41-60 años	7	8	15	46.67%	53.33%	22.39%
> 61 años	1	2	3	33.33%	66.67%	4.48%
Total	16	46	62	25.81%	74.19%	92.54%

La mayoría de los trabajadores presentó grado de instrucción secundaria (61.19%), seguido de primaria (22.39%) y superior (16.42%). En todos los niveles educativos predominó la categoría de peón, incluso entre los trabajadores con formación superior.

**Tabla 19**

*Grado de instrucción de los trabajadores*

Grado de instrucción	Operario	Peón	Total	% de operarios	% de peones	% total
Primaria	3	12	15	20.00%	80.00%	22.39%
Secundaria	15	26	41	36.59%	63.41%	61.19%
Superior	1	10	11	9.09%	90.91%	16.42%
Total	19	48	67	28.36%	71.64%	100.00%

El 62.69% de los trabajadores procedió de la ciudad de Chota, constituyéndose como el principal origen de la mano de obra empleada. El resto provino de centros poblados y distritos cercanos, con una participación mayoritaria de peones en casi todos los lugares de procedencia.

**Tabla 20***Lugar de procedencia de los trabajadores*

Lugar de procedencia	Operario	Peón	Total	% de operarios	% de peones	% total
Cabracancha		1	1	0.00%	100.00%	1.49%
Campamento		2	2	0.00%	100.00%	2.99%
Castocancha		3	3	0.00%	100.00%	4.48%
Celendín	2		2	100.00%	0.00%	2.99%
Chadín		1	1	0.00%	100.00%	1.49%
Chaupelanche		1	1	0.00%	100.00%	1.49%
Chetilla		1	1	0.00%	100.00%	1.49%
Choropampa	1		1	100.00%	0.00%	1.49%
Chota	11	31	42	26.19%	73.81%	62.69%
Colpa Matara	1	2	2	50.00%	100.00%	2.99%
Colpa Huacariz		1	1	0.00%	100.00%	1.49%
Colpatuapampa		1	1	0.00%	100.00%	1.49%
Cuyumalca	1	1	2	50.00%	50.00%	2.99%
Nuevo San Juan	1	1	2	50.00%	50.00%	2.99%
Rojaspampa	1	1	2	50.00%	50.00%	2.99%
Santa Rosa		1	1	0.00%	100.00%	1.49%
Silleropata Alto	1		1	100.00%	0.00%	1.49%
Total	19	48	67	28.36%	71.64%	100.00%

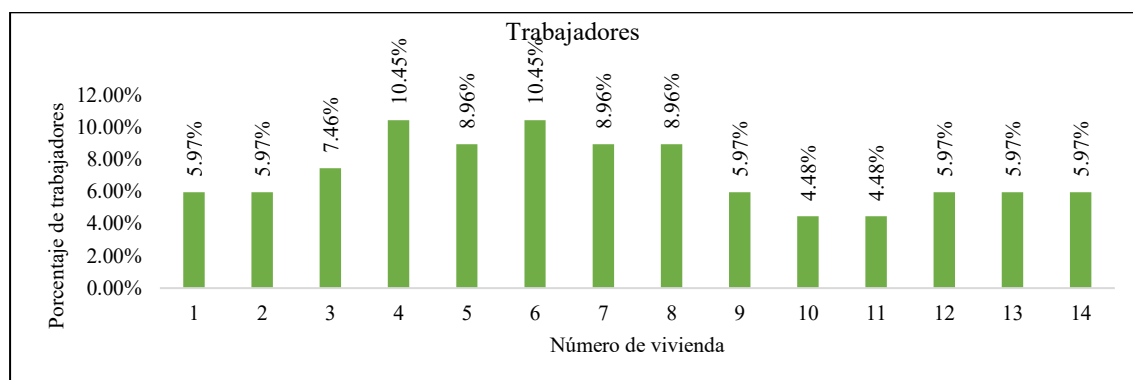
La mayor proporción de trabajadores presentó experiencia entre 1 y 5 años (41.79%), seguida del rango de 6 a 10 años (29.85%). Los trabajadores con mayor experiencia (más de 11 años) correspondieron principalmente a operarios.

**Tabla 21***Experiencia laboral de los trabajadores en la ejecución de cimentaciones*

Rango de experiencia laboral	Operario	Peón	Total	% de operarios	% de peones	% total
< 1 año		6	6	0.00%	100.00%	8.96%
1-5 años	2	26	28	7.14%	92.86%	41.79%
6-10 años	8	12	20	40.00%	60.00%	29.85%
11-30 años	6	2	8	75.00%	25.00%	11.94%
> 31 años	3	2	5	60.00%	40.00%	7.46%
Total	19	48	67	28.36%	71.64%	100.00%

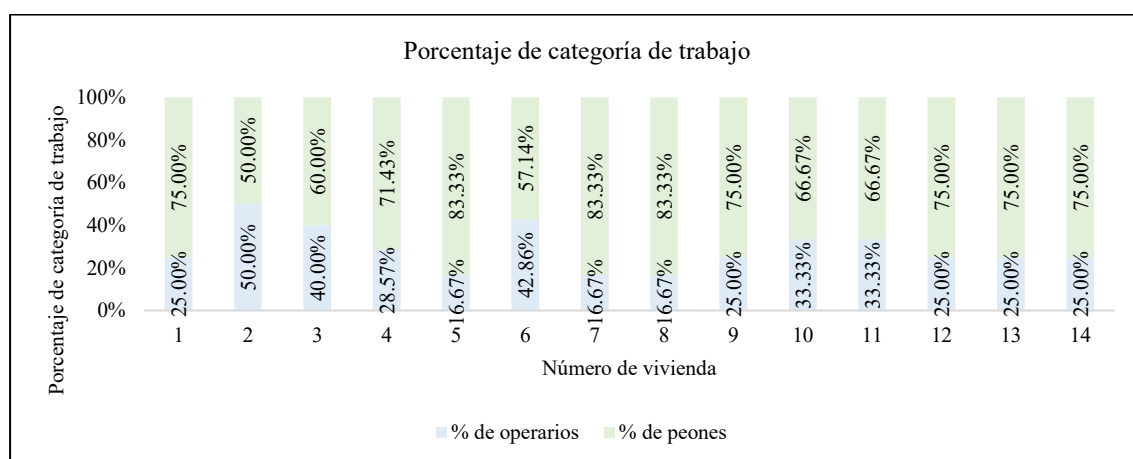
**Figura 12**

*Porcentaje de trabajadores por vivienda*



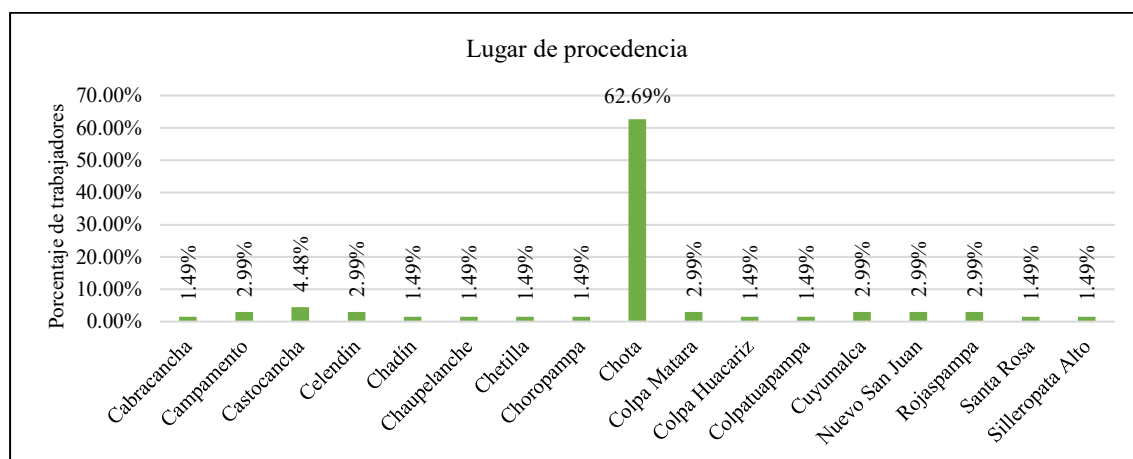
**Figura 13**

*Porcentaje de trabajadores de acuerdo a la categoría*



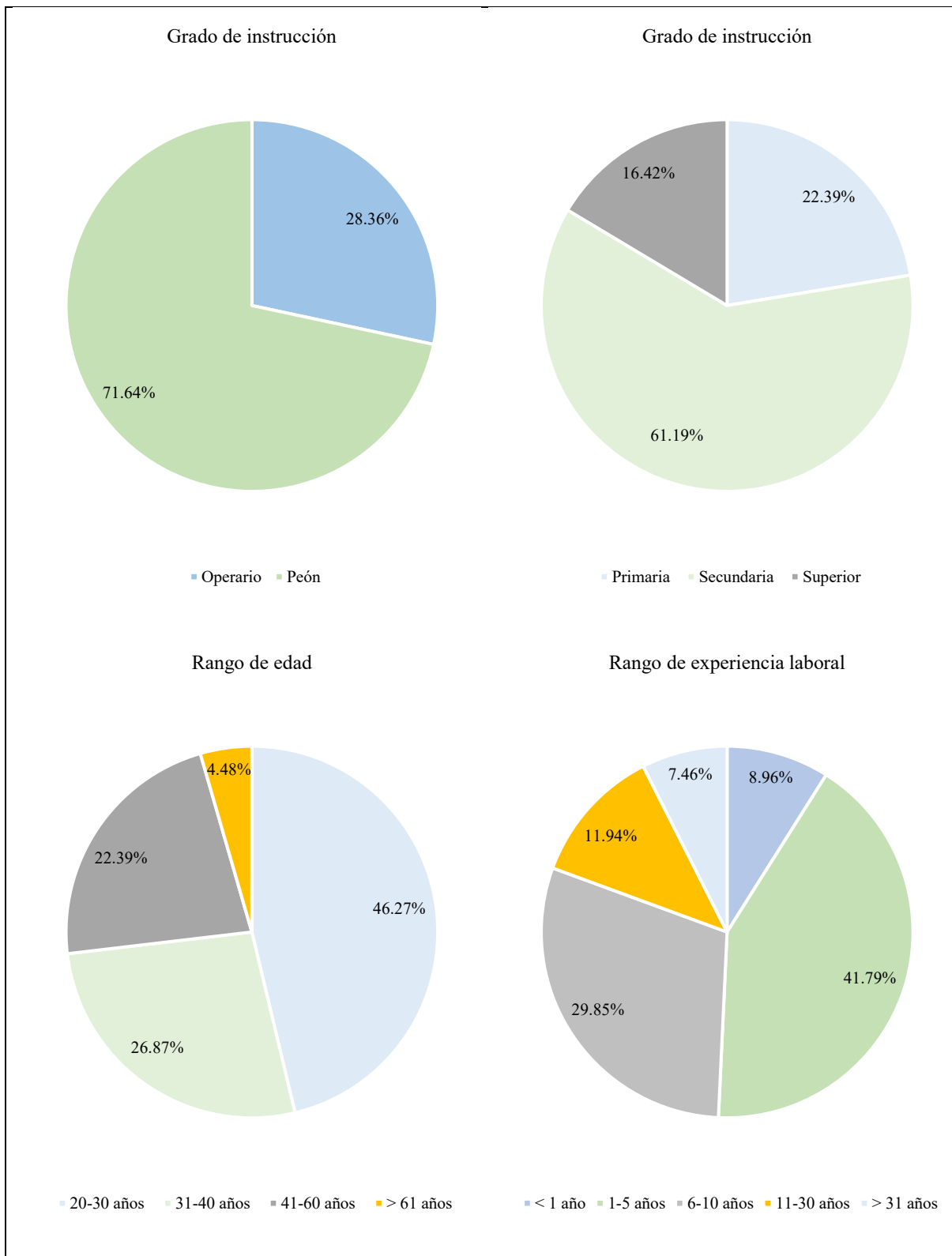
**Figura 14**

*Lugar de procedencia*



**Figura 15**

*Categoría de trabajo, grado de instrucción, rango de edad y experiencia laboral*



### 3.6.5. *Registro del proceso constructivo y del avance diario*

#### a) **Registro general del proceso constructivo.**

Durante la ejecución de las cimentaciones se realizó observación directa estructurada para registrar el avance diario en las partidas de:

- excavación,
- solado (cuando existió),
- encofrado (ocasional),
- habilitación de acero,
- vaciado de concreto.

Para cada jornada laboral el registro incluyó:

- hora de inicio y fin de cada actividad,
- número y tipo de trabajadores (OP, PE, OF),
- cantidad ejecutada por día (m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup> o kg),
- condiciones de operación (espacio disponible, climatología),
- medios de transporte y manejo de materiales.

La información obtenida fue posteriormente transcrita en los formatos de control de rendimiento elaborados en hojas de cálculo (Anexo N.º 3).

#### b) **Registro por partidas del proceso de cimentación**

**Excavación.** Comprendió el retiro del suelo hasta alcanzar la profundidad de desplante establecida en los planos estructurales. En esta partida se registró el volumen excavado por jornada, composición de la cuadrilla, distancia de acarreo del material.

**Solado.** Cuando fue ejecutado, consistió en la colocación de una capa de concreto de limpieza en la base de la excavación, con la finalidad de regularizar la superficie de apoyo de la cimentación. Se registró el área o volumen ejecutado, el tiempo empleado y el personal asignado a esta actividad.

**Habilitación y colocación de acero.** Esta partida incluyó las actividades de corte, doblado, armado y colocación del acero de refuerzo conforme a los planos. El registro consideró la cantidad de acero colocada por día, tipo de barras, conformación de la cuadrilla y condiciones de accesibilidad y espacio en la zona de trabajo.

**Encofrado.** De ejecución ocasional consistió en la instalación de moldes temporales para contener el concreto fresco y definir la geometría de cimentación. Se registró el área encofrada, el tiempo de ejecución, el material empleado y la cuadrilla.

**Preparación y vaciado de concreto.** Comprendió las actividades de mezclado, transporte y colocación del concreto en las zapatas y elementos de cimentación. En esta partida se registró el volumen vaciado por jornada, capacidad del equipo de mezclado, y forma de colocación durante la ejecución.

### **Figura 16**

*Registro del rendimiento de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones*



## Figura 17

*Actividades constructivas evaluadas para el análisis del rendimiento de la mano de obra en cimentaciones*



*Nota.* La figura muestra las principales partidas analizadas en el estudio, excavación, solado, habilitación y colocación de acero, encofrado y preparación y vaciado de concreto, durante su ejecución en obra, las cuales sirvieron de base para el registro del avance diario y la determinación del rendimiento de la mano de obra por cuadrilla.

### 3.6.6. Medición del rendimiento de la mano de obra

La medición del rendimiento se efectuó mediante cronometraje directo con un cronómetro digital Casio, registrando el tiempo invertido en cada actividad y relacionándolo con el metrado ejecutado. Para cada partida se siguieron las expresiones:

Aporte unitario:

$$Aporte M.O. = \frac{N^{\circ} \text{ de trabajadores} \times \text{jornada laboral (horas)}}{Rendimiento} \quad (37)$$

Rendimiento real observado:

$$Rendimiento = \frac{N^{\circ} \text{ de hombres} \times \text{jornada laboral (horas)}}{Aporte unitario} \quad (38)$$

Los rendimientos locales fueron posteriormente homogeneizados para ajustarse al tamaño de cuadrilla oficial de CAPECO (2006), permitiendo comparaciones válidas entre ambos sistemas.

#### a) Rendimiento para excavaciones

El rendimiento de excavaciones se expresó en m<sup>3</sup>/día:

$$Metrado = \text{Largo} \times \text{ancho} \times \text{altura (m}^3) \quad (39)$$

Las cuadrillas variaron ampliamente (1 OP + 1, 2, 3 o 5 Pe). Los aportes se obtuvieron como:

$$Aporte OP = \frac{N^{\circ} \text{ de operarios} \times \text{Tiempo de trabajo}}{Metrado} \quad (40)$$

$$Aporte PE = \frac{N^{\circ} \text{ de peones} \times \text{Tiempo de trabajo}}{Metrado} \quad (41)$$

$$Aporte total = Aporte OP + Aporte PE \quad (42)$$

$$Rendimiento = \frac{N^{\circ} \text{ de trabajadores} \times \text{Tiempo de trabajo}}{Aporte total} \quad (43)$$

Para compararlo con el rendimiento normativo de CAPECO, se ajustó a:

Cuadrilla CAPECO excavación: 0.1 CAP + 1 PE = 1.1 trabajadores

$$Rendimiento suministro = \frac{1.10 \times 8}{Aporte total} \quad (44)$$

Los valores obtenidos son comparables con los rendimientos de CAPECO (2006).

## b) Rendimiento para solado

El rendimiento de la preparación y vaciado en solado se expresó en m<sup>2</sup>/día:

$$\text{Metrado} = \text{Largo} \times \text{ancho} (m^2) \quad (45)$$

Las cuadrillas variaron ampliamente (1 OP + 3 PE, 1 OP + 2 PE, 2 OP + 5 PE).

Los aportes se obtuvieron como:

$$\text{Aporte OP} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de operarios} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (46)$$

$$\text{Aporte PE} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de peones} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (47)$$

$$\text{Aporte total} = \text{Aporte OP} + \text{Aporte PE} \quad (48)$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de trabajadores} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Aporte total}} \quad (49)$$

Para compararlo con el rendimiento normativo de CAPECO, se ajustó a:

Cuadrilla CAPECO concreto: 0.2 CAP + 1 OF + 2 OP + 6 PE = 9.2 trabajadores

$$\text{Rendimiento suministro} = \frac{9.2 \times 8}{\text{Aporte total}} \quad (50)$$

Los valores obtenidos son comparables con los rendimientos de CAPECO (2006).

## c) Rendimiento para encofrado

El rendimiento de encofrado se expresó en m<sup>2</sup>/día. El metrado se calculó:

$$\text{Metrado} = \text{Largo} \times \text{ancho} (m^2) \quad (51)$$

Las cuadrillas observadas presentaron variabilidad (1 OP + 2 PE, 2 OP + 5 PE),

por ello, se calculó el aporte individual para:

$$\text{Aporte OP} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de operarios} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (52)$$

$$\text{Aporte PE} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de peones} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (53)$$

$$\text{Aporte total} = \text{Aporte OP} + \text{Aporte PE} \quad (54)$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de trabajadores} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Aporte total}} \quad (55)$$

Para hacer comparable este rendimiento con CAPECO (2006), se ajustó al tamaño de cuadrilla oficial:

Cuadrilla CAPECO para encofrado: 0.1 CAP. + 1 OF + 1 OP = 2.1 trabajadores

$$\text{Rendimiento suministro} = \frac{2.1 \times 8}{\text{Aporte total}} \quad (56)$$

Los valores obtenidos son comparables con los rendimientos de CAPECO (2006).

#### d) Rendimiento para habilitación de acero

El rendimiento de habilitación de acero se expresó en kg/día. El metrado correspondiente se calculó multiplicando el número de elementos por el peso nominal para el diámetro de acero que se está utilizando por el número de varillas y longitud de acero utilizado:

$$\text{Metrado} = \text{Longitud} \times \text{Número de varillas} \times \text{Peso nominal (kg)} \quad (57)$$

**Tabla 22**

*Peso nominal de acuerdo al diámetro del acero*

Diámetro	Área nominal (mm <sup>2</sup> )	Peso nominal (kg/m)	Peso mínimo (kg/m)
6 mm	28	0.222	0.207
8 mm	50	0.395	0.371
3/8"	71	0.56	0.526
12 mm	113	0.888	0.835
1/2"	129	0.994	0.934
5/8"	199	1.552	1.459
3/4"	284	2.235	2.101
1"	510	3.973	3.735
1 3/8"	1006	7.907	7.433

*Nota.* Tomado de Aceros Arequipa (2025).

Las cuadrillas observadas fueron: 1 OP + 1 PE, 2 OP + 1 PE y 1 OP + 3 PE. Los aportes se calcularon con:

$$\text{Aporte OP} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de operarios} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (58)$$

$$\text{Aporte PE} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de peones} \times \text{Tiempo de trabajo}}{\text{Metrado}} \quad (59)$$

$$Aporte\ total = Aporte\ OP + Aporte\ PE \quad (60)$$

La cuadrilla promedio local tuvo 4 trabajadores, por lo que:

$$Rendimiento = \frac{4 \times 8}{Aporte\ total} \quad (61)$$

Para compararlo con CAPECO (2006), se ajustó a:

Cuadrilla CAPECO acero: 0.1 CAP + 1 OF + 1 OP = 2.1 trabajadores

$$Rendimiento\ suministro = \frac{2.1 \times 8}{Aporte\ total} \quad (62)$$

Los valores obtenidos mediante estas ecuaciones se consideraron comparables con los rendimientos referenciales registrados en CAPECO (2006).

#### e) Rendimiento para preparación y vaciado de concreto

El rendimiento del vaciado se expresó en m<sup>3</sup>/día:

$$Metrado = Largo \times ancho \times altura (m^3) \quad (63)$$

Las cuadrillas variaron ampliamente (1 OP + 3, 4, 5 o 6 PE). Los aportes se obtuvieron como:

$$Aporte\ OP = \frac{N^{\circ}\ de\ operarios \times Tiempo\ de\ trabajo}{Metrado} \quad (64)$$

$$Aporte\ PE = \frac{N^{\circ}\ de\ peones \times Tiempo\ de\ trabajo}{Metrado} \quad (65)$$

$$Aporte\ total = Aporte\ OP + Aporte\ PE \quad (66)$$

La cuadrilla promedio local fue de 5 trabajadores:

$$Rendimiento = \frac{5 \times 8}{Aporte\ total} \quad (67)$$

Para compararlo con el rendimiento normativo de CAPECO, se ajustó a:

Cuadrilla CAPECO concreto: 0.2 CAP + 2 OF + 2 OP + 8 PE + 2 OP equipo liviano = 14.2 trabajadores

$$Rendimiento\ suministro = \frac{14.2 \times 8}{Aporte\ total} \quad (68)$$

Los valores obtenidos son comparables con los rendimientos de CAPECO (2006).

### 3.6.7. *Aplicación de la carta balance en la construcción de cimentaciones*

La productividad de la mano de obra se evaluó aplicando la técnica de carta balance, registrando cada minuto la actividad realizada por cada trabajador durante la ejecución de las partidas. El procedimiento incluyó:

- Asignación de códigos para cada actividad según su naturaleza (TP, TC, TNC).
- Registro minuto a minuto usando una plantilla codificada y un cronómetro digital Casio.
- Transcripción de los datos en plantillas Excel (Anexo N.º 4).
- Cálculo de los porcentajes de tiempo productivo (TP), contributorio (TC) y no contributorio (TNC).
- Elaboración de tablas y gráficos para cada trabajador y para cada partida.

#### **Figura 18**

*Condiciones de trabajo y de la cuadrilla durante la ejecución de cimentaciones*



*Nota.* La imagen evidencia la disposición del frente de trabajo, la organización de materiales y la interacción de la cuadrilla durante las actividades de habilitación de acero y preparación para el vaciado de concreto, aspectos que influyen en el uso del tiempo productivo, contributorio y no contributorio.

Las actividades evaluadas se organizaron según la Tabla 23, Tabla 24, Tabla 25, Tabla 26, Tabla 27, diferenciando claramente los tres tipos de uso del tiempo. Este procedimiento permitió reconstruir el comportamiento real del tiempo en obra e identificar patrones de organización y factores que afectaron la productividad.

**Tabla 23**

*Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para excavación de cimentaciones*

	<b>Tiempo productivo (TP)</b>		<b>Tiempo contributorio (TC)</b>		<b>Tiempo no contributorio (TNC)</b>
1	Excavar y remover el suelo manualmente o con maquinaria	21	Transportar material excavado hacia botadero o zona de acopio	50	Descansar fuera del tiempo establecido.
2	Nivelar el fondo de la excavación hasta la cota de diseño	22	Operar maquinaria de apoyo (volquete, cargador, retroexcavadora)	51	Conversaciones ajenas al trabajo.
3	Compactar el terreno en el fondo de la cimentación	23	Supervisar y coordinar el trabajo, impartiendo instrucciones	52	Uso de teléfono móvil para asuntos personales.
4	Trazar y replantear el área de cimentación	24	Realizar mediciones de control de profundidad, alineamiento y cotas.	53	Ir a los servicios higiénicos
60	Perfilado manual de taludes y paredes para asegurar verticalidad y dimensiones.	25	Marcar y delimitar el área de excavación según planos.	54	Permanecer ocioso sin actividad asignada.
61	Conformación final de la base de cimentación (ajuste a la cota de proyecto).	26	Revisar y consultar planos para la verificación de medidas.	55	Rehacer trabajos por errores o mala ejecución.
62	Colocación y ajuste de apuntalamientos o tablestacas cuando el terreno lo requiera.	80	Hincado y extracción de estacas de guía.	56	Esperar materiales, equipos o instrucciones.
63	Corte y retiro de piedras grandes u obstáculos en el área de excavación	81	Afilado, limpieza y mantenimiento de herramientas (pico, pala, barretas).	57	Realizar trabajos no planificados o ajenos a la excavación.
64	Carguío directo del material a volquete	82	Humedecer o regar el terreno para facilitar la excavación.	58	Buscar materiales o herramientas que no encuentran por falta de orden y/o limpieza
		83	Retiro de escombros o material no aprovechable hacia un punto de acopio.	59	Falla mecánica
		84	Apertura de accesos temporales (rampas, caminos de carretilla).	100	Atención a accidentes e incidentes del personal (interrupción de labores por emergencias, primeros auxilios o reportes de seguridad).
		85	Maniobras de retroceso, viraje y estacionamiento de volquete o maquinaria.	101	Espera de llegada de volquete para carguío

**Tabla 24***Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para solado en cimentaciones*

	<b>Tiempo productivo (TP)</b>	<b>Tiempo contributivo (TC)</b>	<b>Tiempo no contributivo (TNC)</b>
14	Preparación de la mezcla de concreto simple para el solado	38	Humedecer la superficie del terreno antes de vaciar el solado.
15	Vaciado del concreto de limpieza sobre el fondo de la excavación	39	Transporte del concreto para el solado (carretilla, balde, trompo o mixer).
16	Compactación manual del concreto del solado (vibrado superficial según espesor).	40	Transporte de materiales para la mezcla del concreto simple.
17	Nivelación y alisado del solado con regla metálica o de madera.	41	Limpieza del área de trabajo antes, durante y después del vaciado.
18	Chuzado ligero de la mezcla para eliminar burbujas de aire (cuando no se use vibrador).	42	Dar instrucciones y coordinar el vaciado del solado.
19	Curado del solado para evitar fisuración y pérdida de humedad.	43	Palaneado superficial de la mezcla para acabado parejo.
65	Extendido y colocación de plástico o película de polietileno antes del vaciado	44	Enrazar la mezcla para uniformizar el espesor del solado.
		23	Supervisar y coordinar el trabajo
		24	Realizar mediciones de nivel y espesor del solado.
		25	Marcar límites y referencias del área de solado.
		26	Consultar o verificar planos para confirmar dimensiones.
		86	Colocación y ajuste de reglas-guía o maestras para asegurar nivel y pendiente.
		50	Descansar fuera del tiempo establecido.
		51	Conversaciones ajenas al trabajo.
		52	Uso de teléfono móvil para asuntos personales.
		53	Ir a los servicios higiénicos
		54	Permanecer ocioso sin actividad asignada.
		55	Rehacer el solado por errores en nivelación o acabado.
		56	Esperar materiales, equipos o instrucciones.
		57	Realizar trabajos no planificados o ajenos al solado. Buscar materiales o
		58	herramientas que no encuentran por falta de orden y/o limpieza
		59	Falla mecánica
		102	Atención a accidentes e incidentes del personal (interrupción de labores por emergencias, primeros auxilios o reportes de seguridad).
		103	Esperar llegada de mezcla o de carretillas para descarga.

**Tabla 25***Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para encofrado en cimentaciones*

	<b>Tiempo productivo (TP)</b>	<b>Tiempo contributorio (TC)</b>	<b>Tiempo no contributorio (TNC)</b>
5	Corte y preparación de tablas, tableros o paneles de encofrado	27	50
		Verificación de la nivelación y estabilidad del encofrado antes del vaciado.	Descansar fuera del tiempo establecido.
6	Armado y montaje de encofrados, marcos, puntales y andamios asociados.	28	51
		Aplicación de desencofrante o lubricante en superficies en contacto con concreto.	Conversaciones ajenas al trabajo.
7	Colocación de refuerzos y elementos de rigidización del encofrado	29	52
		Colocación de tacos, cuñas y amarres auxiliares para fijar el encofrado.	Uso de teléfono móvil para asuntos personales.
8	Desencofrado y retiro de piezas de encofrado	30	53
		Colocación y habilitación de alambres, clavos u otros elementos de sujeción.	Ir a los servicios higiénicos
66	Colocación y ajuste de juntas de sellado o cintas para evitar fuga de lechada.	31	54
		Transporte y acopio de materiales para encofrado.	Permanecer ocioso sin actividad asignada.
67	Instalación de accesorios de vaciado (orejas, ventanas de inspección, pasamuros, embudos).	32	55
		Limpieza de paneles o tablas antes y después de su uso.	Rehacer el encofrado por errores de alineamiento, nivel o rigidez.
68	Ajuste de alineamiento, plomo y escuadra del encofrado.	23	56
		Supervisar y coordinar el trabajo (alineamiento, rigidez y seguridad).	Esperar materiales, equipos o instrucciones.
		24	57
		Realizar mediciones de control de dimensiones y plomos.	Realizar actividades no planificadas ni relacionadas con el encofrado
		25	58
		Marcar límites, ejes y puntos de referencia del área a encofrar.	Buscar materiales o herramientas que no encuentran por falta de orden y/o limpieza
		26	59
		Consultar planos de detalle de encofrado y montaje.	Falla mecánica
		87	104
		Revisión de recubrimientos de acero con separadores	Atención a accidentes e incidentes del personal (interrupción de labores por emergencias, primeros auxilios o reportes de seguridad).
		37	
		Dar instrucciones en el proceso de encofrado en cimentaciones	

**Tabla 26**

*Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para habilitación y colocación de acero en cimentaciones*

	<b>Tiempo productivo (TP)</b>	<b>Tiempo contributivo (TC)</b>	<b>Tiempo no contributivo (TNC)</b>
9	Corte de barras de acero según medidas	33	Transporte del acero hasta el área de habilitado. 50 Descansar fuera del tiempo establecido.
10	Doblado de barras de acero conforme a las longitudes de anclaje y radios necesarios	34	Medición y verificación de espaciamiento y posición de las armaduras dentro de la cimentación 51 Conversaciones ajenas al trabajo.
11	Amarre y unión de barras de acero con alambre recocido	35	Colocación de dados o separadores de concreto/plástico para asegurar recubrimiento 52 Uso de teléfono móvil para asuntos personales.
12	Colocación y posicionamiento de armaduras en la cimentación	36	Limpieza del acero antes de su colocación (óxido suelto, grasas, suciedad) 53 Ir a los servicios higiénicos
13	Colocación y fijación del alambre de amarre en las uniones de acero	37	Dar instrucciones en el proceso de habilitación e instalación de acero 54 Permanecer ocioso sin actividad asignada.
69	Instalación de ganchos, traslapes y empalmes de refuerzo según planos.	23	Supervisar y coordinar la colocación del acero (alineamiento, traslapes y recubrimientos) 55 Rehacer trabajos por errores en corte, doblado o colocación del acero.
70	Verificación y corrección del recubrimiento mínimo mediante separadores adecuados.	24	Realizar mediciones de control (diámetros, longitudes de doblado, traslapes) 56 Esperar materiales, equipos o instrucciones.
71	Montaje de mallas o parrillas de acero prearmadas (cuando corresponda en zapatas o losas de cimentación).	25	Marcar el área de ubicación de parrillas o armaduras 57 Realizar actividades no programadas o ajenas al acero
		26	Lectura de planos estructurales y de taller para la colocación del acero 58 Buscar materiales o herramientas que no encuentran por falta de orden y/o limpieza
		88	Acopio del acero habilitado 59 Falla mecánica
		89	Transporte del acero desde el área de habilitado hasta la zona de colocación. 105 Atención a accidentes e incidentes del personal (interrupción de labores por emergencias, primeros auxilios o reportes de seguridad).
		90	Preparación de plantillas o soportes auxiliares para el armado de parrillas

**Tabla 27**

*Tipos de trabajo a ser registrados en la carta balance para vaciado de concreto en cimentaciones*

	<b>Tiempo productivo (TP)</b>	<b>Tiempo contributorio (TC)</b>	<b>Tiempo no contributorio (TNC)</b>
14	Preparación de la mezcla de concreto en obra o recepción de concreto premezclado	38	Humedecer la superficie del encofrado y del solado antes del vaciado.
15	Vaciado del concreto en la cimentación	39	50 Descansar fuera del tiempo establecido.
16	Vibrado interno del concreto para su adecuada compactación	40	51 Transportación del concreto hasta la zona de vaciado (carretilla, bomba, balde, etc.).
17	Nivelación y alisado superficial del concreto en la cimentación	41	52 Transporte de materiales para la preparación de la mezcla.
18	Chuzado manual de la mezcla para eliminar burbujas de aire (cuando no se usa vibrador)	42	53 Limpieza del área de trabajo y de herramientas durante y después del vaciado.
19	Curado del concreto	43	54 Instrucciones y coordinación durante el vaciado del concreto.
72	Colocación de concreto en capas o tongadas sucesivas para evitar juntas frías.	44	55 Palanear o extensión de la mezcla para su distribución uniforme.
73	Conformación de chaflanes o biseles en los bordes del vaciado (si está previsto en planos)	23	56 Enrase de la mezcla para uniformizar nivel y espesores.
		24	57 Supervisar y coordinar el vaciado (verificación de continuidad, tiempos y equipos).
		25	58 Realizar mediciones de niveles y espesores del concreto colocado.
		26	59 Marcar referencias y ejes para guiar el vaciado.
		91	106 Lectura y verificación de planos estructurales para la ejecución del vaciado.
		92	Preparación y ajuste de canaletas o embudos de descarga.
		45	Lubricación y revisión de equipos de vibrado y bombeo antes de iniciar el vaciado.
		46	Transporte de herramientas
		93	Calentando motor de la mezcladora
			Chancar piedra

### **3.7. Procedimientos de análisis de datos**

Toda la información recopilada en campo fue organizada y depurada previamente para asegurar su consistencia. Los registros diarios de rendimiento, incluyendo metrados, tiempos de trabajo y composición de cuadrillas, así como los formatos de carta balance fueron sistematizados en Microsoft Excel 2025, donde se estructuraron bases de datos por partida y por vivienda. Posteriormente, se realizaron conversiones y cálculos preliminares de aportes unitarios (hh/m<sup>3</sup>, hh/kg, hh/m<sup>2</sup>), con el fin de obtener valores de rendimiento comparables frente a los estándares de CAPECO (2006). Del mismo modo, los tiempos productivos, contributorios y no contributorios fueron transformados a porcentajes para facilitar la evaluación de la productividad.

El análisis de los datos procesados se realizó mediante estadística descriptiva y correlacional. Inicialmente, se calcularon promedios y desviaciones estándar para los indicadores de rendimiento y productividad en cada partida. Luego, para determinar la influencia de las características del tipo y dimensiones de cimentación en el rendimiento y productividad de la mano de obra, se aplicaron coeficientes de correlación de Pearson, según correspondió a la distribución de los datos. Estas correlaciones permitieron identificar el grado y sentido de asociación entre variables, dimensiones e indicadores. Todo el análisis se ejecutó utilizando los softwares Microsoft Excel 2025 y Minitab 22.

### **3.8. Material y equipos (descripción del uso)**

Para la ejecución de la recolección de datos fue necesario emplear materiales y equipos específicos que permitieron garantizar precisión en las mediciones, sistematicidad en los registros y confiabilidad en la información obtenida en campo. Estos recursos fueron utilizados durante la caracterización de las viviendas, el seguimiento de las partidas de cimentación y la evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra.

**Tabla 28***Materiales y equipos empleados en la recolección de datos*

<b>Tipo</b>	<b>Material / Equipo</b>	<b>Descripción de uso</b>
<b>Equipo de medición</b>	Flexómetro Stanley 5 m y 8 m	Medición de longitudes asociadas a zapatas, zanjas, encofrados y armaduras.
	Regla metálica Truper 1 m	Medición de espesores, alturas pequeñas y verificación de nivelaciones cortas.
	Nivel de mano Surtek 9" y 12"	Comprobación de nivelación en encofrados y base de zapatas.
	Cronómetro digital Casio HS-80TW	Registro minuto a minuto para carta balance y tiempos totales por partida.
<b>Equipo de registro</b>	Formatos impresos de campo	Registro estructurado de metrados, tiempos, cuadrillas y condiciones operativas.
	Cuestionarios semiestructurados	Obtención de datos sociodemográficos y laborales de los trabajadores.
	Libreta de campo y lápices HB	Anotación rápida de incidencias, aclaraciones y observaciones complementarias.
<b>Equipo tecnológico</b>	Computadora portátil (Excel 2024, Minitab 22)	Procesamiento de rendimientos, productividad y análisis estadístico.
	Cámara de celular (mín. 12 MP)	Registro fotográfico de cimentaciones, cuadrillas y condiciones de obra.
<b>Elementos de seguridad</b>	Casco, chaleco reflectivo, botas con puntera	Protección personal del investigador según normativa de obra.

*Nota.* La presente tabla resume los equipos, materiales y elementos utilizados exclusivamente para efectos de medición, registro y procesamiento de información en campo y gabinete.

### 3.9. Aspectos éticos

La investigación se desarrolló siguiendo principios éticos para garantizar la integridad del proceso investigativo y el respeto hacia los participantes. Estos lineamientos se aplicaron conforme a las recomendaciones de Toledo (2010).

**Consentimiento informado.** Se obtuvo de forma verbal el consentimiento informado de cada propietario, maestro de obra y trabajadores. A los participantes se les explicó claramente el propósito del estudio, los procedimientos empleados, la forma en que se registrarían los datos y su derecho a retirarse en cualquier momento sin repercusiones.

**Protección de la privacidad y confidencialidad.** Toda la información recopilada se manejó con estricta confidencialidad. Los datos fueron anonimizados mediante códigos para evitar la identificación personal de los trabajadores o de las viviendas cuando estos solicitaron que fuera de esa manera. Los registros se almacenaron en archivos protegidos y no se compartieron con terceros sin autorización previa.

**Respeto a la dignidad y los derechos de los participantes.** Durante el trabajo de campo se respetó la dignidad de los trabajadores, evitando cualquier interferencia en sus actividades o situaciones que pudieran causar incomodidad, estrés o riesgo. No se realizaron grabaciones invasivas ni intervenciones que alteraran su ritmo de trabajo.

**Seguridad y no interferencia en el proceso constructivo.** Se garantizó que las mediciones, observaciones y entrevistas no interfirieran en la ejecución de las tareas. El equipo investigador permaneció en zonas seguras, siguiendo las indicaciones del maestro de obra y respetando los protocolos de seguridad de cada obra.

**Evitar conflictos de interés.** No existe conflictos de interés que pudieran influir en los resultados del estudio. No existieron vínculos económicos, laborales o personales con las obras evaluadas ni con los trabajadores que participaban en ellas.

**Publicación y divulgación responsable de los resultados.** Los resultados obtenidos se presentaron de forma objetiva, honesta y precisa, evitando cualquier manipulación o sesgo en la interpretación. Las fuentes bibliográficas fueron citadas siguiendo las normas APA séptima edición, de acuerdo con las directrices de la UNACH.

**Cumplimiento de normas y regulaciones éticas.** La investigación cumplió con las normas éticas institucionales y las pautas establecidas para trabajos de campo. Todas las actividades se desarrollaron respetando la seguridad ocupacional de los trabajadores y evitando prácticas que comprometieran su integridad física o emocional.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

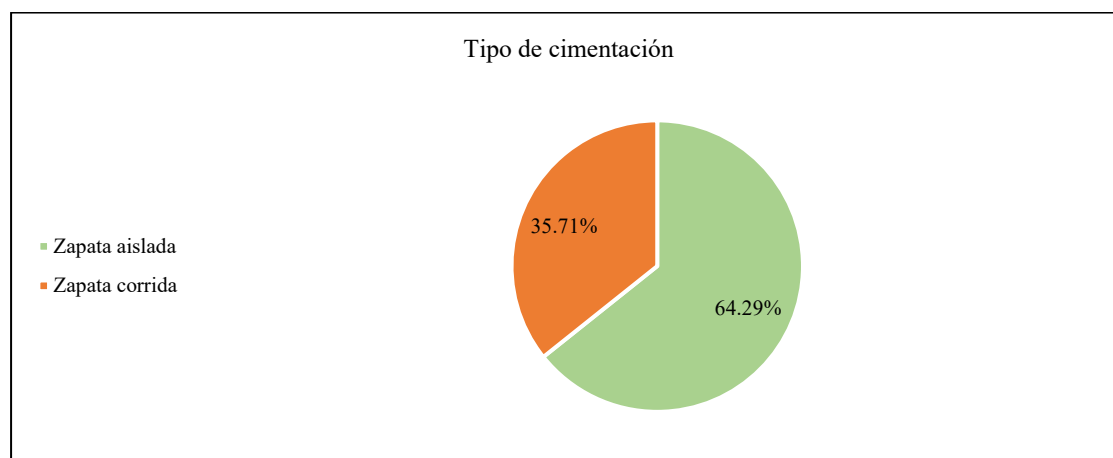
### 4.1. Descripción de resultados

#### 4.1.1. Características técnicas y operativas de la construcción de cimentaciones

Los resultados muestran un predominio de la zapata aislada, utilizada en el 64.29% de las viviendas, mientras que la zapata corrida se empleó en el 35.71% de los casos, asociándose principalmente a configuraciones estructurales combinadas. La mayor presencia de zapatas aisladas responde a edificaciones con columnas individualizadas y cargas concentradas, mientras que las zapatas corridas se utilizaron cuando las condiciones estructurales requirieron la interacción entre elementos portantes adyacentes.

#### Figura 19

*Tipología de la cimentación en las viviendas en construcción en la ciudad de Chota*



*Nota.* Predomina el uso de zapatas aisladas, seguido de zapatas corridas, de acuerdo con la configuración estructural de las edificaciones evaluadas.

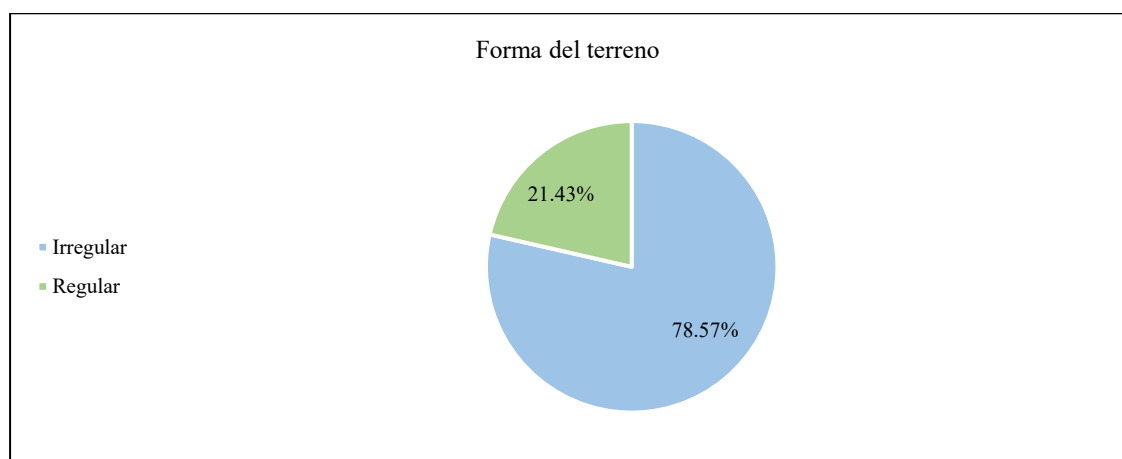
Respecto a las condiciones del terreno y excavación, predominó la forma irregular del terreno (78.57%), lo cual incrementó la complejidad del proceso constructivo y condicionó la ejecución de las excavaciones. El tipo de suelo más frecuente fue la arcilla blanda (50.00%), seguido de limos consolidados (28.57%), características que justifican la adopción mayoritaria del método de excavación mixto

(57.14 %). La selección de este método se basó principalmente en la información proporcionada por los propietarios de las viviendas, en algunos casos respaldada por la realización de estudios de mecánica de suelos, y en la experiencia del maestro de obra, quien cuenta con conocimiento empírico sobre la tipología general del suelo en la zona.

La profundidad de excavación se concentró mayoritariamente en el rango de 1.40 a 1.70 m (57.14%), mientras que las distancias de acarreo del material excedente fueron menores a 5 m en el 64.29% de las viviendas, lo que favoreció la continuidad del trabajo y redujo tiempos improductivos, considerando además que CAPECO (2006) recomienda distancias de acarreo menores a 30 m en obras de edificación. En el 92.86% de los casos no fue necesario el uso de entibado, lo que evidencia una estabilidad relativa de los taludes excavados, siendo requerido únicamente en situaciones puntuales asociadas a mayores profundidades y suelos de mayor consistencia. En cuanto al método de excavación, el 42.86% de las cimentaciones se ejecutó de forma manual, utilizando herramientas como palanas y picos, mientras que en el 57.14 % de los casos se empleó excavación mixta, combinando maquinaria para la excavación general y trabajo manual para el perfilado y ajuste final de las zanjas.

## Figura 20

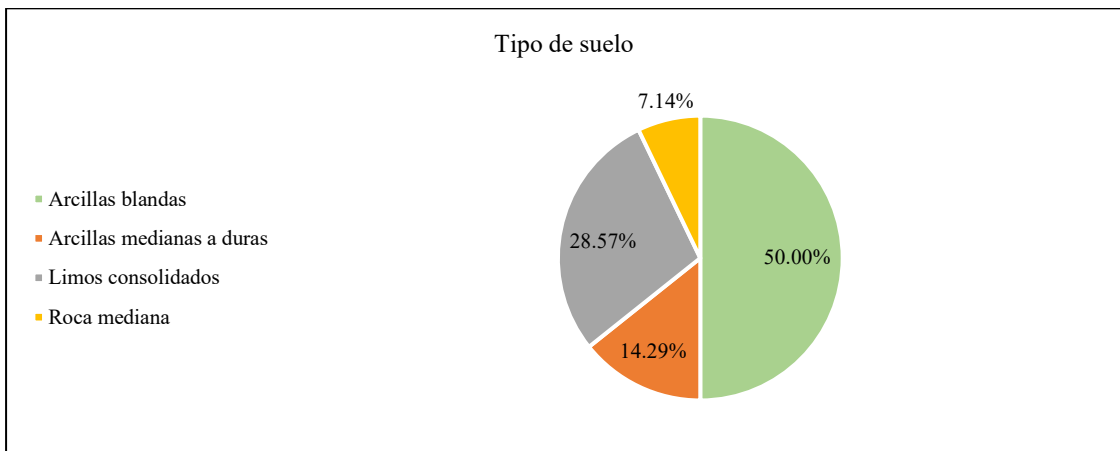
*Forma del terreno en las viviendas de estudio*



*Nota.* La mayoría de los terrenos presenta geometría irregular.

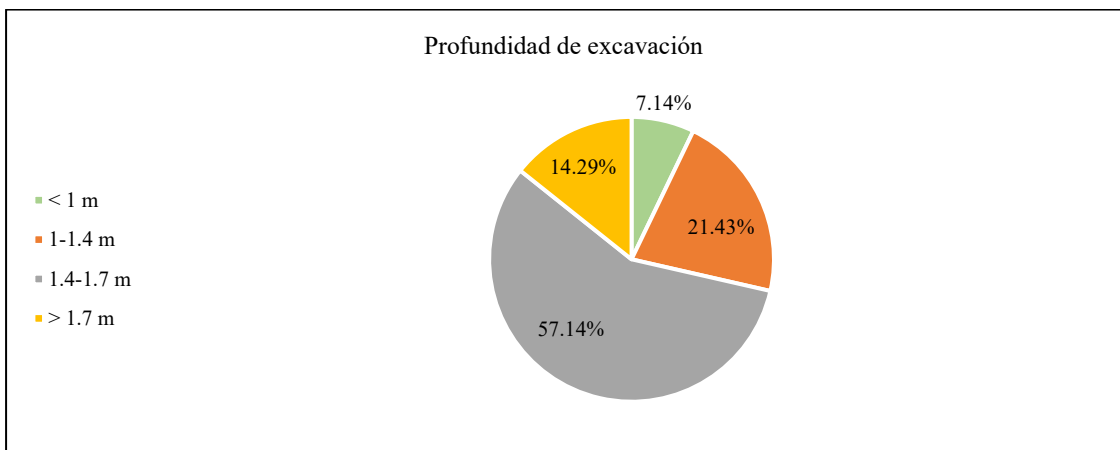
**Figura 21**

*Tipo de suelo identificado durante la excavación*



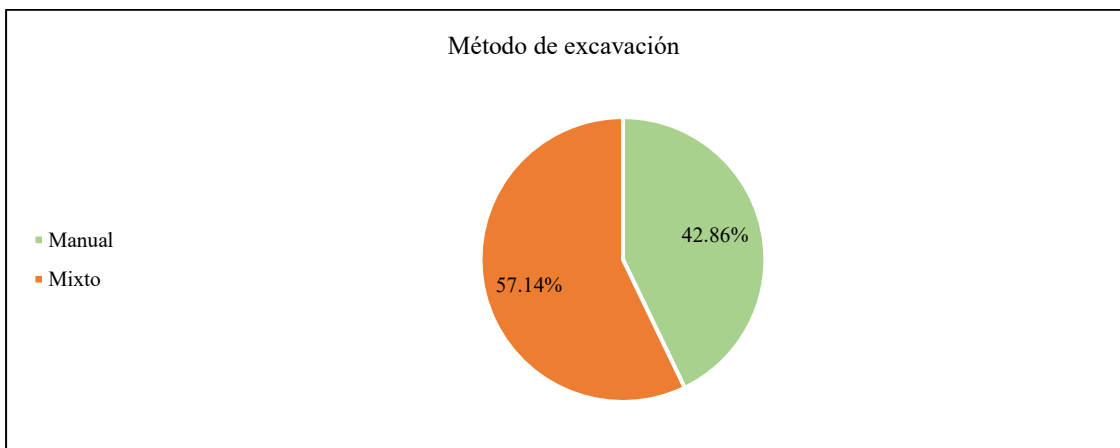
**Figura 22**

*Profundidad de excavación en las cimentaciones*



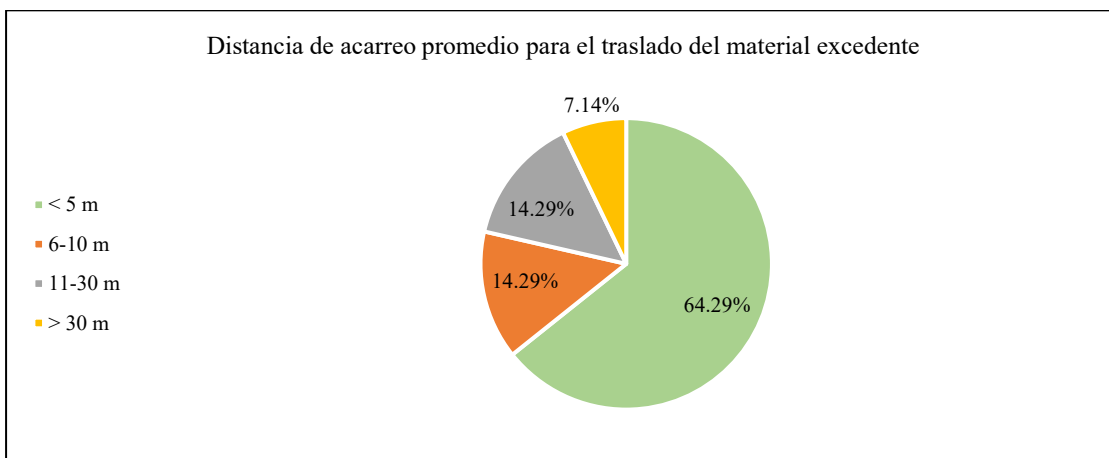
**Figura 23**

*Método de excavación empleado en las viviendas de estudio*



## Figura 24

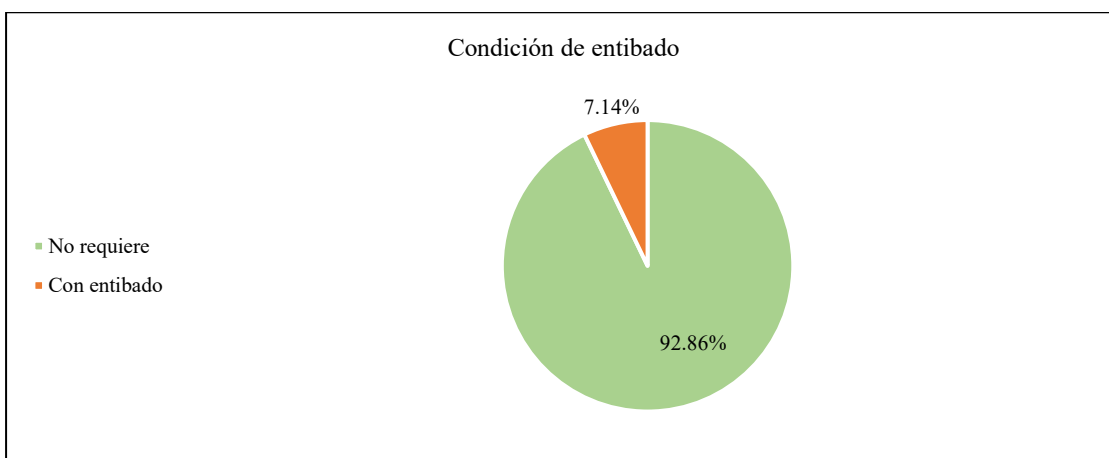
### *Distancia de acarreo del material excedente*



Nota. En la mayoría de los casos, la distancia de traslado del material excavado fue menor de 5 m, lo que redujo los tiempos de acarreo.

## Figura 25

### *Condición de entibado en las excavaciones*



Nota. La mayoría de las excavaciones no requirieron entibado, lo que evidencia la estabilidad del terreno en las profundidades de trabajo registradas.

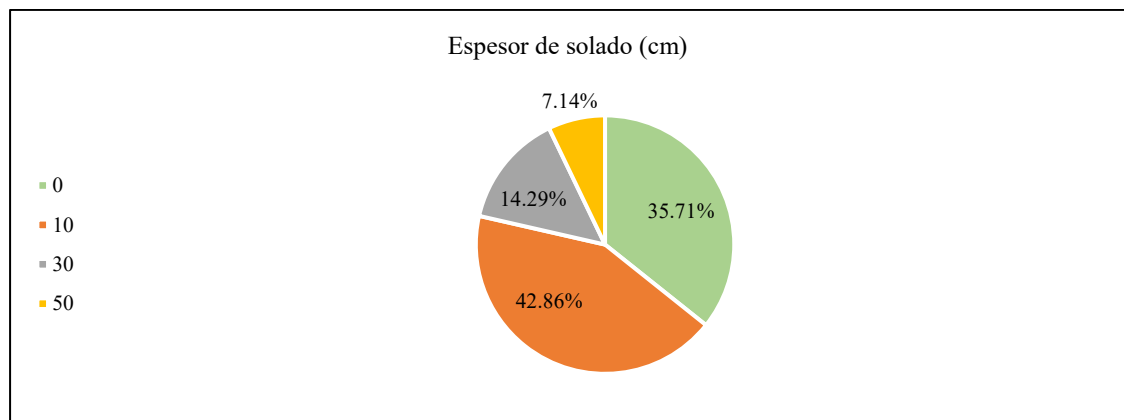
**Tabla 29***Condiciones del terreno y excavación*

Vivienda	Forma del terreno	Tipo de suelo encontrado	Condiciones del terreno y excavación			
			Profundidad de excavación (m)	Método de excavación	Acarreo y distancia promedio de traslado del material excedente	Condición de entibado o talud
1	Irregular	Arcillas medianas a duras	1,60	Mixto	5.60	No requiere
2	Irregular	Arcillas blandas	1,35	Mixto	2.00	No requiere
3	Irregular	Limos consolidados	2,00	Mixto	35.00	Con entibado
4	Regular	Arcillas medianas a duras	1,00	Mixto	9.00	No requiere
5	Regular	Limos consolidados	1,50	Manual	40.00	No requiere
6	Regular	Limos consolidados	2,00	Manual	20.00	No requiere
7	Irregular	Limo consolidado	1,65	Mixto	3.00	No requiere
8	Irregular	Arcillas blandas	1,50	Mixta	2.00	No requiere
9	Irregular	Roca mediana	1,50	Manual	4.00	No requiere
10	Irregular	Arcillas blandas	1,50	Manual	2.00	No requiere
11	Irregular	Arcillas blandas	1,35	Manual	2.00	No requiere
12	Irregular	Arcillas blandas	1,70	Manual	4.00	No requiere
13	Irregular	Arcillas blandas	1,35	Mixto	2.00	No requiere
14	Irregular	Arcillas blandas	1,50	Mixta	5.00	No requiere

Las zapatas aisladas presentan dimensiones en planta que oscilan entre  $1.00 \times 1.00$  m y  $2.60 \times 2.60$  m, con peraltes predominantemente de 0.60 m, mientras que las zapatas corridas alcanzan longitudes significativas, entre 8.50 m y 28.05 m, con anchos de hasta 1.50 m y peraltes entre 0.35 m y 0.70 m. En cuanto al solado, se observa que el 42.86% de los casos empleó un espesor de 10 cm, aunque en el 35.71% no se ejecutó solado, lo que refleja prácticas constructivas no uniformes. Asimismo, el sobreancho por mala excavación se presentó en el 42.86% de las viviendas, principalmente en zapatas corridas, lo que implica un incremento en el volumen de concreto y un impacto directo en el rendimiento de la mano de obra.

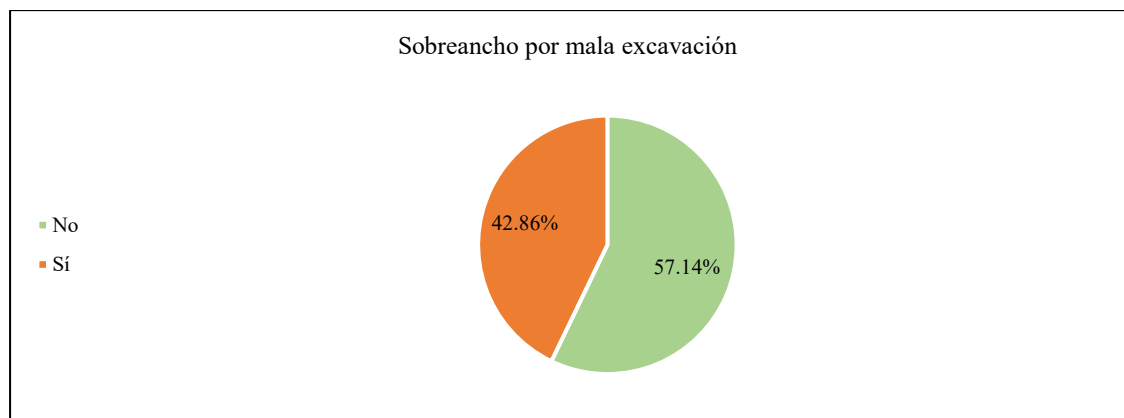
**Figura 26**

*Espesor de solado en las cimentaciones evaluadas*



**Figura 27**

*Presencia de sobreancho por mala excavación*



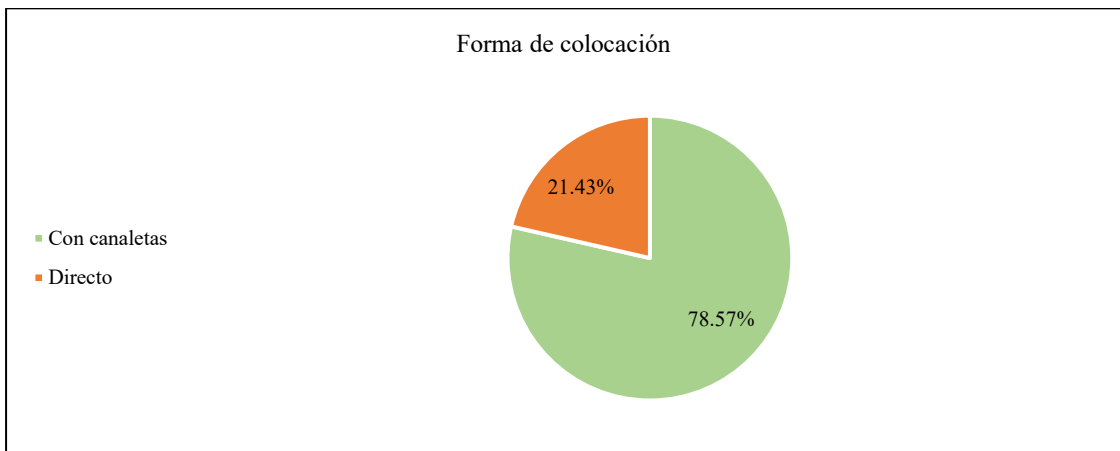
**Tabla 30***Dimensiones principales de los elementos de cimentación en las viviendas de estudio*

Vivienda	Elemento	Dimensiones principales				
		Largo (m)	Ancho (m)	Altura o peralte (m)	Espesor de solado (cm)	Sobreancho por mala excavación
1	Zapata aislada	1.80	1.30	0.60	10	No
1	Zapata aislada	2.50	1.30	0.60	10	No
2	Zapata corrida	18.55	1.30	0.35	30	Sí
3	Zapata corrida	8.50	1.20	0.60	10	Sí
4	Zapata corrida	1.20	1.20	0.70	10	Sí
5	Zapata aislada	1.50	1.50	0.60	10	Sí
5	Zapata aislada	2.00	1.70	0.60	10	Sí
5	Zapata aislada	2.00	1.50	0.60	10	Sí
6	Zapata corrida	28.05	13.30	0.60	10	Sí
7	Zapata aislada	2.00	2.60	0.60	10	No
7	Zapata aislada	1.70	1.70	0.60	10	No
7	Zapata aislada	1.70	2.60	0.60	10	No
7	Zapata aislada	1.50	1.50	0.60	10	No
8	Zapata aislada	1.30	1.30	0.80	0	No
9	Zapata aislada	1.20	1.20	0.60	0	No
10	Zapata aislada	1.20	1.20	0.35	0	No
10	Zapata aislada	1.00	1.00	0.35	0	No
11	Zapata aislada	1.50	1.50	0.35	50	No
12	Zapata aislada	1.20	1.20	0.70	0	No
13	Zapata corrida	19.00	1.50	0.35	30	Sí
13	Zapata corrida	19.00	1.50	0.35	30	Sí
14	Zapata aislada	1.50	1.50	0.70	0	No

En todas las viviendas evaluadas, el concreto utilizado para las cimentaciones fue de resistencia  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , producido en obra mediante trompo mezclador de  $9 \text{ p}^3$  de capacidad. La colocación del concreto se realizó mayoritariamente mediante canaletas (78.57%), mientras que el vaciado directo se empleó en el 21.43% de los casos, generalmente en zapatas aisladas con buena accesibilidad. Respecto a la compactación, el 92.86% de las cimentaciones se ejecutó únicamente con picado manual, siendo el vibrado mecánico una práctica poco frecuente. La secuencia de vaciado predominante fue por zapata (57.14%), seguida del vaciado por tramos cortos (35.71%), lo cual refleja una ejecución adaptada a las limitaciones de espacio, la continuidad del elemento y el control operativo en la jornada.

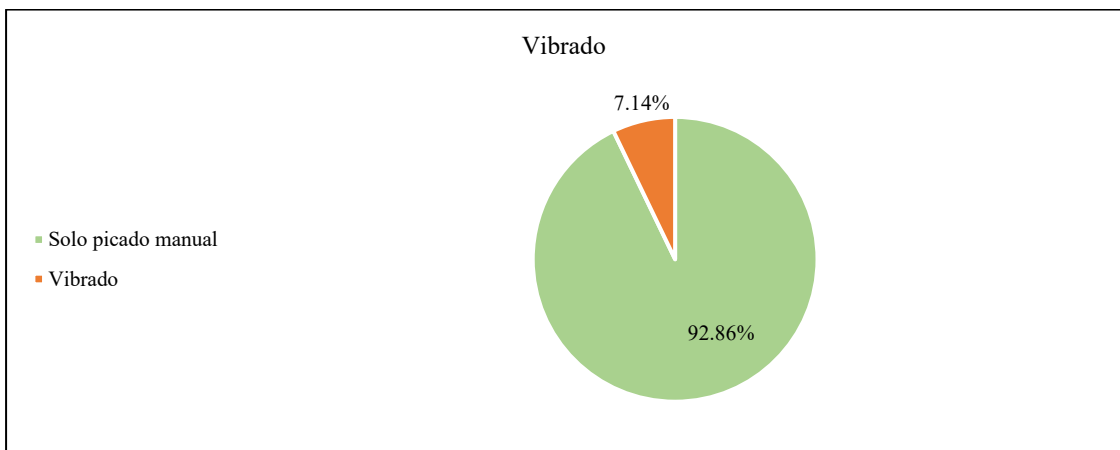
**Figura 28**

*Forma de colocación del concreto en cimentaciones*



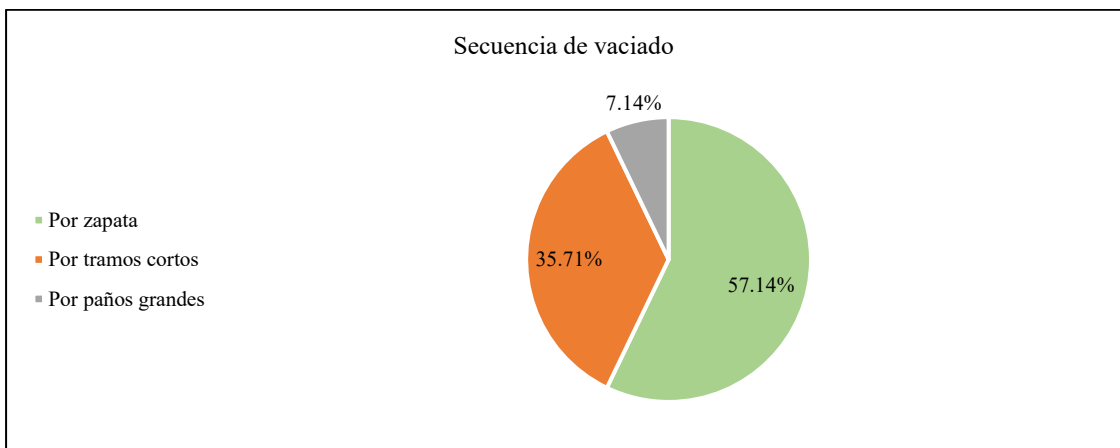
**Figura 29**

*Método de compactación del concreto*



**Figura 30**

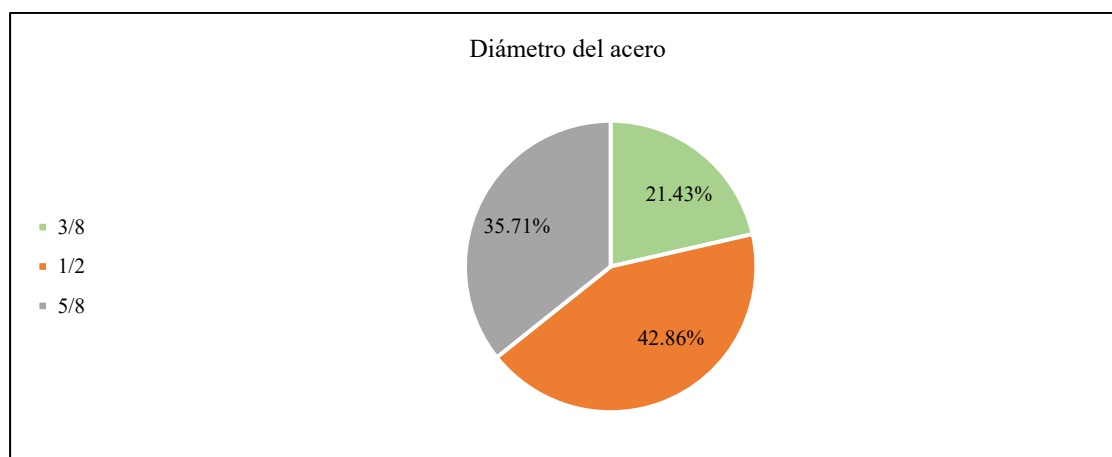
*Secuencia de vaciado del concreto en las cimentaciones*



**Tabla 31***Concreto y forma de producción y colocación del concreto en las cimentaciones*

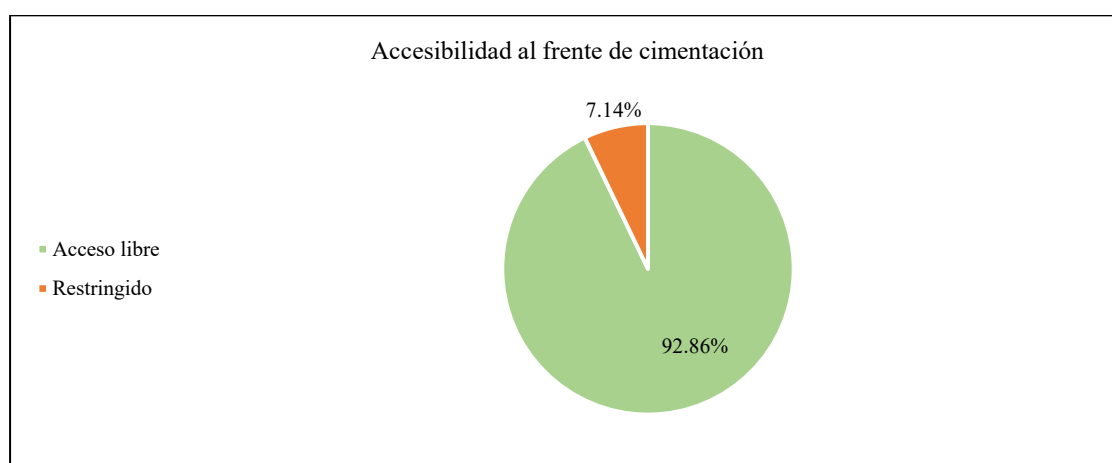
Vivienda	Mezclado	Capacidad del equipo (p3)	Concreto y forma de producción			Secuencia de vaciado
			Forma de colocación	f'c del concreto	Vibrado	
1	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por zapata
2	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por tramos cortos
3	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por tramos cortos
4	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por tramos cortos
5	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por zapata
6	Trompo	9	Con canaletas	210	Vibrado	Por paños grandes
7	Trompo	9	Directo	210	Solo picado manual	Por zapata
8	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por zapata
9	Trompo	9	Directo	210	Solo picado manual	Por zapata
10	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por zapata
11	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por tramos cortos
12	Trompo	9	Directo	210	Solo picado manual	Por zapata
13	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por tramos cortos
14	Trompo	9	Con canaletas	210	Solo picado manual	Por zapata

El acero de refuerzo empleado en las cimentaciones corresponde principalmente a los diámetros de ½” (42.86%) y 5/8” (35.71%). En todos los casos, la habilitación del acero se realizó en obra y el amarre se ejecutó con alambre negro. Asimismo, en la totalidad de las viviendas el encofrado fue ejecutado con madera. En relación con los factores del entorno, el acceso al frente de cimentación fue mayormente libre (92.86%), con condiciones climáticas secas.

**Figura 31***Diámetro del acero de refuerzo utilizado en cimentaciones*

**Figura 32**

*Accesibilidad al frente de cimentación*



*Nota.* Se presenta el nivel de accesibilidad registrado durante la ejecución de las cimentaciones, un factor determinante de la productividad de la mano de obra.

**Tabla 32**

*Acero de refuerzo y factores del entorno de obra en las cimentaciones*

Vivienda	Diámetro del acero	Acero de refuerzo		Factores de entorno de obra	
		Tipo de habilitación	Tipo de amarre	Accesibilidad al frente de cimentación	Clima
1	1/2	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
2	3/8	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
3	1/2	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
4	1/2	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
5	5/8	En obra	Alambre negro	Restringido	Seco
6	1/2	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
7	5/8	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
8	1/2	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
9	5/8	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
10	5/8	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
11	3/8	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
12	5/8	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
13	3/8	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco
14	1/2	En obra	Alambre negro	Acceso libre	Seco

#### **4.1.2. Rendimiento de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones**

##### **a) Rendimiento de la mano de obra en la excavación de cimentaciones.**

El rendimiento global promedio fue de 2.73 m<sup>3</sup>/día, prácticamente equivalente al valor promedio referencial de 2.74 m<sup>3</sup>/día indicado por CAPECO, con un 99.58% de correspondencia. La partida de excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad comprende las excavaciones realizadas en las viviendas VIV4 y VIV13, donde los rendimientos ajustados a la cuadrilla CAPECO (0.10 CAP + 1 PE) variaron entre 3.26 y 3.89 m<sup>3</sup>/día, lo que representa entre 81.38% y 97.15% del valor referencial de 4.00 m<sup>3</sup>/día establecido por CAPECO. Si bien los resultados se ubican por debajo del estándar, el desempeño puede considerarse aceptable, observándose que las menores productividades se asociaron a mayores tiempos de trabajo y menor volumen excavado diario, especialmente en la vivienda VIV13.

Para la partida de excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad, se incluye exclusivamente la vivienda VIV2, donde se ejecutaron zanjas con profundidad promedio de 1.35 m. El rendimiento promedio ajustado fue de 3.76 m<sup>3</sup>/día, superando el valor referencial de CAPECO de 3.50 m<sup>3</sup>/día, lo que equivale al 107.56% del rendimiento estándar. Este resultado evidencia una mayor eficiencia operativa, atribuida a una adecuada organización de la cuadrilla, a la continuidad del frente de trabajo y a las condiciones del suelo, que facilitaron el proceso de excavación.

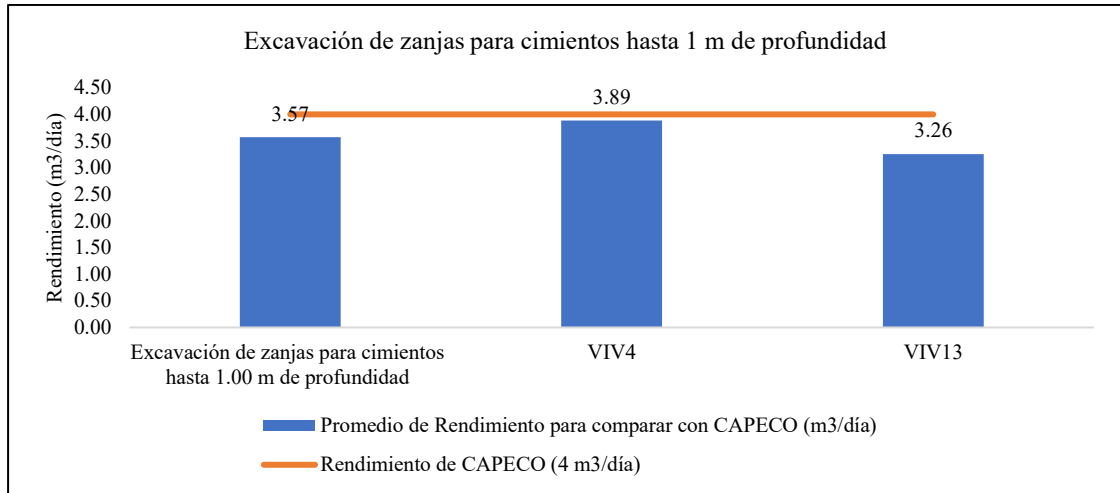
La partida de excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 m de profundidad agrupa las excavaciones ejecutadas en las viviendas VIV3, VIV6, VIV8, VIV11 y VIV14, con profundidades promedio cercanas a 1.63 m. Los rendimientos ajustados presentaron alta dispersión, con valores que oscilaron entre 2.64 y 4.03 m<sup>3</sup>/día, lo que representa entre 88.00% y 134.23% del valor CAPECO de 3.00 m<sup>3</sup>/día. En promedio, el rendimiento de esta partida fue de 3.02 m<sup>3</sup>/día, ligeramente superior al valor

referencial. La variabilidad observada refleja la influencia directa del método de excavación (manual o mixto), la experiencia del personal y las condiciones del suelo, destacando el caso de la vivienda VIV3, donde se alcanzó el mayor rendimiento relativo.

La partida de excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad corresponde a las excavaciones ejecutadas en las viviendas VIV1, VIV5, VIV7, VIV9, VIV10 y VIV12, caracterizadas por excavaciones puntuales de zapatas aisladas con profundidades entre 1.40 y 1.70 m. Los rendimientos ajustados mostraron los mayores contrastes, que variaron de 1.31 m<sup>3</sup>/día (52.27%) a 4.02 m<sup>3</sup>/día (160.61%), frente al valor referencial de CAPECO de 2.50 m<sup>3</sup>/día. El rendimiento promedio fue de 2.48 m<sup>3</sup>/día, ligeramente inferior al estándar CAPECO, lo que confirma que esta partida es altamente sensible a la geometría del elemento, la presencia de sobrecargos por mala excavación, y la eficiencia en la organización de la cuadrilla. Los casos de VIV5 y VIV7 evidencian que, cuando existe continuidad operativa y mayor volumen excavado, los rendimientos pueden superar ampliamente el valor referencial. Mientras que el menor rendimiento registrado (1.31 m<sup>3</sup>/día) corresponde a la vivienda VIV9, donde la presencia de roca mediana incrementó la dificultad del proceso de excavación, lo que demandó mayores tiempos de trabajo y redujo significativamente el rendimiento de la mano de obra respecto al valor referencial de CAPECO.

**Figura 33**

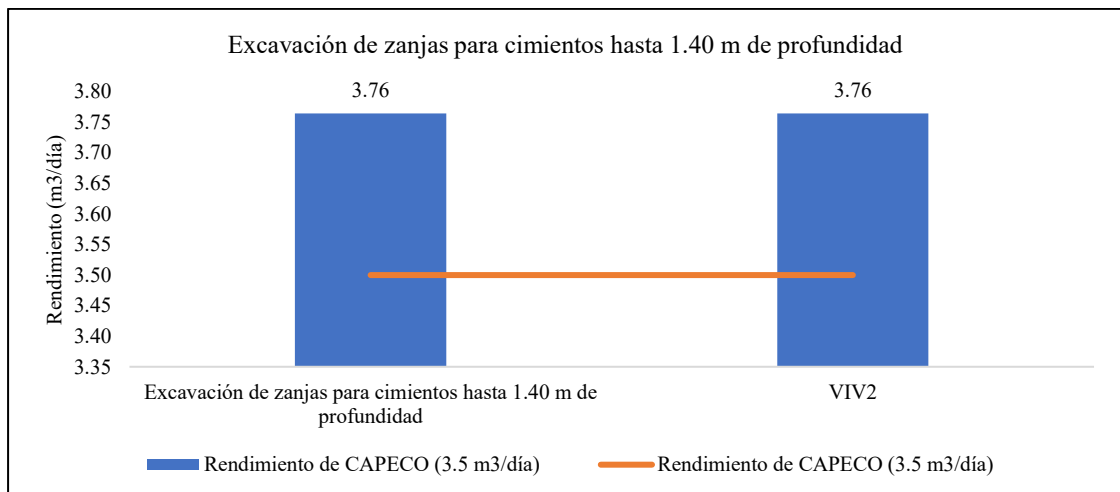
*Rendimiento de la mano de obra en la excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad*



*Nota.* La figura compara los rendimientos ajustados por vivienda (VIV4 y VIV13) con el valor referencial de CAPECO (4.00 m³/día). Los rendimientos obtenidos se ubican por debajo del estándar, con valores entre 3.26 y 3.89 m³/día, equivalentes al 81.38%–97.15% del rendimiento referencial.

**Figura 34**

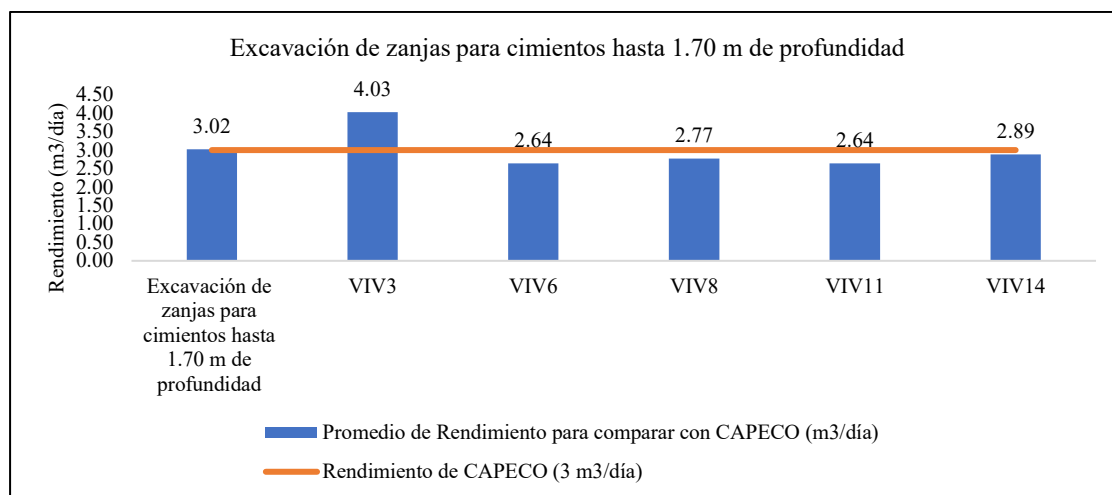
*Rendimiento de la mano de obra en la excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad*



*Nota.* Se presenta el rendimiento correspondiente a la vivienda VIV2, contrastado con el valor referencial de CAPECO (3.50 m³/día). El rendimiento ajustado de 3.76 m³/día supera el estándar, alcanzando el 107.56%, evidenciando condiciones favorables de excavación y adecuada organización de la cuadrilla.

**Figura 35**

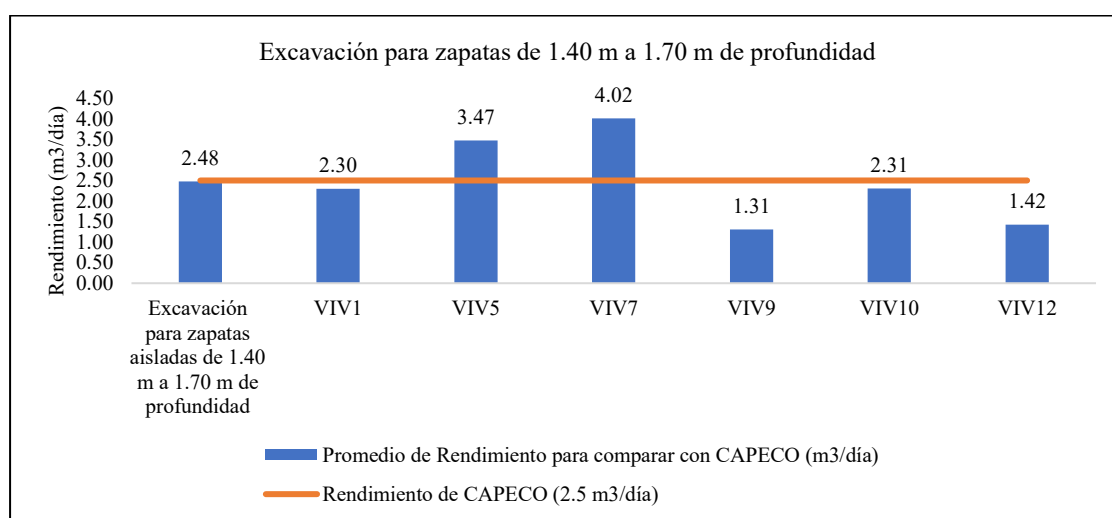
*Rendimiento de la mano de obra en la excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 m de profundidad*



*Nota.* Variabilidad de rendimientos en VIV3, VIV6, VIV8, VIV11 y VIV14 frente al valor referencial de CAPECO (3.00 m³/día). Los rendimientos están entre 2.64 y 4.03 m³/día (88.00%–134.23%).

**Figura 36**

*Rendimiento de la mano de obra en la excavación para zapatas aisladas entre 1.40 m y 1.70 m de profundidad*



*Nota.* Los resultados presentan alta dispersión, con rendimientos entre 1.31 y 4.02 m³/día (52.27%–160.61%).

**Tabla 33**

*Rendimiento de la mano de obra en la excavación para cimentaciones*

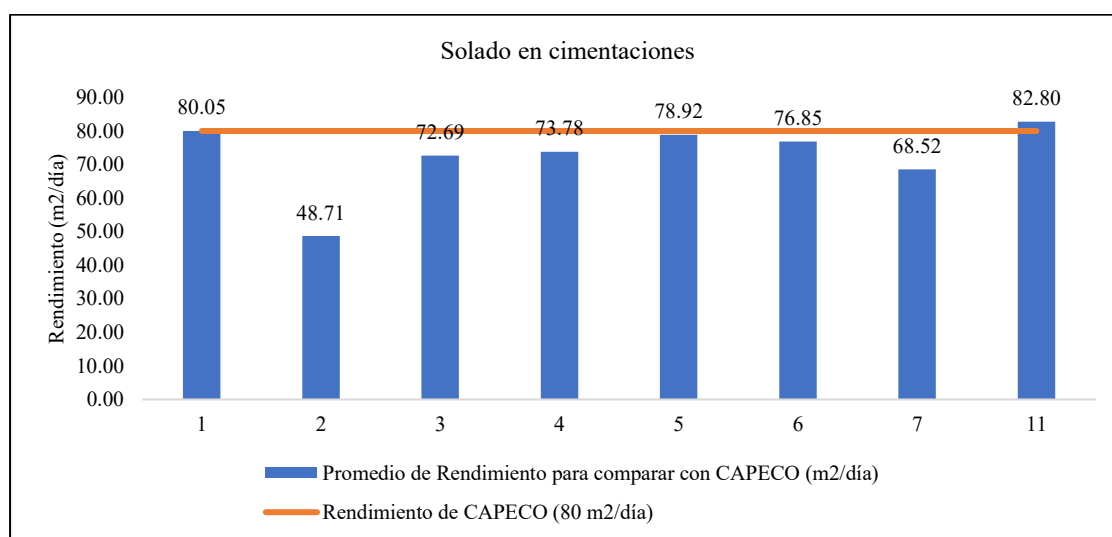
Partida	Promedio de OP	Promedio de PE	Promedio de Profundidad de desplante	Promedio de Volumen total (m3)	Promedio de Horas de trabajo	Promedio de Aporte OP	Promedio de Aporte PE	Promedio de Aporte total (hh)	Promedio de Rendimiento (m3/día)	Promedio de Rendimiento para comparar con CAPECO (m3/día)	Rendimiento de CAPECO (m3/día)	Porcentaje que representa el rendimiento
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad	1	2.5	1.00	4.89	6.50	1.27	3.67	4.94	6.87	3.57	4.00	89.26%
VIV4		3	1.00	6.62	5.00	0.00	2.26	2.26	10.60	3.89	4.00	97.15%
VIV13	1	2	1.00	3.15	8.00	2.54	5.08	7.62	3.15	3.26	4.00	81.38%
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	2	2	1.35	14.56	8.50	1.17	1.17	2.34	13.69	3.76	3.50	107.56%
VIV2	2	2	1.35	14.56	8.50	1.17	1.17	2.34	13.69	3.76	3.50	107.56%
Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 m de profundidad	1	2.5	1.63	6.86	7.00	0.71	2.29	3.01	9.44	3.02	3.00	100.66%
VIV3	1	4	2.00	9.15	4.00	0.44	1.75	2.19	18.30	4.03	3.00	134.23%
VIV6		2	1.50	4.80	8.00	0.00	3.33	3.33	4.80	2.64	3.00	88.00%
VIV8	1	1	1.50	6.30	10.00	1.59	1.59	3.17	5.04	2.77	3.00	92.40%
VIV11	1	3	1.50	7.20	6.00	0.83	2.50	3.33	9.60	2.64	3.00	88.00%
VIV14	1	1	1.50	5.25	8.00	1.52	1.52	3.05	5.25	2.89	3.00	96.25%
Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1	3.2	1.59	9.15	7.71	1.20	3.13	4.33	9.34	2.48	2.50	99.14%
VIV1		4	1.60	6.91	6.70	0.00	3.86	3.86	8.35	2.30	2.50	91.81%
VIV5		5	1.53	11.77	6.00	0.00	2.55	2.55	15.80	3.47	2.50	139.00%
VIV7	1	3	1.65	17.11	9.29	0.55	1.65	2.20	14.60	4.02	2.50	160.61%
VIV9	2	2	1.50	4.75	8.00	3.37	3.37	6.73	4.75	1.31	2.50	52.27%
VIV10	1	3	1.50	7.69	7.33	0.96	2.88	3.83	8.39	2.31	2.50	92.25%
VIV12	1	3	1.70	4.85	7.40	1.56	4.68	6.24	5.17	1.42	2.50	56.87%
Total	1.33	2.90	1.54	9.15	7.66	1.16	2.84	3.99	9.56	2.73	2.74	99.58%

## b) Rendimiento de la mano de obra en el solado de las cimentaciones.

En la partida de solado, el rendimiento promedio global ajustado fue de 68.18 m<sup>2</sup>/día, equivalente al 85.23% del valor referencial de CAPECO (80 m<sup>2</sup>/día). A nivel comparativo, las viviendas VIV11 (82.80 m<sup>2</sup>/día; 103.50%) y VIV1 (80.05 m<sup>2</sup>/día; 100.07%) fueron las únicas que igualaron o superaron el valor CAPECO, asociadas a solados de 0.10 m y a una mejor continuidad operativa. Con rendimientos cercanos al estándar, se ubican VIV5 (78.92 m<sup>2</sup>/día; 98.64%) y VIV6 (76.85 m<sup>2</sup>/día; 96.06%), ambos con 0.10 m de espesor, donde el mayor metrado ejecutado no implicó necesariamente una mayor eficiencia, pero sí permitió mantener rendimientos competitivos. Un tercer grupo presenta rendimientos intermedios: VIV4 (73.78 m<sup>2</sup>/día; 92.23%), VIV3 (72.69 m<sup>2</sup>/día; 90.86%) y VIV7 (68.52 m<sup>2</sup>/día; 85.66%); en este caso, destaca que VIV7 registró el menor espesor (0.05 m) pero sin traducirse en mayor rendimiento por la complejidad operativa. Finalmente, el menor rendimiento corresponde a VIV2 (48.71 m<sup>2</sup>/día; 60.89%), asociado al mayor espesor de solado (0.30 m) lo que refleja mayor consumo de tiempo por preparación, nivelación y colocación.

**Figura 37**

*Rendimiento de la mano de obra en la partida de solado para cimentaciones*



Nota. La comparación se realiza con el rendimiento referencial CAPECO (2006) de 80 m<sup>2</sup>/día.

**Tabla 34***Rendimiento de la mano de obra en el solado para cimentaciones*

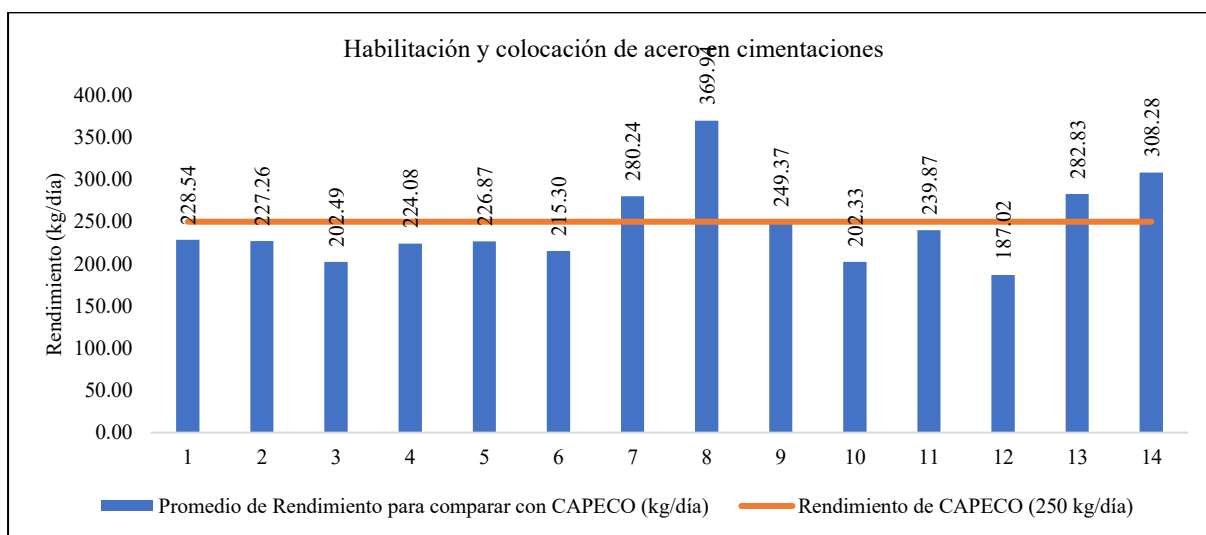
Vivienda	Promedio de OP	Promedio de PE	Promedio de espesor solado (m)	Promedio de Metrado (m <sup>2</sup> )	Promedio de horas de trabajo	Promedio de aporte OP	Promedio de aporte PE	Promedio de aporte total (hh)	Promedio de rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Promedio de rendimiento para comparar con CAPECO (m <sup>2</sup> /día)	Rendimiento de CAPECO (m <sup>2</sup> /día)	Porcentaje que representa el rendimiento
1	1	3	0.10	9.82	3.00	0.00	0.92	0.92	34.81	80.05	80	100.07%
2	1	3	0.30	21.18	8.00	0.38	1.14	1.52	21.18	48.71	80	60.89%
3	1	4	0.10	27.16	5.50	0.20	0.81	1.01	39.51	72.69	80	90.86%
4	1	2	0.10	24.06	8.00	0.33	0.67	1.00	24.06	73.78	80	92.23%
5	1	2	0.10	19.30	6.00	0.31	0.62	0.93	25.73	78.92	80	98.64%
6	2	5	0.10	50.81	7.00	0.27	0.68	0.96	58.47	76.85	80	96.06%
7	1	3	0.05	19.10	5.00	0.27	0.81	1.08	29.79	68.52	80	85.66%
11	1	3	0.10	27.00	6.00	0.22	0.67	0.89	36.00	82.80	80	103.50%
Total	1.13	3.19	0.14	23.74	6.09	0.26	0.86	1.12	32.23	68.18	80	85.23%

### c) Rendimiento de la mano de obra en habilitación y colocación de acero.

La habilitación y colocación de acero registró rendimiento promedio ajustado de 244.20 kg/día, equivalente al 97.68% del valor referencial de CAPECO (250 kg/día), evidenciando comportamiento global cercano al estándar. Los mayores rendimientos se observaron en VIV8 (369.94 kg/día; 147.97%), seguida por VIV14 (308.28 kg/día; 123.31%), VIV13 (282.83 kg/día; 113.13%) y VIV7 (280.24 kg/día; 112.10%); estos casos se asocian a metrados moderados/altos (p. ej., VIV7 con 499.20 kg) y a mayor continuidad del armado, lo que favoreció la eficiencia operativa. Los menores rendimientos correspondieron a VIV12 (187.02 kg/día; 74.81%), VIV3 (202.49 kg/día; 81.00%) y VIV10 (202.33 kg/día; 80.93%); en estos casos, la eficiencia se redujo por metrados relativamente menores (p. ej., VIV12 con 267.18 kg y VIV10 con 180.65 kg) y menor continuidad del frente, lo que disminuye el rendimiento diario.

#### Figura 38

*Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones*



*Nota.* Rendimientos comparados con el valor referencial de CAPECO (2006) de 250 kg/día.

**Tabla 35***Rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones*

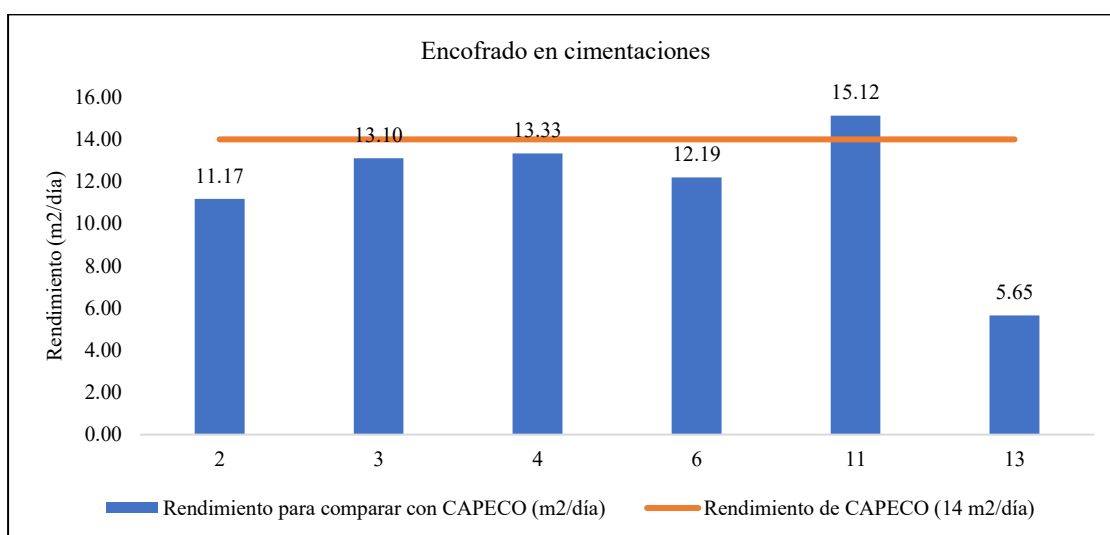
Vivienda	Promedio de OP	Promedio de PE	Promedio de Diámetro (Ø)	Promedio de Metrado total (kg)	Promedio de Horas de trabajo	Promedio de Aporte OP	Promedio de Aporte PE	Promedio de Aporte total (hh)	Promedio de Rendimiento (kg/día)	Promedio de Rendimiento para comparar con CAPECO (kg/día)	Rendimiento de CAPECO (kg/día)	Porcentaje que representa el rendimiento
1	1	1	1/2	130.11	4.75	0.04	0.04	0.07	217.66	228.54	250	91.42%
2	2	2	3/8	352.02	6.50	0.04	0.04	0.07	432.88	227.26	250	90.91%
3	1	1	1/2	204.69	8.50	0.04	0.04	0.08	192.85	202.49	250	81.00%
4	2	1	1/2	280.10	7.00	0.05	0.02	0.07	320.12	224.08	250	89.63%
5	2	1	5/8	283.59	7.00	0.05	0.02	0.07	324.10	226.87	250	90.75%
6	2	2	1/2	419.54	8.17	0.04	0.04	0.08	410.09	215.30	250	86.12%
7	1	2.7	5/8	499.20	8.00	0.02	0.04	0.06	499.20	280.24	250	112.10%
8	1	1	1/2	352.32	8.00	0.02	0.02	0.05	352.32	369.94	250	147.97%
9	1	3	1/2	356.24	6.00	0.02	0.05	0.07	474.98	249.37	250	99.75%
10	1	2	5/8	180.65	5.00	0.03	0.06	0.08	289.04	202.33	250	80.93%
11	1	3	1/2	285.56	5.00	0.02	0.05	0.07	456.89	239.87	250	95.95%
12	1	3	1/2	267.18	6.00	0.02	0.07	0.09	356.24	187.02	250	74.81%
13	1		3/8	134.68	8.00	0.06	0.00	0.06	134.68	282.83	250	113.13%
14	1	1	1/2	293.60	8.00	0.03	0.03	0.05	293.60	308.28	250	123.31%
Total	1.30	1.90	1/2	303.65	7.00	0.03	0.04	0.07	348.18	244.20	250	97.68%

#### d) Rendimiento de la mano de obra en encofrado para cimentaciones.

El encofrado presentó rendimiento promedio de 11.76 m<sup>2</sup>/día, equivalente al 84.01% del valor referencial de CAPECO (14 m<sup>2</sup>/día), evidenciando desempeño global ligeramente inferior al estándar. Los mayores rendimientos se registraron en VIV11, que alcanzó 15.12 m<sup>2</sup>/día (108.00%), asociándose a una altura uniforme de 0.60 m, metrado continuo (10.80 m<sup>2</sup>) y adecuada organización de la cuadrilla; resultados también favorables se observaron en VIV4 (13.33 m<sup>2</sup>/día; 95.20%) y VIV3 (13.10 m<sup>2</sup>/día; 93.60%), donde la geometría simple y la continuidad del frente permitieron optimizar los tiempos productivos. En nivel intermedio se ubicaron VIV6 (12.19 m<sup>2</sup>/día; 87.10%) y VIV2 (11.17 m<sup>2</sup>/día; 79.81%), influenciadas por mayores metrados (30.49 m<sup>2</sup> en VIV6). En contraste, el menor rendimiento correspondió a VIV13, con 5.65 m<sup>2</sup>/día (40.37%), explicado por metrado reducido (3.03 m<sup>2</sup>), mayor complejidad geométrica y mayor tiempo contributorio por ajustes y alineamientos del encofrado.

**Figura 39**

*Rendimiento de la mano de obra en la partida de encofrado para cimentaciones*



*Nota.* El rendimiento se compara con el valor referencial CAPECO (2006) de 14 m<sup>2</sup>/día para encofrado de cimentaciones.

**Tabla 36***Rendimiento de la mano de obra en el encofrado para cimentaciones*

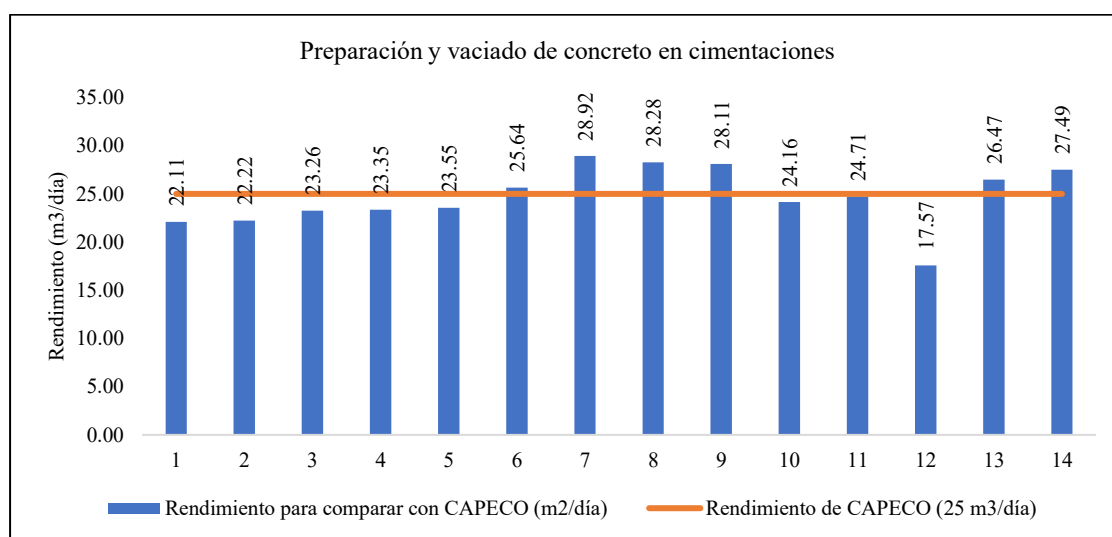
Vivienda	OP	PE	Altura (m)	Metrado (m <sup>2</sup> )	Horas de trabajo	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total (hh)	Rendimiento (m <sup>2</sup> /día)	Rendimiento para comparar con CAPECO (m <sup>2</sup> /día)	Rendimiento de CAPECO (m <sup>2</sup> /día)	Porcentaje que representa el rendimiento
2	1	2	0.35	17.98	9.00	0.50	1.00	1.50	15.96	11.17	14	79.81%
3	1	1	0.6	3.12	2.00	0.64	0.64	1.28	12.48	13.10	14	93.60%
4	1	2	0.7	8.33	3.50	0.42	0.84	1.26	19.04	13.33	14	95.20%
6	2	5	0.6	30.49	6.00	0.39	0.98	1.38	40.65	12.19	14	87.10%
11	1	3	0.6	10.80	3.00	0.28	0.83	1.11	28.80	15.12	14	108.00%
13	1	2	0.35	3.03	3.00	0.99	1.98	2.97	8.07	5.65	14	40.37%
Total	1.17	2.50	0.53	12.29	4.42	0.54	1.05	1.58	20.83	11.76	14	84.01%

### e) Rendimiento de mano de obra en preparación y vaciado de concreto.

La preparación y vaciado de concreto alcanzó rendimiento promedio de 24.46 m<sup>3</sup>/día, equivalente al 97.85% del valor referencial de CAPECO (25 m<sup>3</sup>/día), lo que evidencia desempeño global cercano al estándar. Los mayores rendimientos se registraron en VIV7 (28.92 m<sup>3</sup>/día; 115.69%), VIV8 (28.28 m<sup>3</sup>/día; 113.10%) y VIV9 (28.11 m<sup>3</sup>/día; 112.44%), asociados a zapatas aisladas de geometría regular, accesibilidad libre al frente de trabajo y vaciado por zapata, condiciones que favorecieron la continuidad del proceso y redujeron los tiempos contributorios. Rendimientos también superiores al estándar se observaron en VIV14 (27.49 m<sup>3</sup>/día; 109.96%) y VIV13 (26.47 m<sup>3</sup>/día; 105.90%), donde el volumen ejecutado permitió mejor aprovechamiento de la cuadrilla y del equipo de mezclado. En contraste, los menores rendimientos correspondieron a VIV12 (17.57 m<sup>3</sup>/día; 70.27%), explicados por menor volumen de vaciado y menor continuidad operativa; asimismo, VIV1 y VIV2 presentaron rendimientos inferiores al 90% (88.43% y 88.88%, respectivamente), asociados a frentes más extensos y, mayor dispersión del vaciado.

**Figura 40**

*Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto*



*Nota.* Los resultados se comparan con el rendimiento referencial CAPECO (2006) de 25 m<sup>3</sup>/día.

**Tabla 37***Rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto*

Vivienda	Promedio de OP	Promedio de PE	Promedio de Largo (m)	Promedio de Ancho (m)	Promedio de Altura (m)	Promedio de Metrado (m3)	Promedio de Horas de trabajo	Promedio de Aporte OP	Promedio de Aporte PE	Promedio de Aporte total (hh)	Promedio de Rendimiento (m3/día)	Promedio de Rendimiento para comparar con CAPECO (m3/día)	Rendimiento de CAPECO (m2/día)	Porcentaje que representa el rendimiento
1	1	3	1.80	1.30	0.60	5.89	6.50	1.11	3.32	4.42	7.25	22.11	25	88.43%
2	1	4	14.06	1.30	0.35	9.88	8.67	0.88	3.52	4.41	9.11	22.22	25	88.88%
3	1	4	5.55	0.80	0.60	8.15	6.75	0.84	3.36	4.20	9.53	23.26	25	93.03%
4	1	6	7.60	1.00	0.70	8.42	5.00	0.60	3.59	4.18	13.40	23.35	25	93.40%
5	1	5	1.50	1.50	0.60	11.58	8.00	0.69	3.45	4.15	11.58	23.55	25	94.18%
6	2	5	10.65	2.00	0.60	15.24	8.25	1.10	2.76	3.86	14.71	25.64	25	102.55%
7	1	6	2.00	2.60	0.35	12.45	6.00	0.48	2.89	3.37	16.59	28.92	25	115.69%
8	1	6	1.30	1.30	0.35	7.10	3.50	0.49	2.96	3.45	16.22	28.28	25	113.10%
9	1	5	1.20	1.20	0.60	10.37	6.00	0.58	2.89	3.47	13.82	28.11	25	112.44%
10	1	3	1.20	1.20	0.50	7.92	8.00	1.01	3.03	4.04	7.92	24.16	25	96.62%
11	1	3	1.50	1.50	0.60	8.10	8.00	0.99	2.96	3.95	8.10	24.71	25	98.82%
12	1	5	1.20	1.20	0.50	6.48	6.00	0.93	4.63	5.56	8.64	17.57	25	70.27%
13	1	2	8.00	1.35	0.53	6.56	8.00	1.23	2.46	3.69	6.51	26.47	25	105.90%
14	1	6	1.30	1.30	0.35	5.92	3.00	0.51	3.04	3.55	15.77	27.49	25	109.96%
Total	1.17	4.33	5.98	1.42	0.53	9.44	7.00	0.89	3.16	4.05	11.10	24.46	25	97.85%

#### **4.1.3. Usos de los tiempos de producción de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones**

##### **a) Uso de los tiempos de producción en la excavación para cimentaciones.**

En la partida de excavación para cimentaciones, el tiempo productivo promedio (TP) alcanzó 52.87%, evidenciando que poco más de la mitad de la jornada laboral se destinó directamente a actividades efectivas de excavación. Los mayores niveles de TP se registraron en las viviendas VIV13 (65.00%), VIV11 (63.85%), VIV10 (63.02%) y VIV7 (62.60%), lo que refleja una mejor continuidad operativa, menor interferencia durante la ejecución y condiciones favorables del frente de trabajo. En contraste, las menores proporciones de TP correspondieron a VIV2 (41.25%), VIV8 (40.83%) y VIV9 (43.75%), asociadas a mayores interrupciones, reorganización frecuente de la cuadrilla y mayores dificultades propias del terreno y del método de excavación.

El tiempo contributorio promedio (TC) fue de 32.38%, representando una fracción significativa de la jornada dedicada a actividades de apoyo necesarias para la excavación, como perfilado, retiro de material, acondicionamiento del frente y coordinación de la cuadrilla. Los valores más altos de TC se observaron en VIV2 (46.67%), VIV9 (45.42%) y VIV6 (39.67%), lo que indica mayor carga de actividades auxiliares y ajustes operativos durante la ejecución. Por el contrario, VIV13 (17.71%) presentó el menor TC, evidenciando ejecución más directa y eficiente de la excavación.

Respecto al tiempo no contributorio (TNC), el promedio fue de 14.76%, porcentaje que incluye pausas, esperas y tiempos improductivos. Los mayores valores de TNC se registraron en VIV5 (26.53%) y VIV3 (25.42%), vinculados a interrupciones por condiciones del suelo, reorganización del trabajo y esperas asociadas al retiro del material excavado. En contraste, VIV7 (6.25%) y VIV11 (7.40%) presentaron los menores niveles de TNC, lo que refleja mayor continuidad en la ejecución.

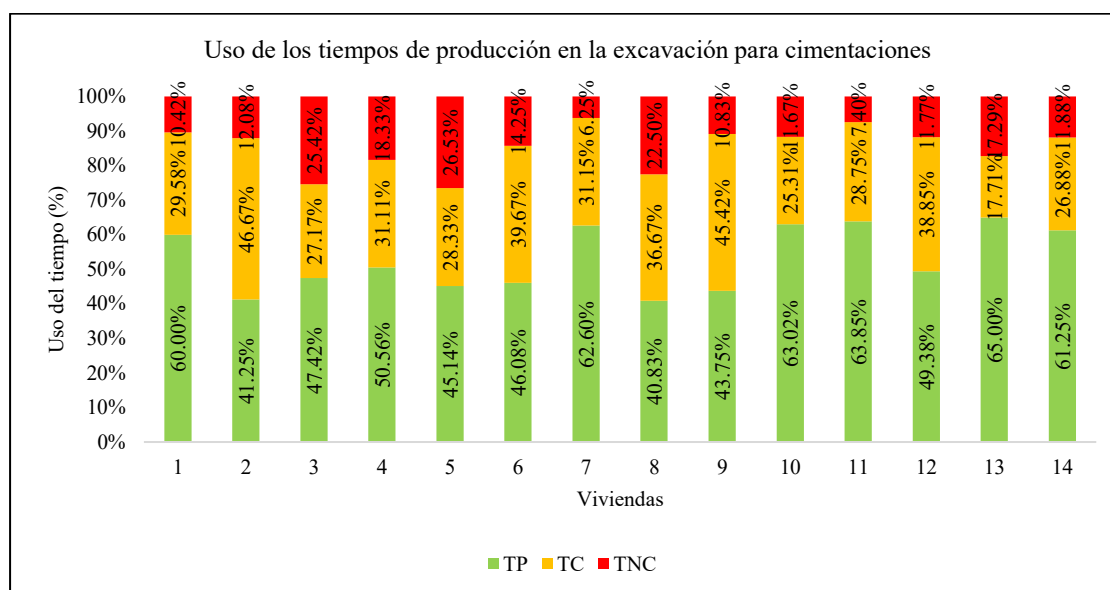
**Tabla 38**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la excavación para cimentaciones*

Vivienda	TP	TC	TNC
1	60.00%	29.58%	10.42%
2	41.25%	46.67%	12.08%
3	47.42%	27.17%	25.42%
4	50.56%	31.11%	18.33%
5	45.14%	28.33%	26.53%
6	46.08%	39.67%	14.25%
7	62.60%	31.15%	6.25%
8	40.83%	36.67%	22.50%
9	43.75%	45.42%	10.83%
10	63.02%	25.31%	11.67%
11	63.85%	28.75%	7.40%
12	49.38%	38.85%	11.77%
13	65.00%	17.71%	17.29%
14	61.25%	26.88%	11.88%
Promedio	52.87%	32.38%	14.76%

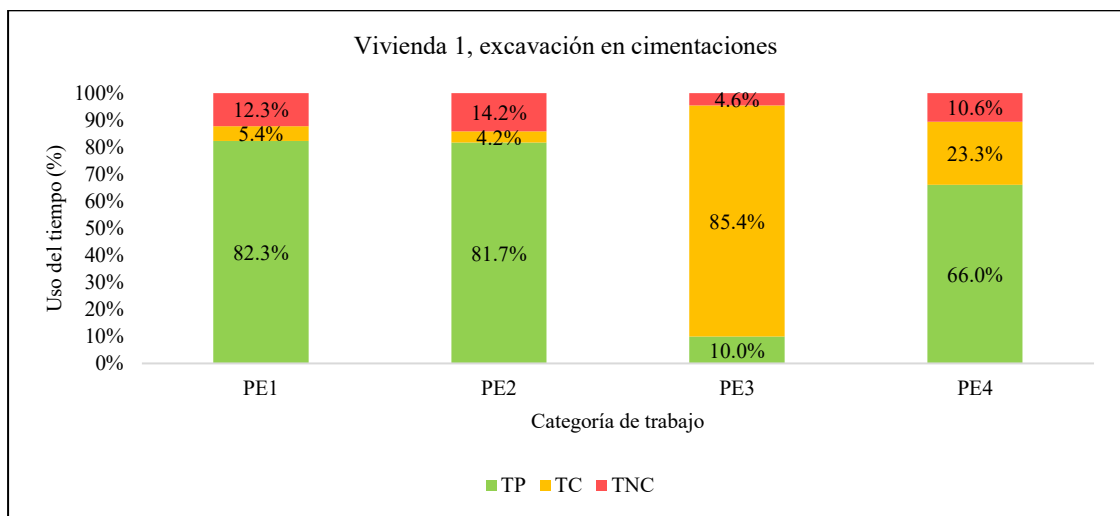
**Figura 41**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la excavación para cimentaciones*



**Figura 42**

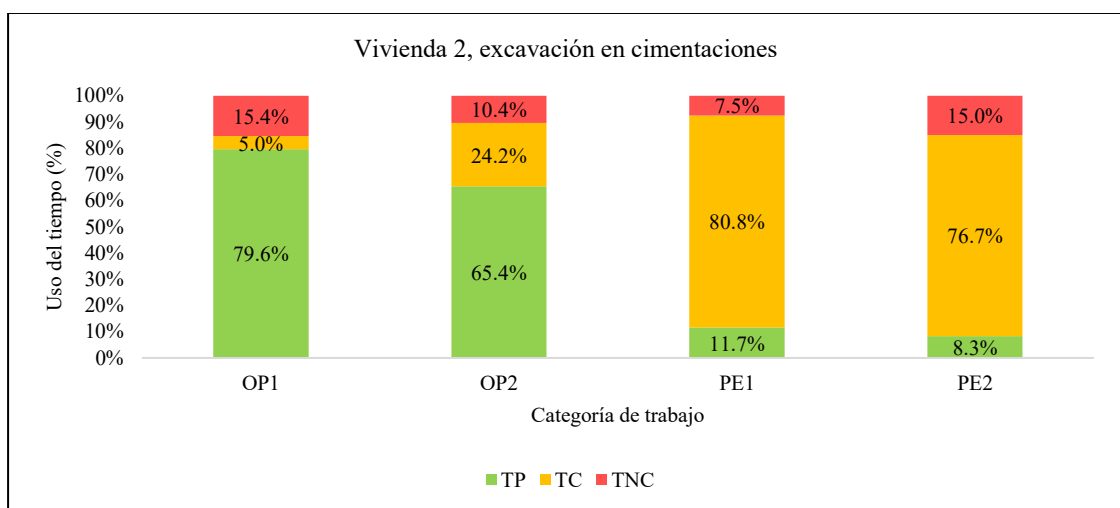
*Vivienda 1, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 1 se observa predominio del TP en todos los integrantes de la cuadrilla, especialmente en PE1 y PE2, con valores superiores al 80%, lo que evidencia una adecuada continuidad de las actividades de excavación. El TC es reducido y el TNC se mantiene por debajo del 15%, indicando una organización eficiente del trabajo y mínimas interrupciones operativas.

**Figura 43**

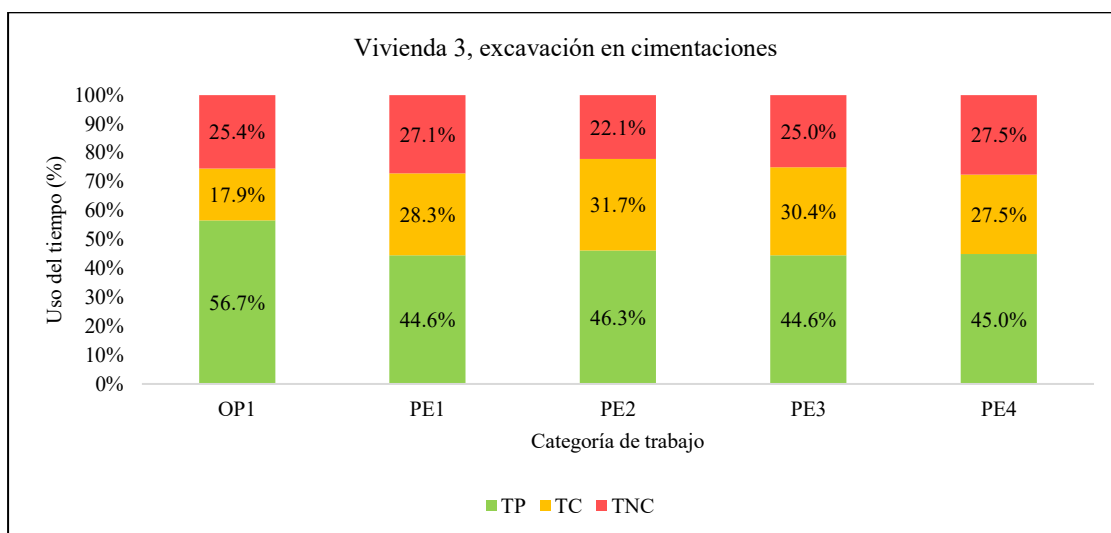
*Vivienda 2, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* La Vivienda 2 presenta diferencias marcadas entre operarios y peones. Mientras OP1 y OP2 concentran altos porcentajes de TP, los peones (PE1 y PE2) muestran incrementos significativos de TC, superiores al 75% en algunos casos. Esto sugiere tiempos elevados dedicados a actividades de apoyo, transporte de material o esperas, reduciendo la eficiencia global de la cuadrilla.

**Figura 44**

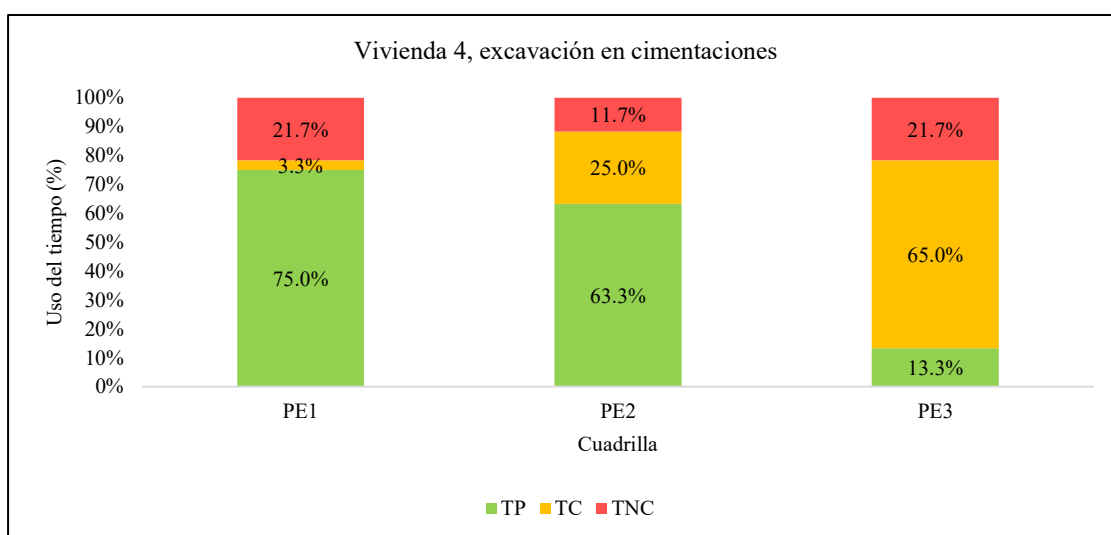
*Vivienda 3, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 3 el TP se distribuye de manera moderada entre los trabajadores, con valores cercanos al 45–57%, acompañados por incrementos relevantes de TC y TNC. La presencia de TNC superiores al 25% en varios integrantes refleja interrupciones frecuentes, posiblemente asociadas a condiciones del terreno, coordinación deficiente o ajustes continuos durante la excavación.

**Figura 45**

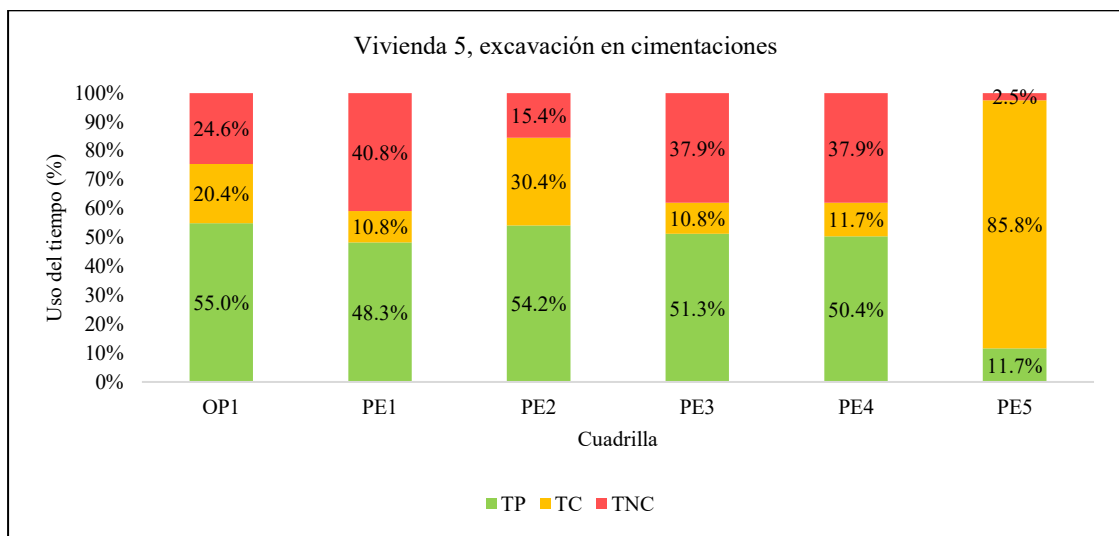
*Vivienda 4, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* La excavación en la Vivienda 4 muestra un TP relativamente alto en PE1 (75%), mientras que PE2 y PE3 presentan incrementos del TC. Esto evidencia distribución desigual del trabajo dentro de la cuadrilla, donde algunos operarios mantienen continuidad, mientras otros concentran tiempos de apoyo.

**Figura 46**

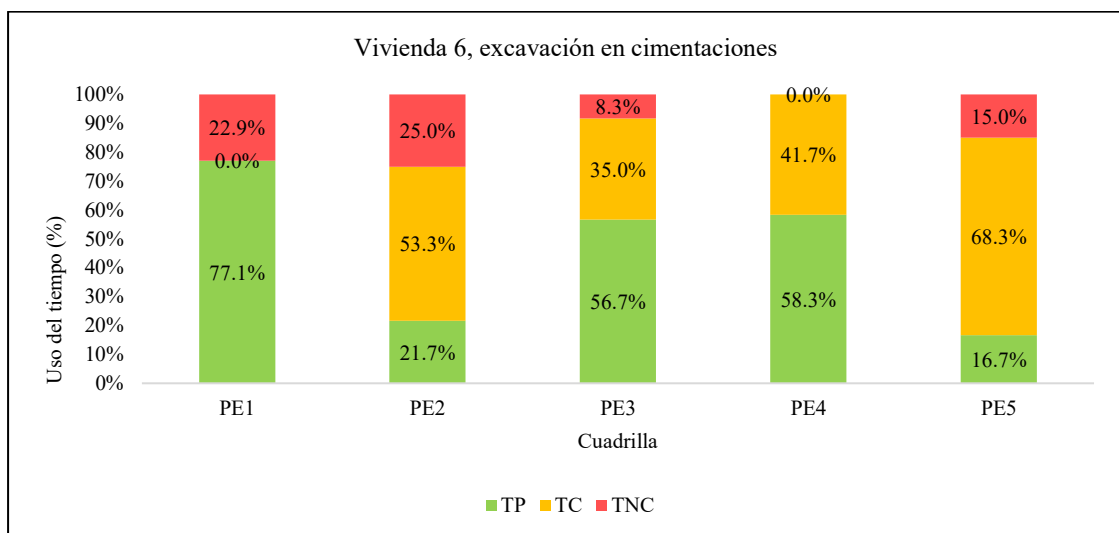
*Vivienda 5, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 5 se identifican contrastes entre integrantes de la cuadrilla. Aunque algunos peones alcanzan TP superiores al 50%, se registran valores elevados de TNC (hasta 40.8%), lo que indica pausas frecuentes, reorganización del frente de trabajo o dificultades asociadas al método de excavación.

**Figura 47**

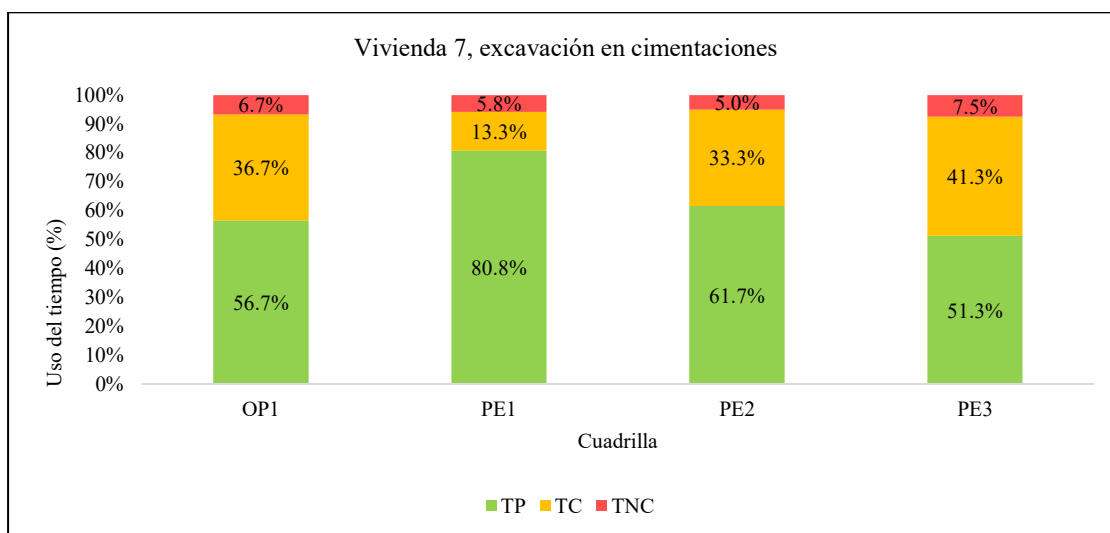
*Vivienda 6, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* La Vivienda 6 presenta un TP dominante en PE1 y PE3, superiores al 55%, mientras que otros integrantes concentran altos porcentajes de TC, incluso superiores al 50%. La ausencia de TNC en algunos casos refleja continuidad operativa parcial, aunque la elevada carga contributiva sugiere dependencia de actividades auxiliares para mantener el ritmo de excavación.

**Figura 48**

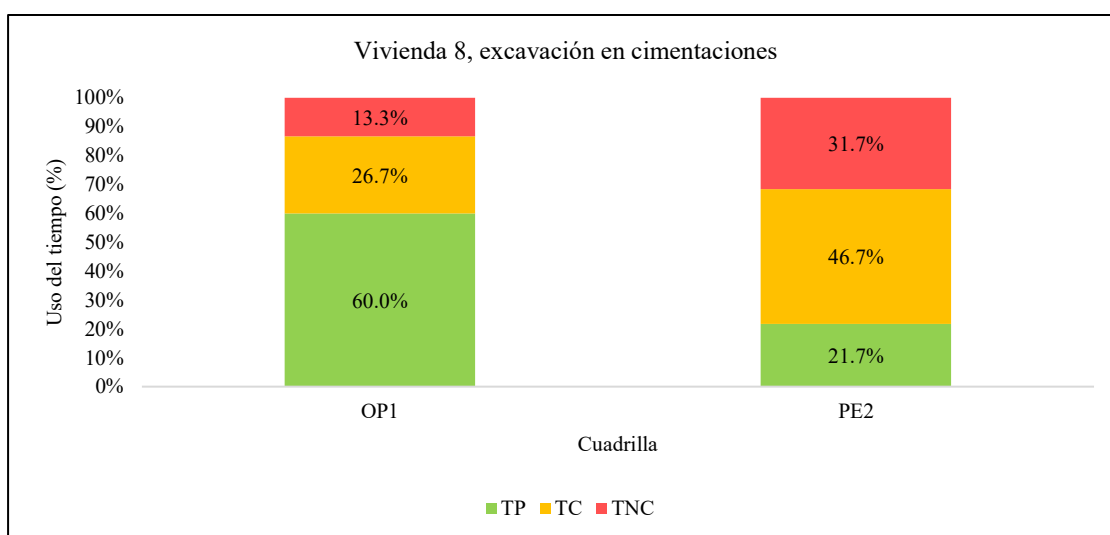
*Vivienda 7, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* En esta vivienda se observa un desempeño favorable, con TP elevados, destacando PE1 con más del 80% de tiempo productivo. Los valores de TNC son bajos en todos los trabajadores, lo que indica una excavación bien organizada, con adecuada coordinación de la cuadrilla y condiciones de trabajo que favorecieron la continuidad del proceso.

**Figura 49**

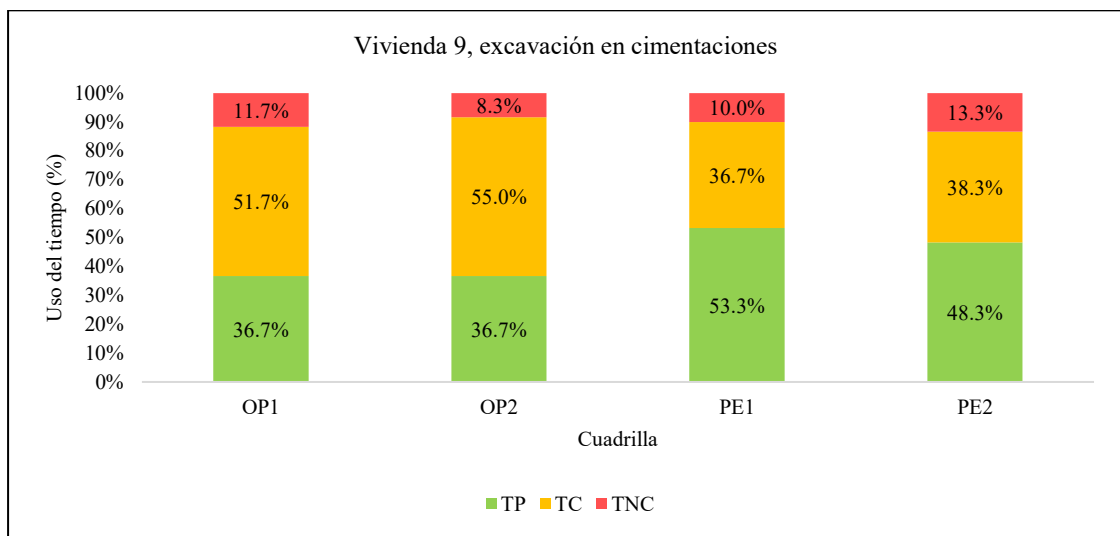
*Vivienda 8, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* La Vivienda 8 muestra marcada diferencia entre OP1 y PE2. Mientras OP1 mantiene TP del 60%, PE2 presenta altos valores de TC y TNC, con TP reducido. Esto evidencia distribución desigual de tareas y posibles tiempos muertos asociados a limitaciones operativas o condiciones al frente de excavación.

**Figura 50**

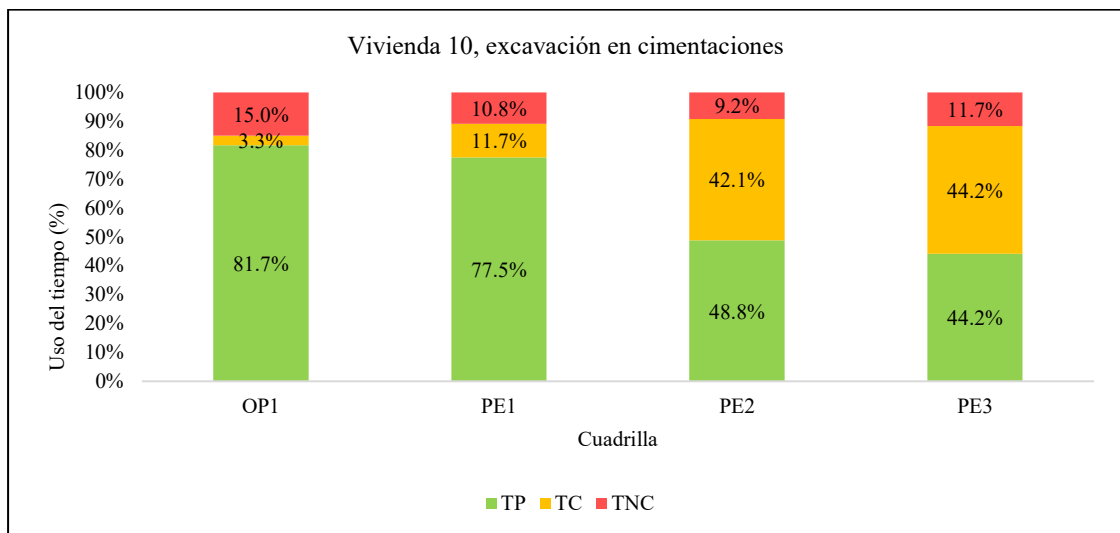
*Vivienda 9, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 9 predominan los tiempos contributivos en OP1 y OP2, con valores superiores al 50%, mientras que el TP es relativamente bajo. Esta situación es consistente con excavaciones más complejas, en suelos duros o rocosos, donde aumenta el tiempo dedicado a actividades auxiliares.

**Figura 51**

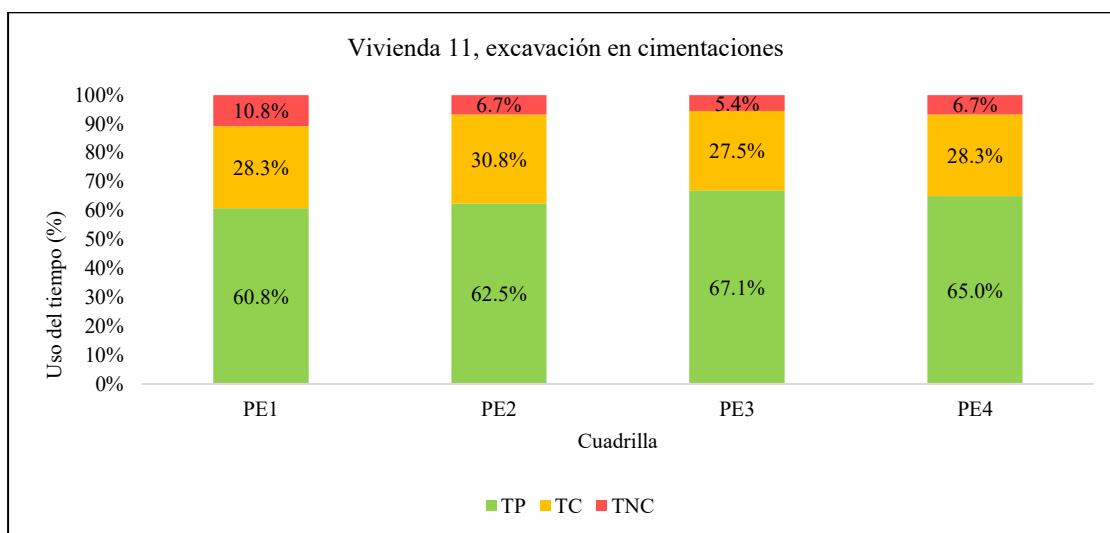
*Vivienda 10, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* La Vivienda 10 presenta un desempeño eficiente en OP1 y PE1, con TP superiores al 75%. Sin embargo, en PE2 y PE3 se incrementa el TC, reflejando una combinación de trabajo directo con tiempos de apoyo. El TNC se mantiene bajo, lo que indica una excavación sin interrupciones prolongadas, aunque con distinta intensidad productiva entre los integrantes.

**Figura 52**

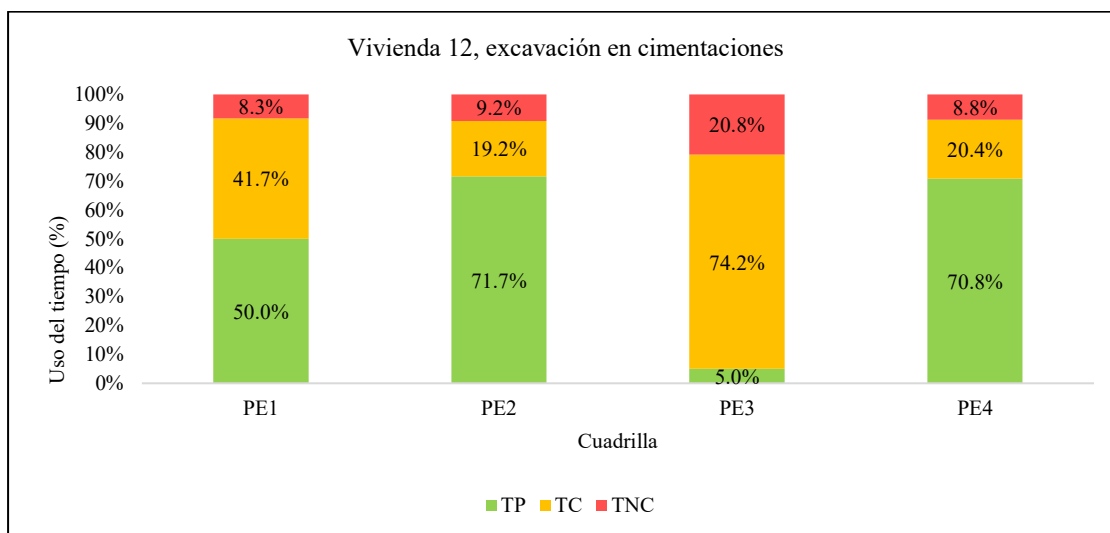
*Vivienda 11, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* La Vivienda 11 presenta distribución favorable del tiempo, con predominio de TP entre 60.8% y 67.1% en los distintos peones, y niveles moderados de TC que oscilan entre 27.5% y 30.8%. El TNC es reducido (5.4%–10.8%), lo que evidencia continuidad en las actividades de excavación.

**Figura 53**

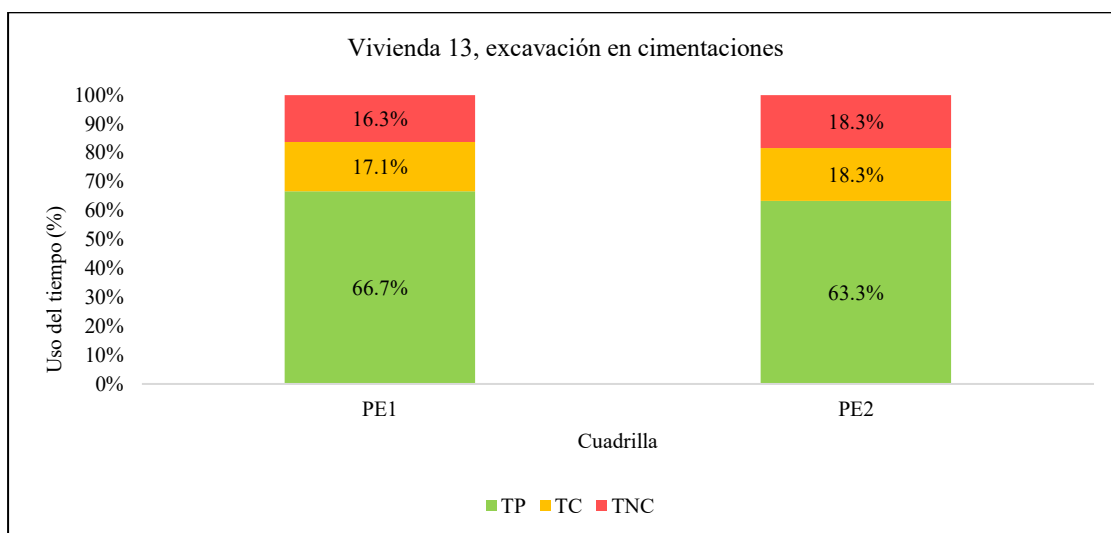
*Vivienda 12, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 12 se observa una marcada variabilidad en el uso del tiempo entre los integrantes de la cuadrilla. Mientras algunos peones alcanzan altos porcentajes de tiempo productivo (hasta 74.2%), otros presentan una proporción significativa de tiempo contributivo, especialmente en el PE3, donde el TC alcanza valores elevados y el TP se reduce notablemente.

**Figura 54**

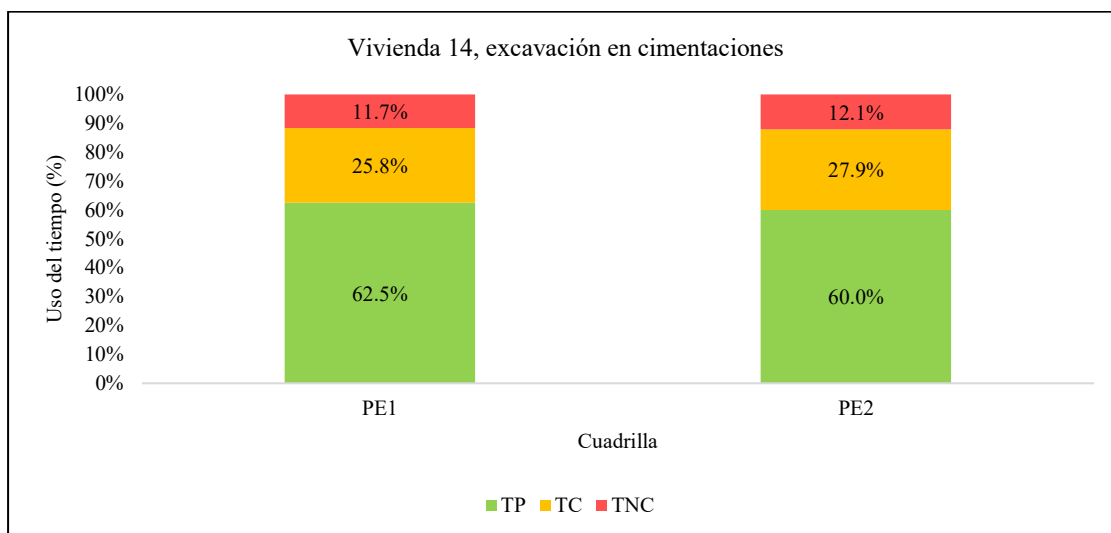
*Vivienda 13, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* La Vivienda 13 muestra comportamiento equilibrado, con TP superiores al 60% en ambos peones evaluados. El TC se mantiene en niveles bajos a moderados (17.1%–18.3%), mientras que el TNC alcanza valores cercanos al 16%–18%. Este patrón indica proceso de excavación ordenado.

**Figura 55**

*Vivienda 14, tiempos de producción en excavación de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 14, el TP se mantiene estable alrededor del 60%–62.5%, con TC cercanos al 26%–28% y TNC moderados (11.7%–12.1%). La similitud en la distribución entre ambos peones refleja una ejecución homogénea de la excavación, aunque el nivel de TC evidencia actividades auxiliares recurrentes que podrían optimizarse para incrementar el TP.

**b) Uso de los tiempos de producción en el solado para cimentaciones.**

En la partida de solado, el tiempo productivo (TP) presentó promedio de 31.51%, lo que indica que menos de un tercio de la jornada efectiva se destinó a la colocación directa del solado. El tiempo contributorio (TC) fue el componente predominante, con promedio de 50.85%. Los valores más elevados de TC se observaron en VIV7 (58.13%), VIV5 (57.08%) y VIV4 (56.25%), por el contrario, VIV6 (35.48%) presentó el menor TC. Respecto al tiempo no contributorio (TNC), el promedio fue de 17.64%, con los valores más altos en VIV1 (28.13%) y VIV2 (25.10%), asociados a tiempos de espera por materiales, reorganización de la cuadrilla y pausas operativas.

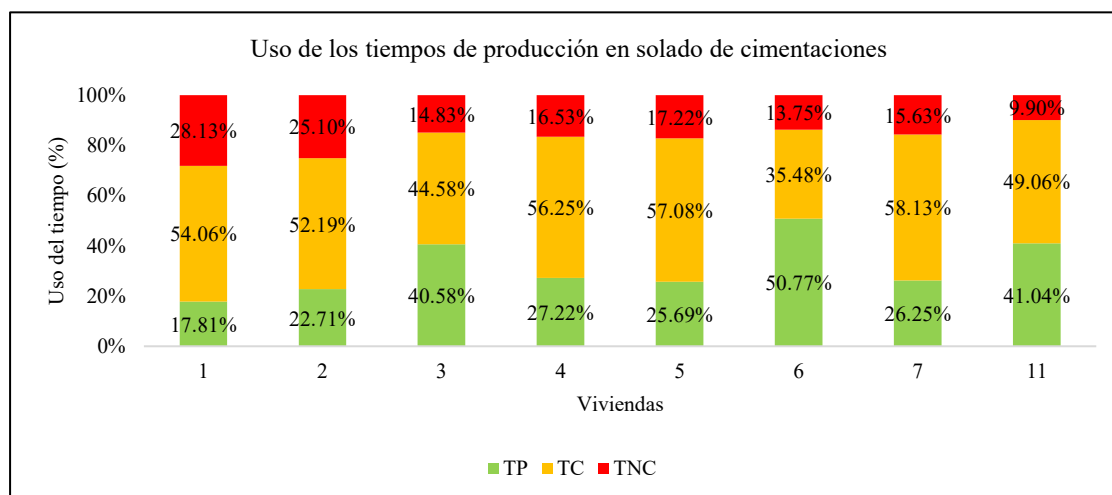
**Tabla 39**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en el solado*

Vivienda	TP	TC	TNC
1	17.81%	54.06%	28.13%
2	22.71%	52.19%	25.10%
3	40.58%	44.58%	14.83%
4	27.22%	56.25%	16.53%
5	25.69%	57.08%	17.22%
6	50.77%	35.48%	13.75%
7	26.25%	58.13%	15.63%
11	41.04%	49.06%	9.90%
Promedio	31.51%	50.85%	17.64%

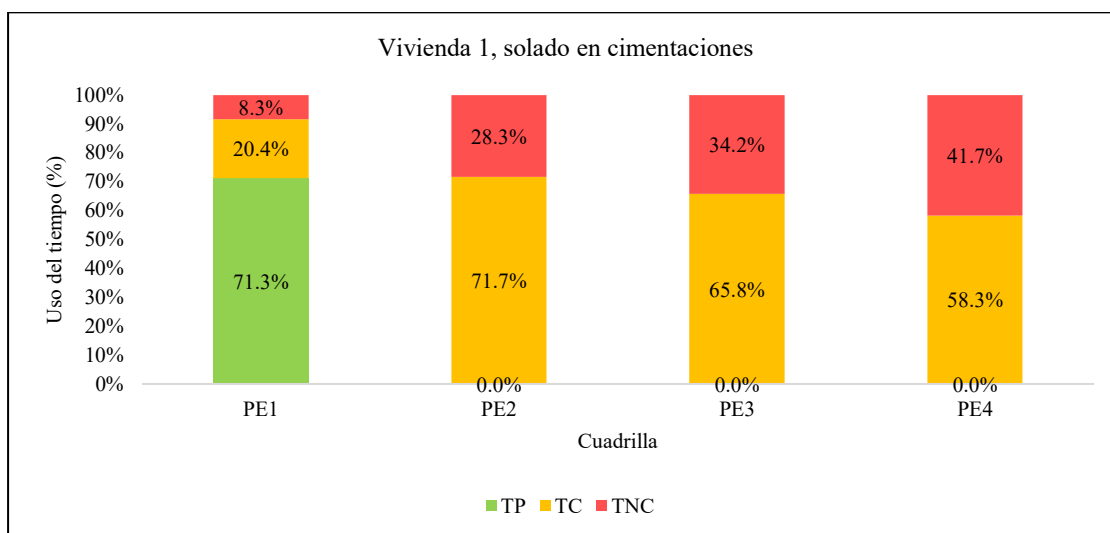
**Figura 56**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en el solado*



**Figura 57**

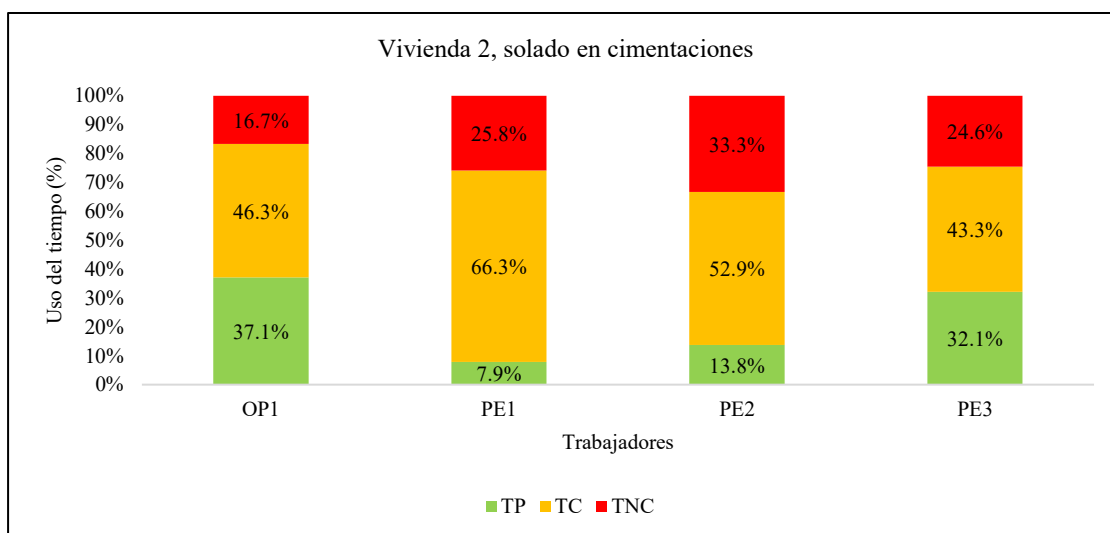
*Vivienda 1, tiempos de producción en solado de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 1 se observa que el trabajador PE1 concentró el mayor TP (71.3%), lo que indica ejecución más directa de actividades propias del solado. En contraste, los trabajadores PE2, PE3 y PE4 no registraron TP, concentrando su jornada en TC (58.3%–71.7%) y TNC (28.3%–41.7%), lo que evidencia una deficiente asignación de funciones y falta de coordinación operativa en la cuadrilla.

**Figura 58**

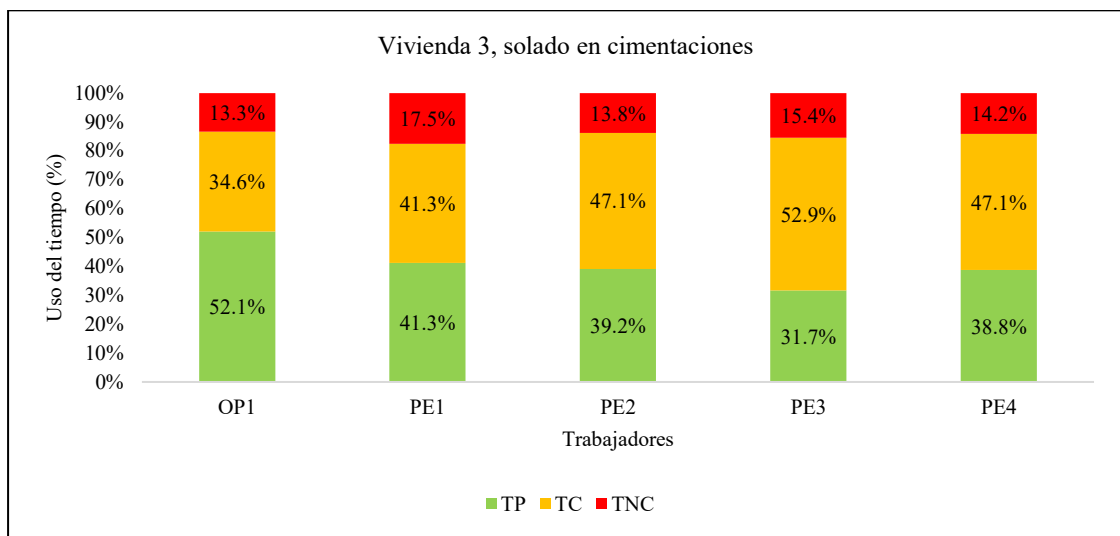
*Vivienda 2, tiempos de producción en solado de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 2, el operario OPI presentó un mayor TP (37.1%) respecto a los peones, mientras que PE1, PE2 y PE3 concentraron altos porcentajes de TC (43.3%–66.3%) y TNC (24.6%–33.3%). Esta distribución refleja dependencia excesiva del operario y limitada participación productiva de los peones.

**Figura 59**

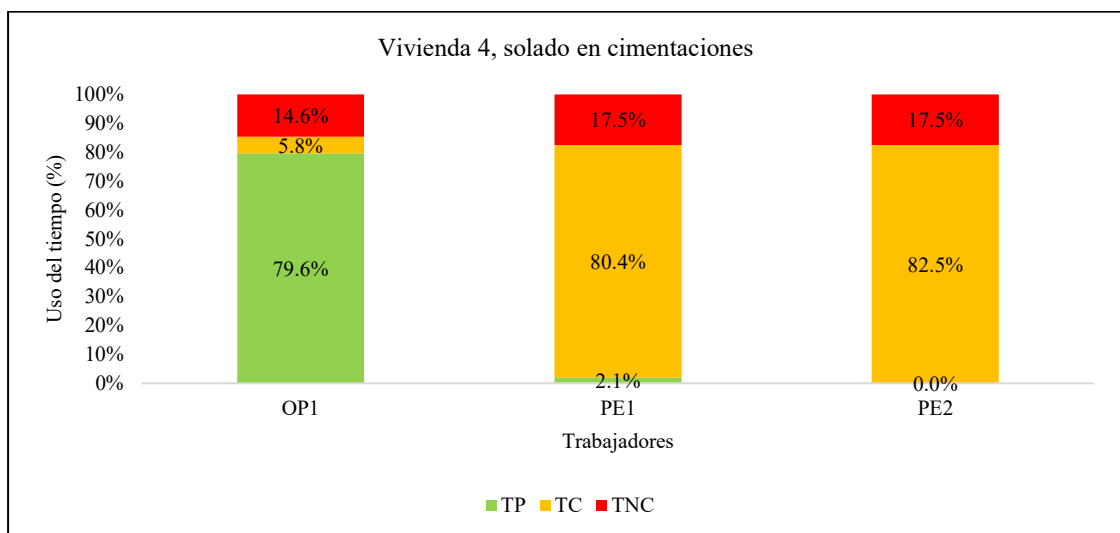
*Vivienda 3, tiempos de producción en solado de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 3 se aprecia distribución más equilibrada entre TP y TC en todos los trabajadores, con TP que oscilan entre 31.7% y 52.1%. No obstante, los TC alcanzan valores elevados (41.3%–52.9%), lo que sugiere preparación de materiales y esperas que reducen la eficiencia global del proceso.

**Figura 60**

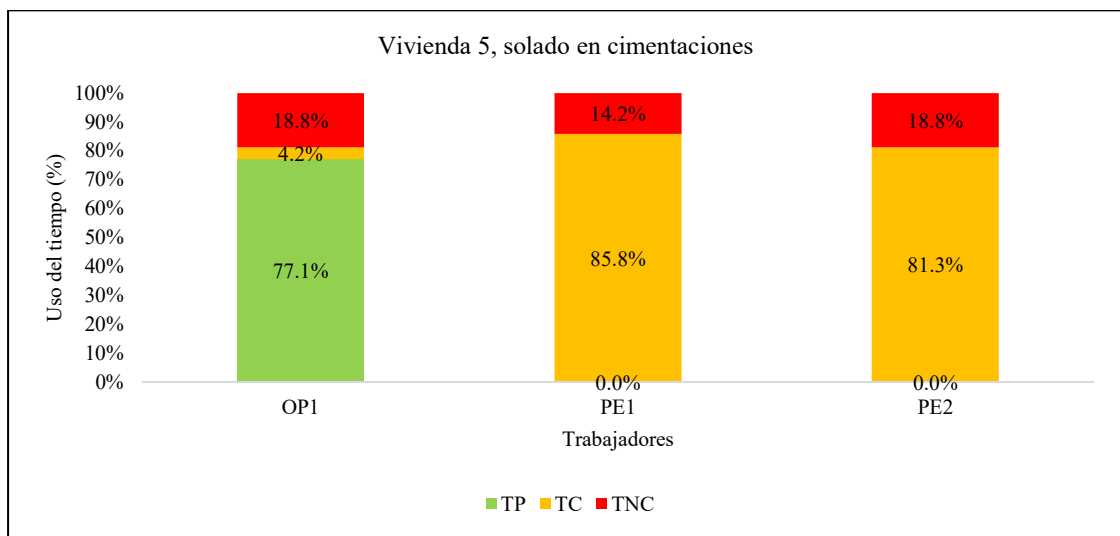
*Vivienda 4, tiempos de producción en solado de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 4, el operario OP1 concentró un alto tiempo productivo (79.6%), mientras que los peones PE1 y PE2 prácticamente no registraron TP, concentrándose en tiempos contributivos superiores al 80%. Esta situación evidencia una marcada descompensación en la cuadrilla y una ejecución del solado altamente dependiente del operario.

**Figura 61**

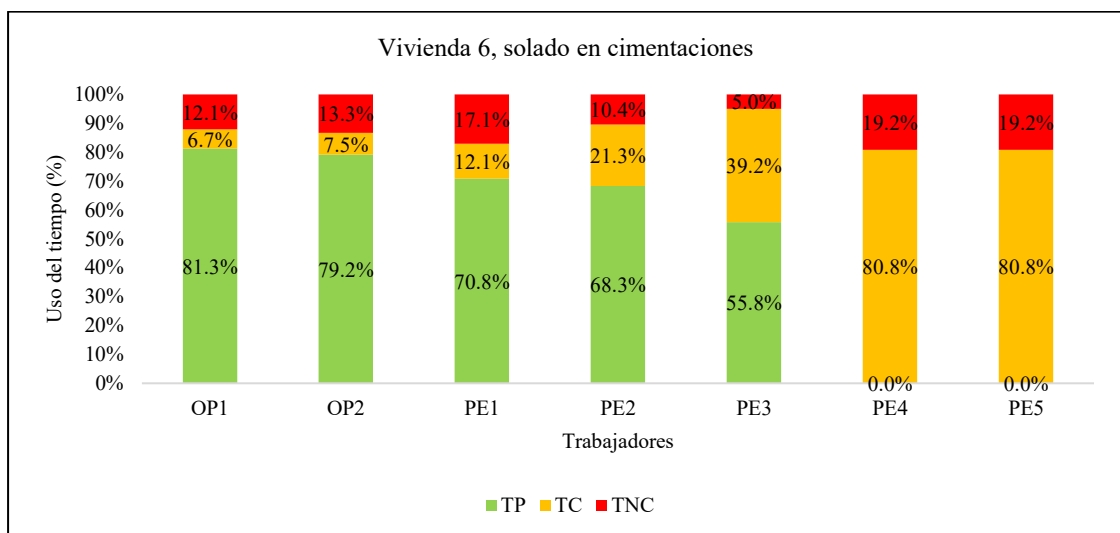
*Vivienda 5, tiempos de producción en solado de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 5 el OP1 presenta elevado tiempo productivo (77.1%), mientras que PE1 y PE2 concentran más del 80% de su tiempo en actividades contributivas. Esta distribución confirma una baja integración operativa de los peones en las actividades directas del solado.

**Figura 62**

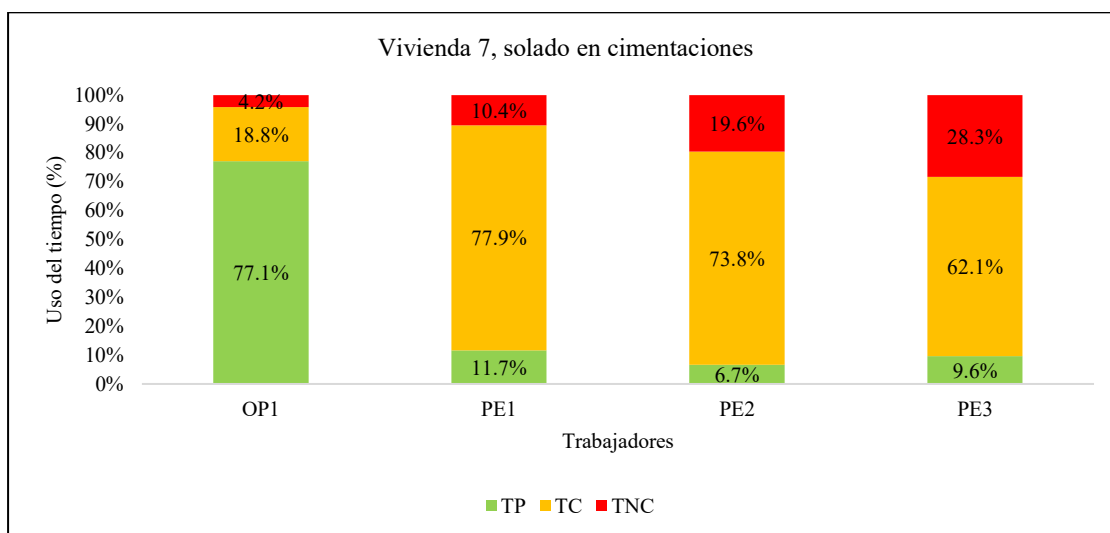
*Vivienda 6, tiempos de producción en solado de cimentaciones*



*Nota.* La Vivienda 6 muestra una mayor variabilidad entre trabajadores. OP1 y OP2 alcanzaron tiempos productivos superiores al 79%, mientras que los peones PE4 y PE5 no registraron TP, concentrando su tiempo en actividades contributivas (80.8%). Esta dispersión evidencia problemas de asignación de tareas y falta de secuencia continua en la ejecución del solado.

**Figura 63**

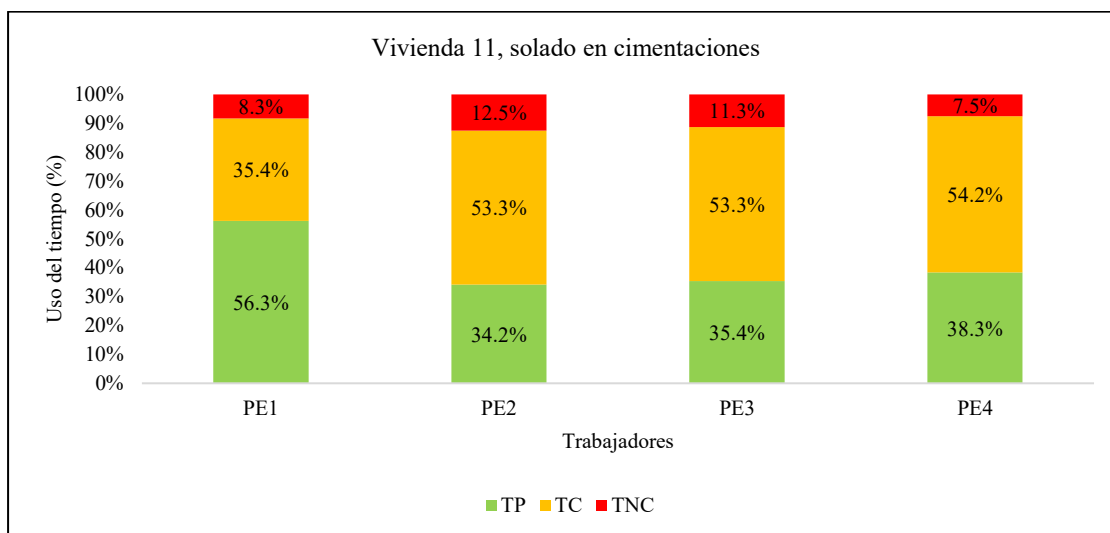
*Vivienda 7, tiempos de producción en solado de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 7, el operario OP1 alcanzó alto tiempo productivo (77.1%), mientras que los peones presentaron bajos TP (6.7%–11.7%) y altos TC (62.1%–77.9%). Este patrón refleja una ejecución centralizada en el operario y una limitada participación productiva del resto de la cuadrilla.

**Figura 64**

*Vivienda 11, tiempos de producción en solado de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 11 se observa una distribución más homogénea entre los trabajadores, con tiempos productivos entre 34.2% y 56.3%. Sin embargo, los tiempos contributivos siguen siendo elevados (35.4%–54.2%), lo que indica oportunidades de mejora en la organización del flujo de trabajo y reducción de tiempos auxiliares.

**c) Uso de los tiempos de producción en habilitación y colocación de acero.**

En la partida de habilitación y colocación de acero, el tiempo productivo (TP) alcanzó un promedio de 48.89%, evidenciando una mayor proporción de tiempo efectivamente dedicada al corte, doblado, armado y colocación del acero respecto a otras partidas analizadas. Los mayores valores de TP se registraron en VIV14 (64.38%), VIV5 (62.36%), VIV7 (60.00%) y VIV13 (59.38%), viviendas caracterizadas por mayor volumen de acero, repetitividad del armado y adecuada secuencia de trabajo, lo que favoreció la continuidad operativa. En contraste, los menores TP se observaron en VIV10 (32.08%), VIV2 (33.23%) y VIV6 (34.38%), asociados a mayor dispersión de elementos, interrupciones y reorganización frecuente de la cuadrilla.

El tiempo contributorio (TC) presentó un promedio de 32.49%, con valores elevados en VIV10 (59.31%), VIV3 (46.04%) y VIV9 (45.10%), lo que indica una alta carga de actividades de apoyo como habilitación previa, traslado manual del acero, medición, ajustes y amarre. Por el contrario, VIV1 (16.77%) y VIV8 (16.67%) mostraron los menores TC, coherentes con frentes de trabajo más ordenados y menor necesidad de tareas auxiliares.

Respecto al tiempo no contributorio (TNC), el promedio fue de 18.63%, con los valores más altos en VIV8 (40.42%), VIV1 (38.54%) y VIV2 (36.46%), reflejando tiempos muertos asociados principalmente a espera de materiales, coordinación deficiente o pausas operativas. En contraste, los menores TNC se registraron en VIV3 (6.25%), VIV10 (8.61%) y VIV9 (9.17%), evidenciando una mejor sincronización entre habilitación y colocación.

En conjunto, los resultados indican que la habilitación y colocación de acero es una partida con predominio del tiempo productivo, aunque con variabilidad significativa entre viviendas.

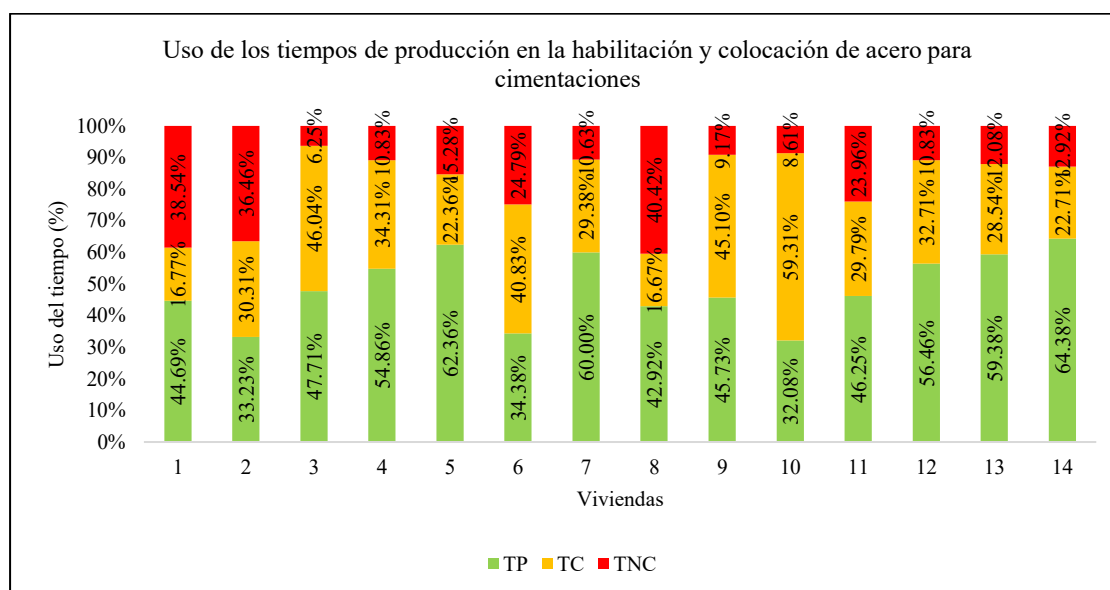
**Tabla 40**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones*

Vivienda	TP	TC	TNC
1	44.69%	16.77%	38.54%
2	33.23%	30.31%	36.46%
3	47.71%	46.04%	6.25%
4	54.86%	34.31%	10.83%
5	62.36%	22.36%	15.28%
6	34.38%	40.83%	24.79%
7	60.00%	29.38%	10.63%
8	42.92%	16.67%	40.42%
9	45.73%	45.10%	9.17%
10	32.08%	59.31%	8.61%
11	46.25%	29.79%	23.96%
12	56.46%	32.71%	10.83%
13	59.38%	28.54%	12.08%
14	64.38%	22.71%	12.92%
Promedio	48.89%	32.49%	18.63%

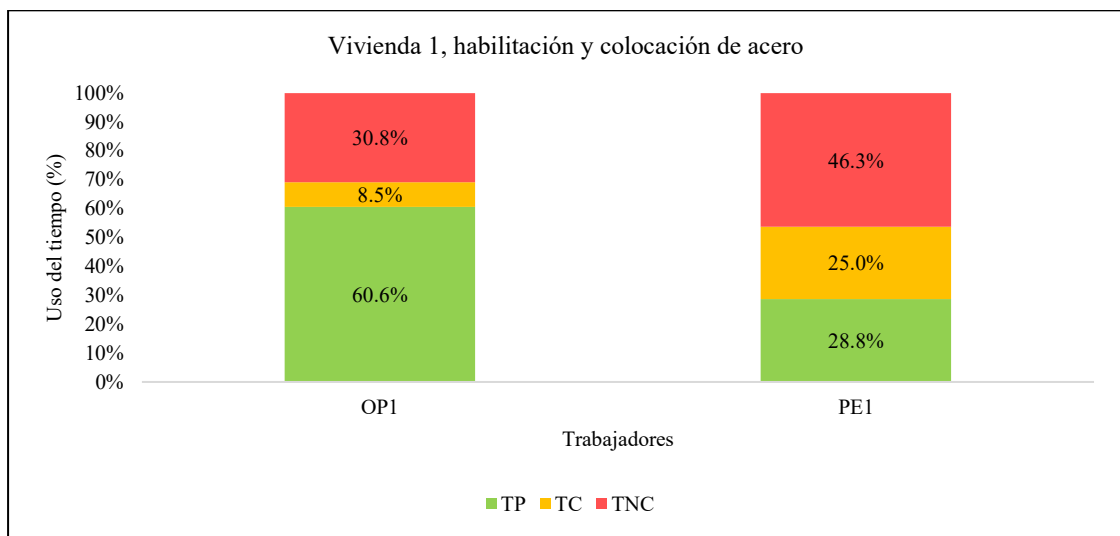
**Figura 65**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones*



**Figura 66**

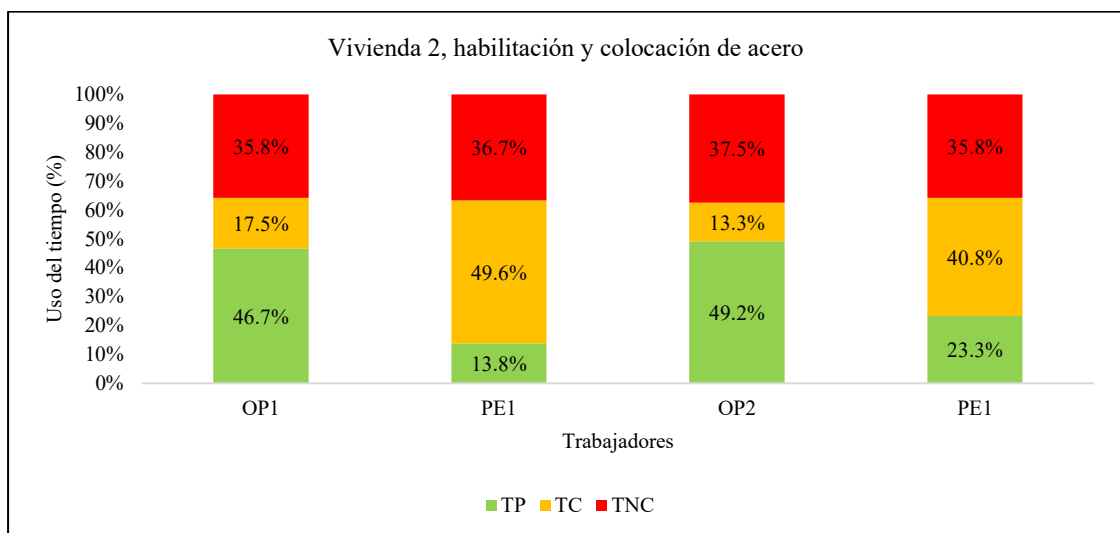
*Vivienda 1, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 1, la habilitación y colocación de acero muestra mayor predominio del TP en el operario (60.6%), mientras que el peón concentra elevado TNC (46.3%), evidenciando desbalance en la asignación de tareas y tiempos muertos asociados a espera de instrucciones y apoyo logístico.

**Figura 67**

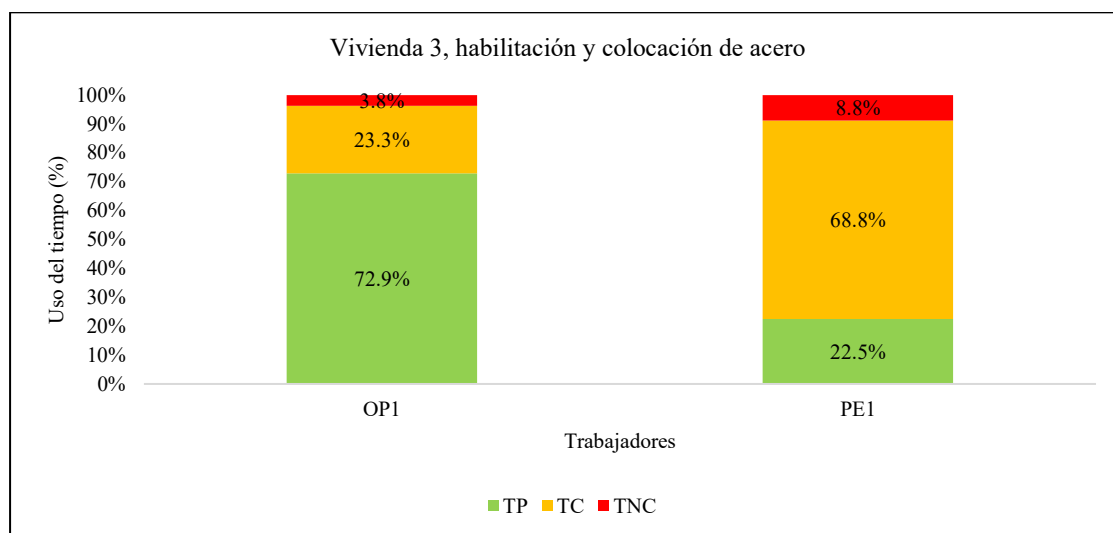
*Vivienda 2, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 2, se observa una distribución irregular de los tiempos entre operarios y peones, con tiempos no contributivos elevados (hasta 37.5%), lo que indica deficiencias en la coordinación del proceso y frecuentes interrupciones durante el habilitado y colocación del acero.

**Figura 68**

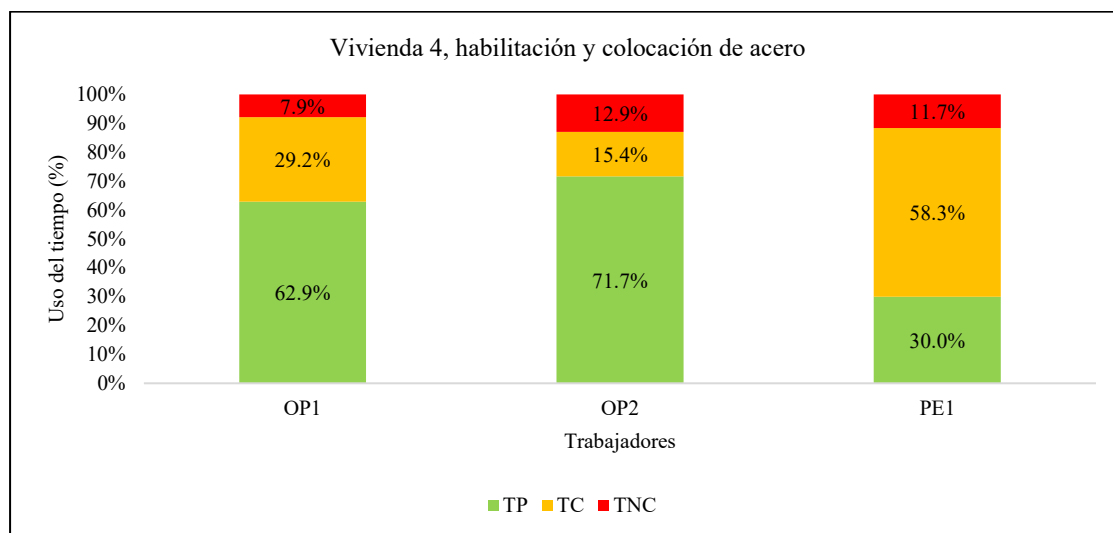
*Vivienda 3, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 3, el operario presenta un alto tiempo productivo (72.9%), mientras que el peón registra predominio del tiempo contributorio (68.8%), asociado a actividades de apoyo continuo, evidenciando una ejecución dependiente del operario principal.

**Figura 69**

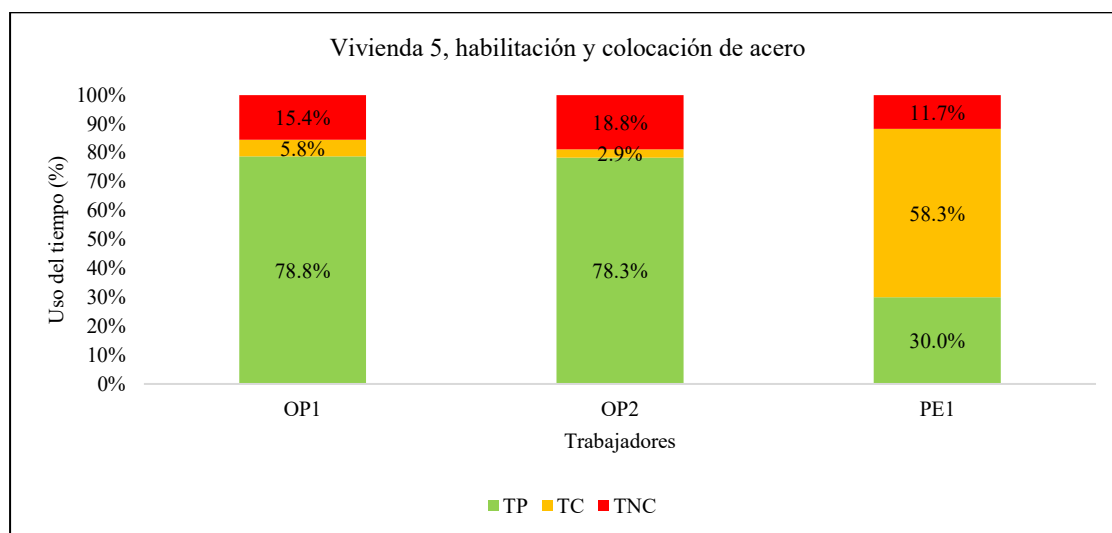
*Vivienda 4, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 4, los operarios alcanzan tiempos productivos elevados (62.9% y 71.7%), mientras que el peón presenta mayor tiempo contributorio (58.3%), reflejando una correcta ejecución técnica con apoyo auxiliar constante en las tareas de armado y colocación.

**Figura 70**

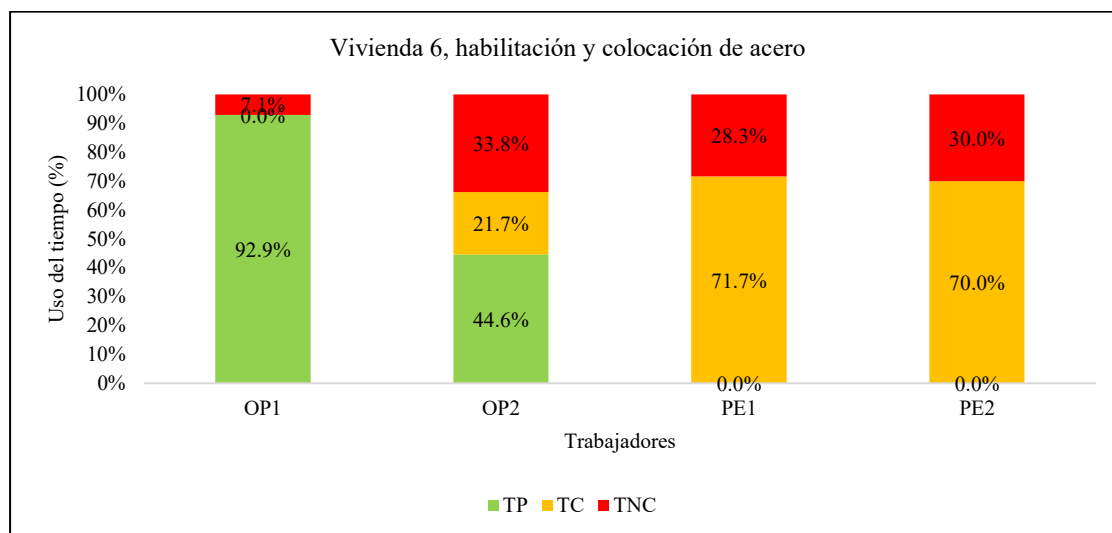
*Vivienda 5, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 5, los operarios concentran altos porcentajes de tiempo productivo (78%), mientras que el peón destina la mayor parte del tiempo a actividades contributorias (58.3%), lo que sugiere una adecuada especialización del personal, aunque con limitada optimización del apoyo.

**Figura 71**

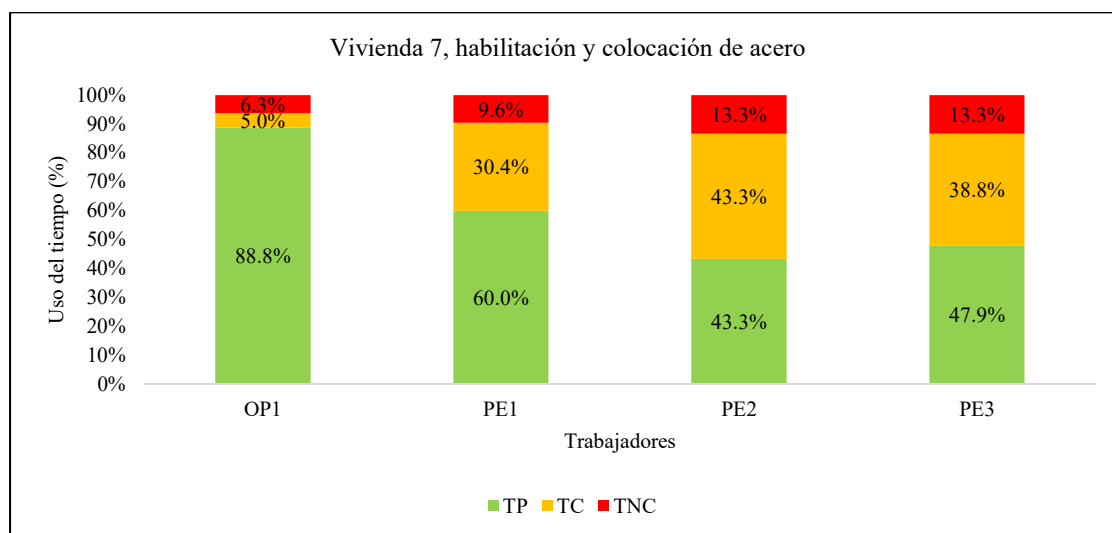
*Vivienda 6, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 6, se identifica un comportamiento heterogéneo: un operario alcanza un tiempo productivo muy alto (92.9%), mientras que los peones presentan ausencia de tiempo productivo y predominio de tiempo contributorio y no contributorio, evidenciando subutilización de la mano de obra auxiliar.

**Figura 72**

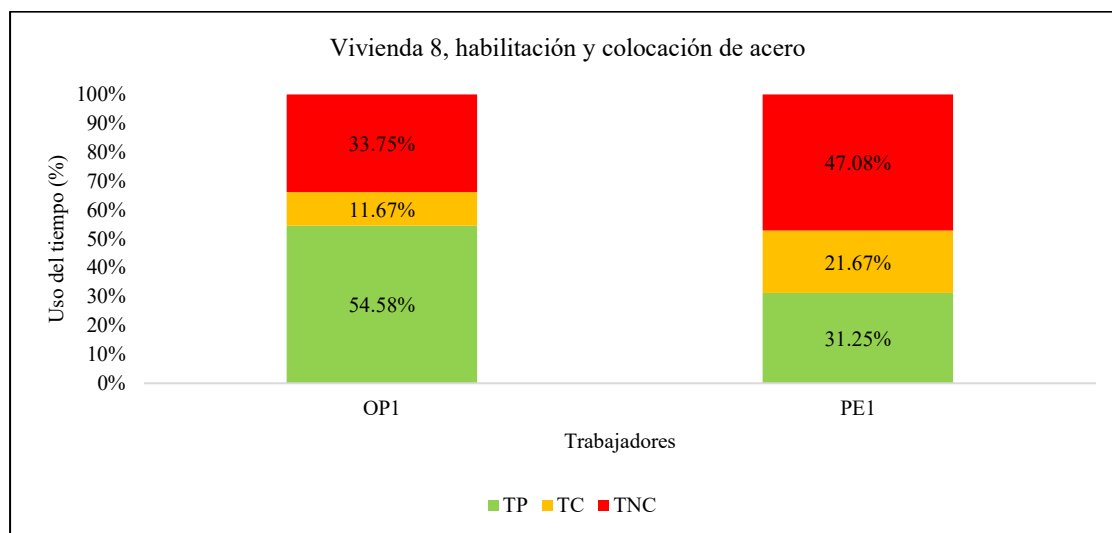
*Vivienda 7, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 7, el operario principal registra un alto tiempo productivo (88.8%), mientras que los peones muestran una distribución más equilibrada entre tiempo productivo y contributivo, indicando mejor integración del equipo durante el armado del acero.

**Figura 73**

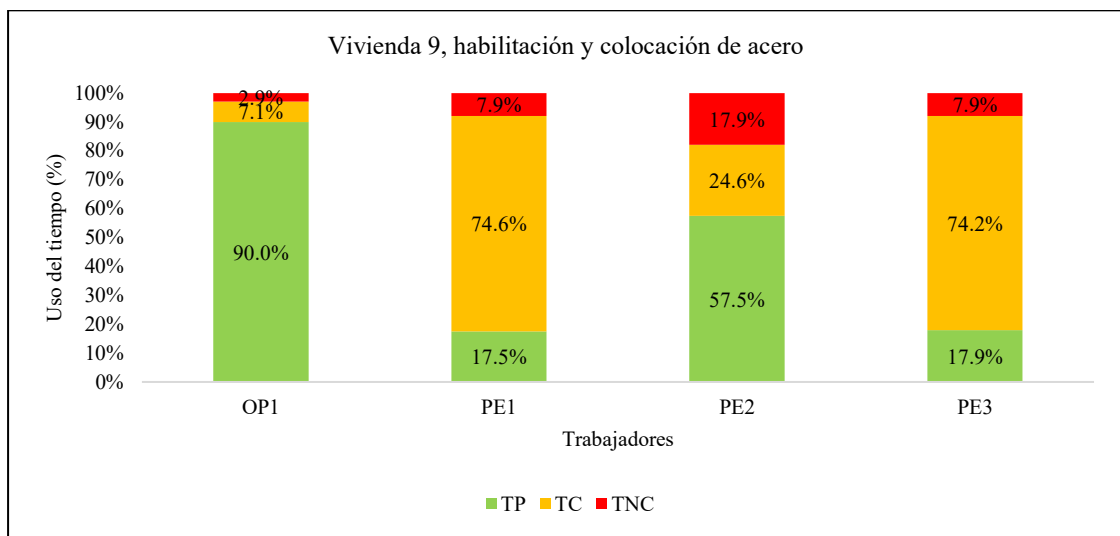
*Vivienda 8, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 8, se evidencia una reducción del tiempo productivo, especialmente en el peón (31.3%), acompañado de un elevado tiempo no contributivo (47.1%), asociado a esperas prolongadas y deficiencias en la secuencia de trabajo.

**Figura 74**

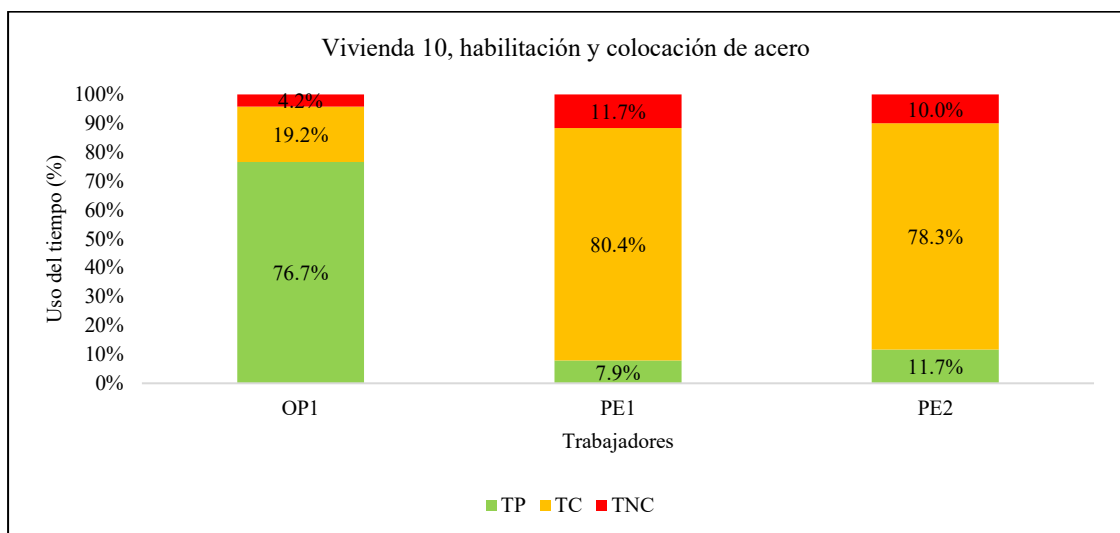
*Vivienda 9, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 9, el operario presenta un tiempo productivo muy elevado (90.0%), mientras que los peones concentran gran parte del tiempo en actividades contributorias ( $\approx 74\%$ ), reflejando un proceso altamente dependiente del operario y baja autonomía del personal auxiliar.

**Figura 75**

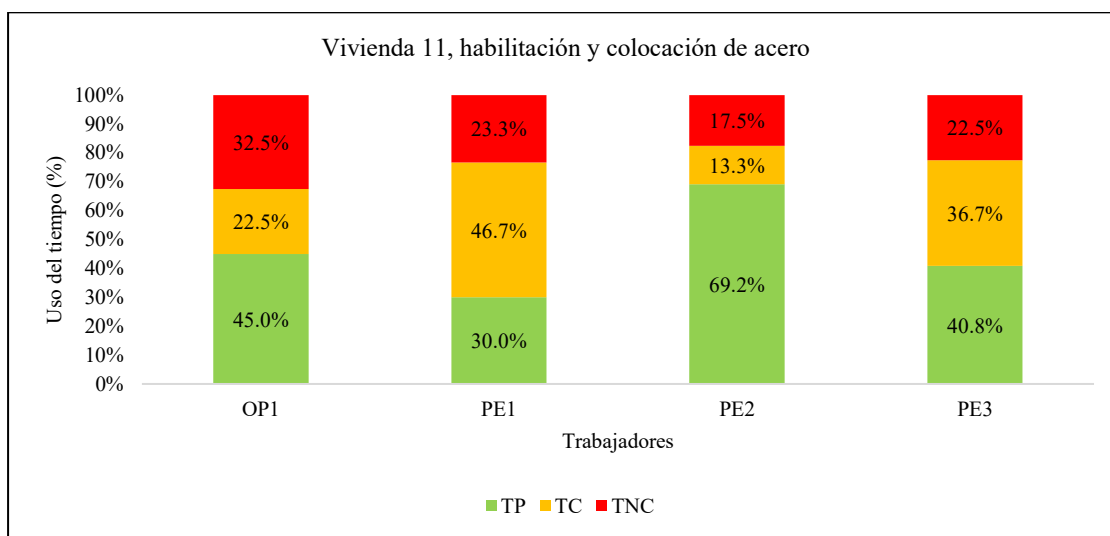
*Vivienda 10, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 10, el operario alcanza un alto tiempo productivo (76.7%), mientras que los peones destinan la mayor parte del tiempo a actividades contributorias ( $\approx 80\%$ ), lo que indica que el proceso se apoya fuertemente en labores auxiliares sin una ejecución directa continua.

**Figura 76**

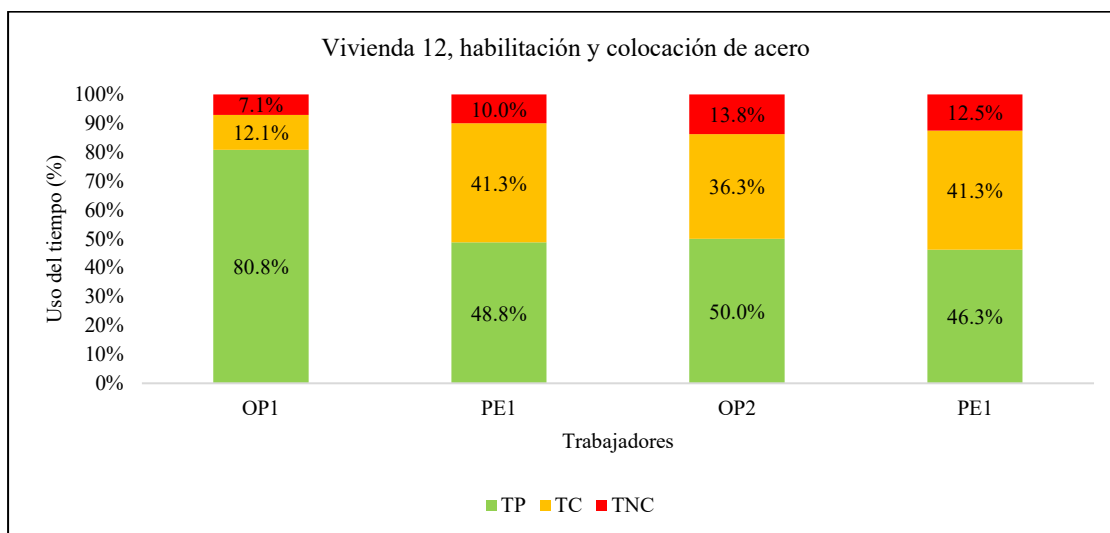
*Vivienda 11, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 11 el operario OP1 presenta equilibrio relativo entre tiempo productivo (45.0%) y no contributivo (32.5%), mientras que el personal de apoyo evidencia mayores proporciones de tiempo contributivo y no contributivo. Destaca PE2 con el mayor tiempo productivo (69.2%).

**Figura 77**

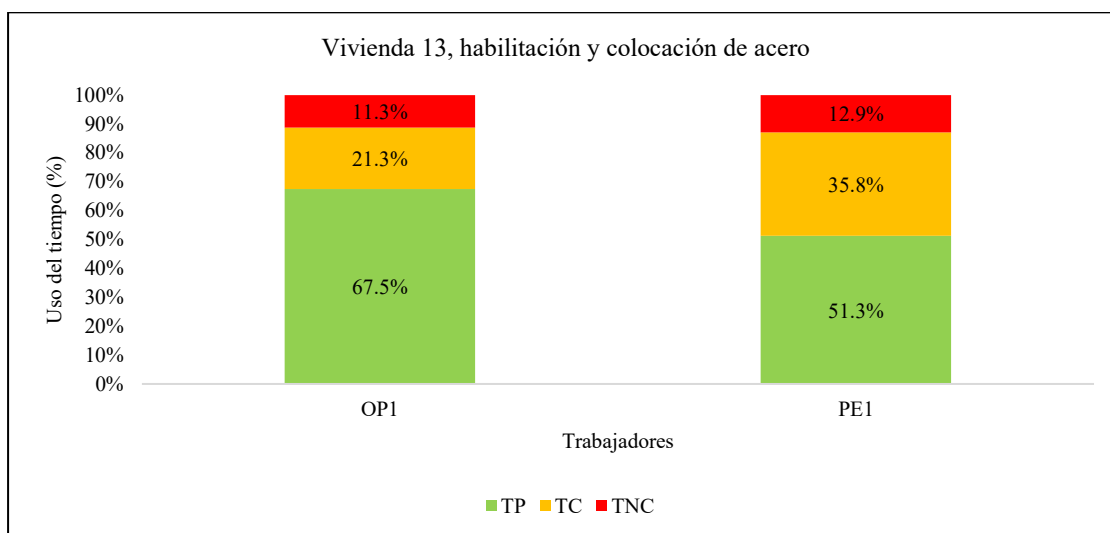
*Vivienda 12, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 12, el operario OP1 alcanza el mayor tiempo productivo (80.8%) y el menor tiempo no contributivo (7.1%), lo que evidencia ejecución concentrada en tareas directas. En contraste, el personal de apoyo presenta distribución más equilibrada entre tiempo productivo y contributivo, con tiempo no contributivo moderado (10.0%–13.8%), asociado a coordinación y preparación de materiales.

**Figura 78**

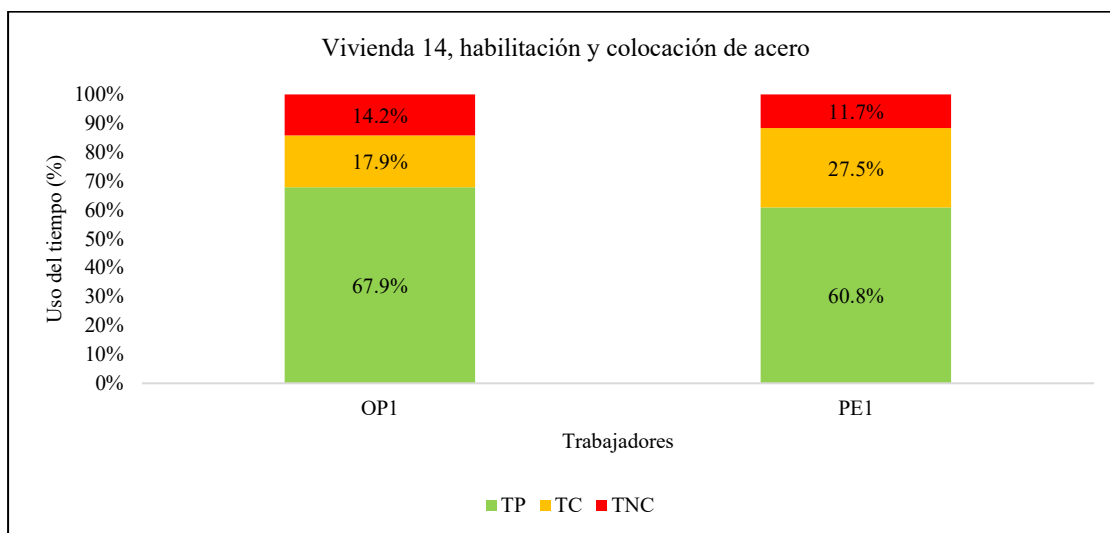
*Vivienda 13, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 13, el OP1 es más eficiente con 67.5% de TP y solo 11.3% de TNC. El personal de apoyo presenta mayor tiempo contributivo (35.8%), relacionado con actividades como transporte, ordenamiento y apoyo al armado, aunque sin incrementos significativos del tiempo improductivo.

**Figura 79**

*Vivienda 14, tiempos de producción en acero de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 14 se evidencia distribución similar entre trabajadores, con predominio del tiempo productivo en OP1 (67.9%) y PE1 (60.8%). El tiempo contributivo es moderado (17.9%–27.5%), mientras que el tiempo no contributivo es bajo en ambos casos, lo que refleja una adecuada organización de la cuadrilla y una secuencia de trabajo continua durante la habilitación y colocación del acero.

**d) Uso de los tiempos de producción en encofrado para cimentaciones.**

En la partida de encofrado, el tiempo productivo (TP) alcanzó promedio de 34.44%, evidenciando que más de un tercio de la jornada se destinó a actividades productivas. El tiempo contributorio (TC) fue el predominante, con promedio de 47.67%, reflejando la alta demanda de actividades de apoyo propias del encofrado, tales como corte y ajuste de madera, replanteo, nivelación, apuntalamiento y verificación de alineamientos. Los valores más altos de TC se registraron en VIV4 (64.03%), VIV6 (57.38%) y VIV13 (55.39%), lo que confirma que la complejidad geométrica y la falta de estandarización del encofrado incrementan el tiempo auxiliar requerido. Por su parte, el tiempo no contributorio (TNC) presentó promedio de 17.89%.

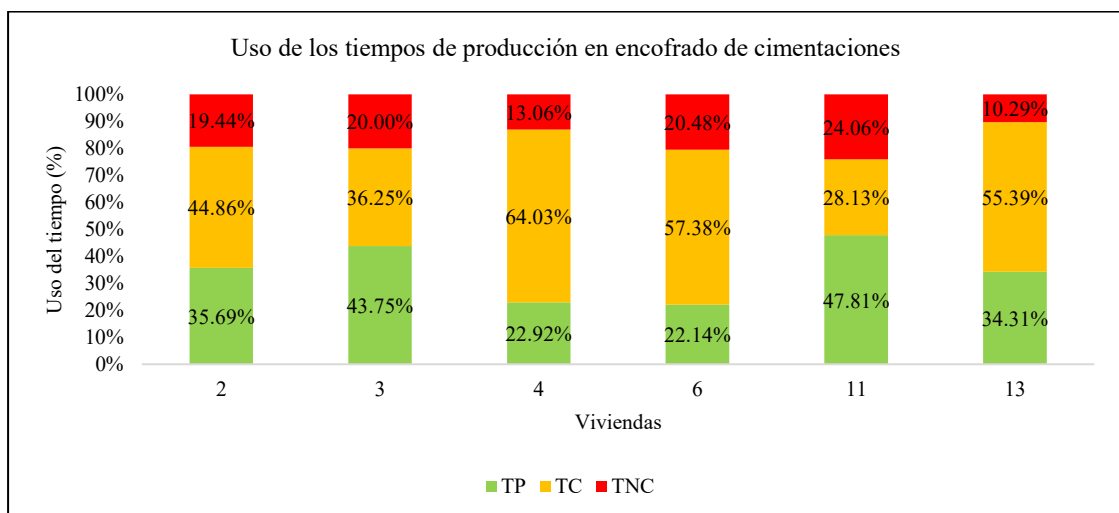
**Tabla 41**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en el encofrado*

Vivienda	TP	TC	TNC
2	35.69%	44.86%	19.44%
3	43.75%	36.25%	20.00%
4	22.92%	64.03%	13.06%
6	22.14%	57.38%	20.48%
11	47.81%	28.13%	24.06%
13	34.31%	55.39%	10.29%
Promedio	34.44%	47.67%	17.89%

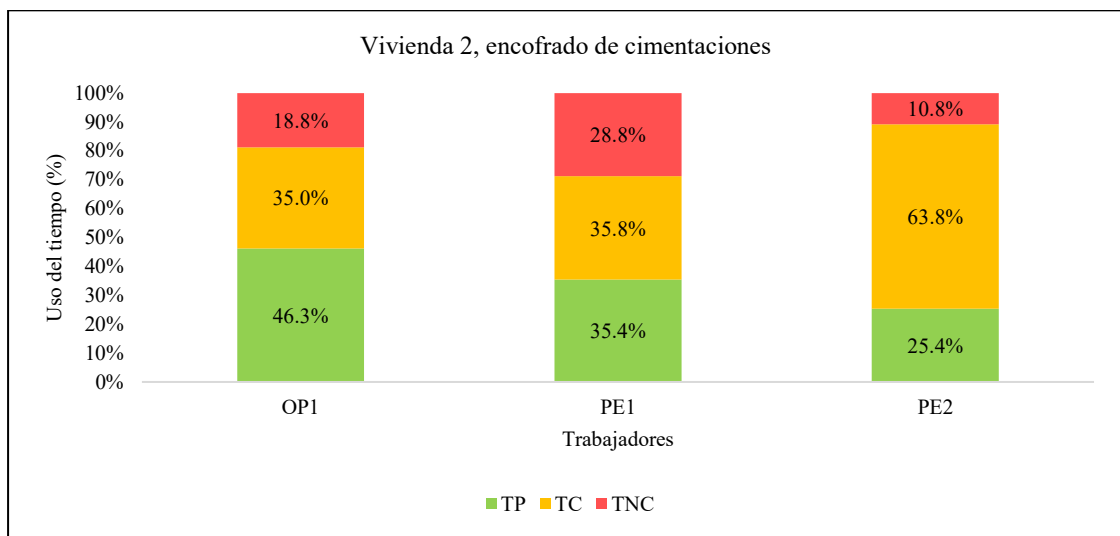
**Figura 80**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en el encofrado*



### Figura 81

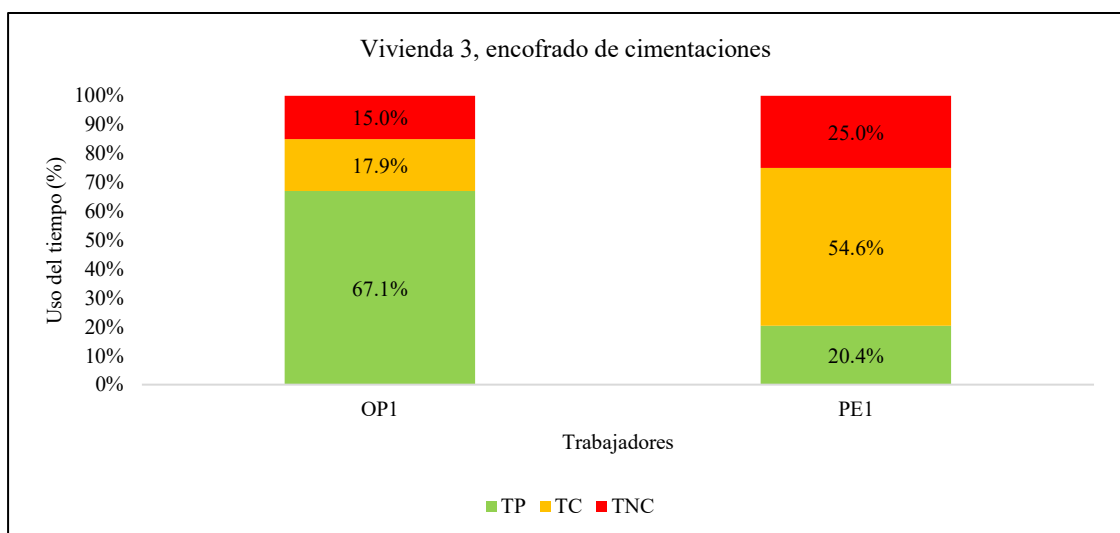
#### Vivienda 2, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones



*Nota.* La figura muestra TC con peso significativo en todos los trabajadores, especialmente en PE2 (63.8%), lo que evidencia mayores tiempos asociados a ajustes, alineación y manipulación de encofrados. El incremento del TNC en PE1 (28.8%) sugiere esperas y reorganización de actividades que reducen la eficiencia global de la cuadrilla.

### Figura 82

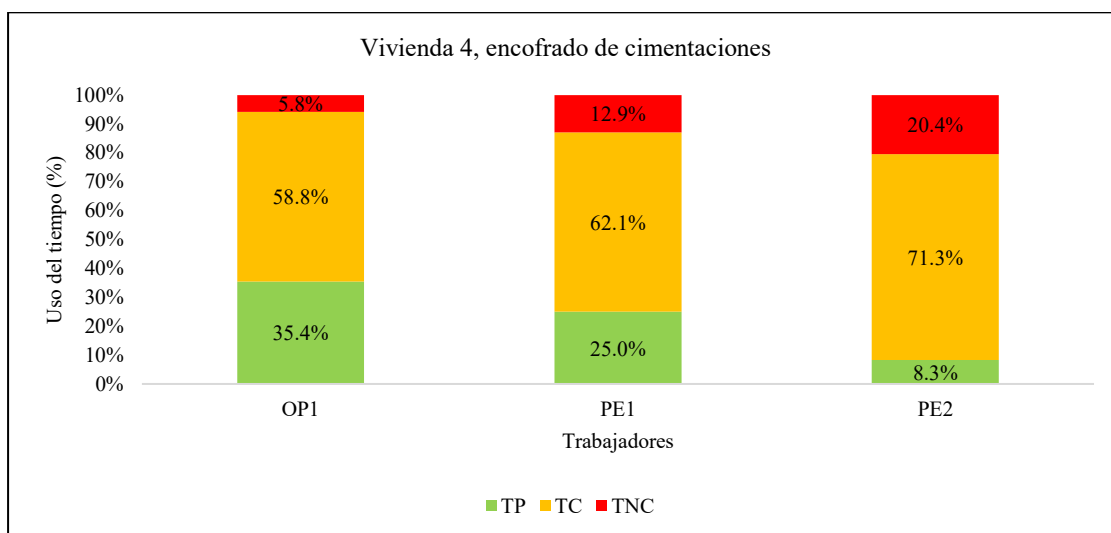
#### Vivienda 3, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones



*Nota.* Se observa marcada diferencia entre trabajadores: OP1 concentra alto tiempo productivo (67.1%), asociado a actividades directas de armado, mientras que PE1 presenta predominio de tiempo contributivo (54.6%) y un TNC elevado (25.0%). El proceso dependió fuertemente del operario.

**Figura 83**

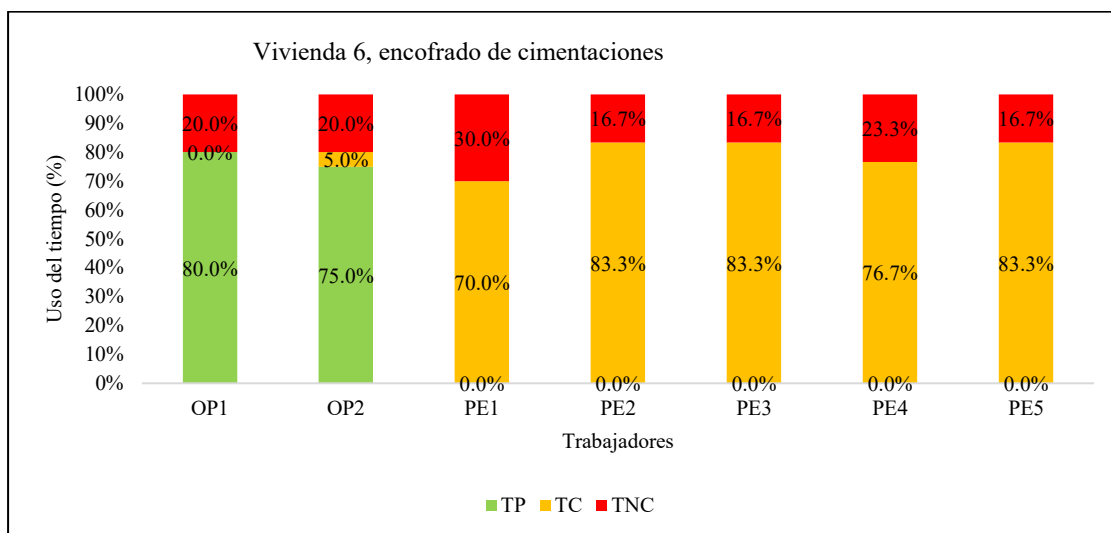
*Vivienda 4, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones*



*Nota.* En esta vivienda predomina el tiempo contributivo en todos los trabajadores, especialmente en PE2 (71.3%), lo que refleja mayor complejidad del encofrado y mayor tiempo dedicado a ajustes y soporte. El tiempo productivo es reducido, principalmente en PE2 (8.3%), evidenciando baja eficiencia operativa.

**Figura 84**

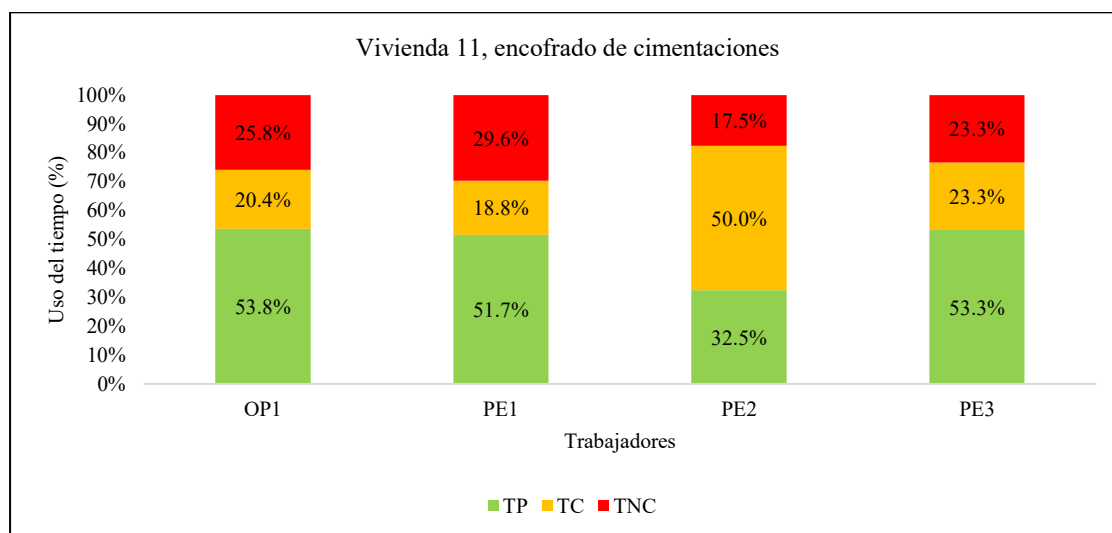
*Vivienda 6, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones*



*Nota.* Los operarios OP1 y OP2 concentran altos tiempos productivos (80.0% y 75.0%), mientras que los peones (PE1 a PE5) presentan prácticamente ausencia de TP y predominio del tiempo contributivo (entre 76.7% y 83.3%). Esto indica que el trabajo estuvo fuertemente centralizado en los operarios, con los peones dedicados principalmente a tareas de apoyo y asistencia.

**Figura 85**

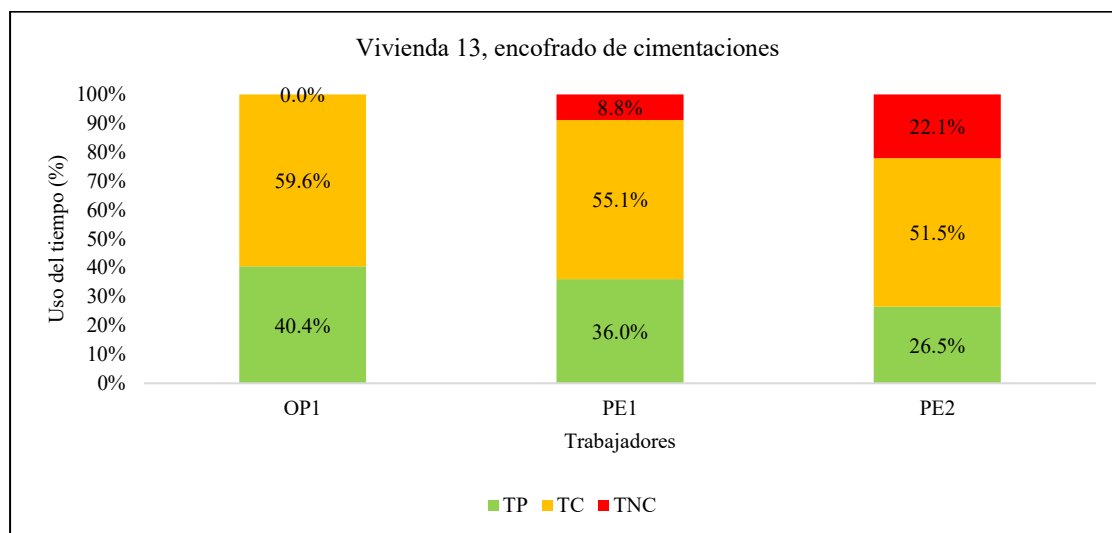
*Vivienda 11, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones*



*Nota.* La distribución de tiempos muestra equilibrio relativo entre TP y TC en OP1 y PE1, con valores de tiempo productivo superiores al 50%. Sin embargo, PE2 presenta incremento del tiempo contributivo (50.0%) y reducción del TP (32.5%), lo que sugiere mayor dedicación a labores auxiliares.

**Figura 86**

*Vivienda 13, tiempos de producción en encofrado de cimentaciones*



*Nota.* En esta vivienda se observa predominio del tiempo contributivo en todos los trabajadores, destacando OP1 (59.6%) y PE1 (55.1%). El tiempo productivo es limitado y decreciente, especialmente en PE2 (26.5%), acompañado de un TNC elevado (22.1%). Esta distribución evidencia menor eficiencia del proceso de encofrado, asociada a frentes reducidos y mayor complejidad operativa.

**e) Uso de los tiempos de producción en la preparación y vaciado de concreto.**

En la partida de preparación y vaciado de concreto, el tiempo productivo (TP) alcanzó un promedio de 25.99%, evidenciando que solo alrededor de una cuarta parte de la jornada se destinó directamente al vaciado efectivo del concreto en los elementos de cimentación. Los mayores valores de TP se registraron en VIV11 (45.21%), VIV3 (32.08%) y VIV10 (31.04%), asociados a zapatas con geometrías regulares, accesibilidad adecuada y una secuencia de vaciado más continua. En contraste, los menores TP se observaron en VIV5 (14.44%) y VIV9 (15.63%), vinculados a mayores tiempos de espera y fragmentación del proceso.

El tiempo contributorio (TC) fue dominante, con un promedio de 58.30%, lo que refleja la alta carga de actividades auxiliares propias de esta partida, tales como preparación de la mezcla, transporte interno del concreto, acomodación dentro del encofrado, nivelación, compactación manual o vibrado y limpieza del área. Los TC más elevados se presentaron en VIV1 (70.05%), VIV5 (69.17%), VIV13 (69.03%) y VIV14 (69.74%), evidenciando que el método de producción en obra con trompo y el uso de canaletas incrementan significativamente el tiempo destinado a labores de apoyo.

Por su parte, el tiempo no contributorio (TNC) alcanzó promedio de 15.71%, con valores más altos en VIV4 (26.07%), VIV8 (24.70%) y VIV9 (21.04%), asociados principalmente a esperas por disponibilidad de mezcla, reorganización de la cuadrilla y ajustes operativos durante el vaciado. En contraste, VIV13 (2.36%) presentó el menor TNC, lo que evidencia una mejor coordinación de recursos y continuidad del proceso.

En conjunto, la preparación y vaciado de concreto es una partida intensiva en tiempo contributorio, donde la eficiencia depende de la logística de producción del concreto, la accesibilidad al frente de trabajo y la continuidad del vaciado, factores que condicionan directamente la proporción de tiempo productivo alcanzable en obra.

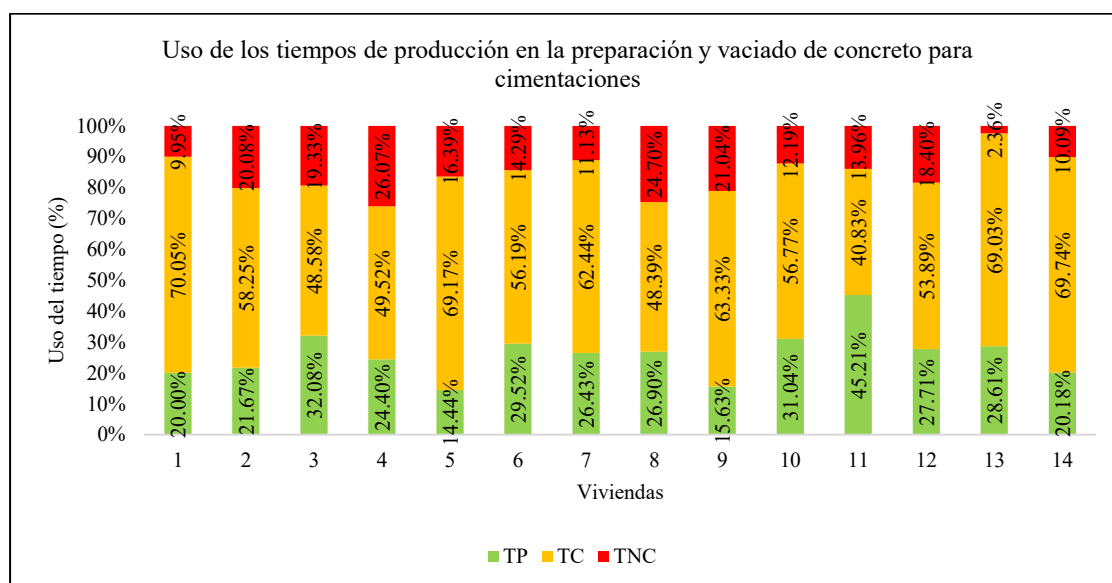
**Tabla 42**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto en cimentaciones*

Vivienda	TP	TC	TNC
1	20.00%	70.05%	9.95%
2	21.67%	58.25%	20.08%
3	32.08%	48.58%	19.33%
4	24.40%	49.52%	26.07%
5	14.44%	69.17%	16.39%
6	29.52%	56.19%	14.29%
7	26.43%	62.44%	11.13%
8	26.90%	48.39%	24.70%
9	15.63%	63.33%	21.04%
10	31.04%	56.77%	12.19%
11	45.21%	40.83%	13.96%
12	27.71%	53.89%	18.40%
13	28.61%	69.03%	2.36%
14	20.18%	69.74%	10.09%
Promedio	25.99%	58.30%	15.71%

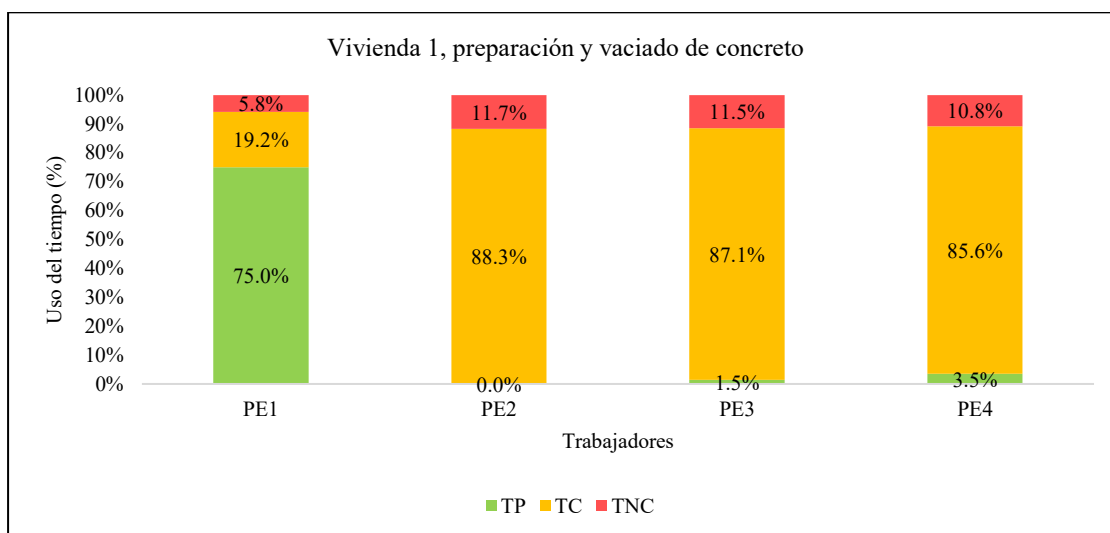
**Figura 87**

*Uso de los tiempos de producción de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto en cimentaciones*



**Figura 88**

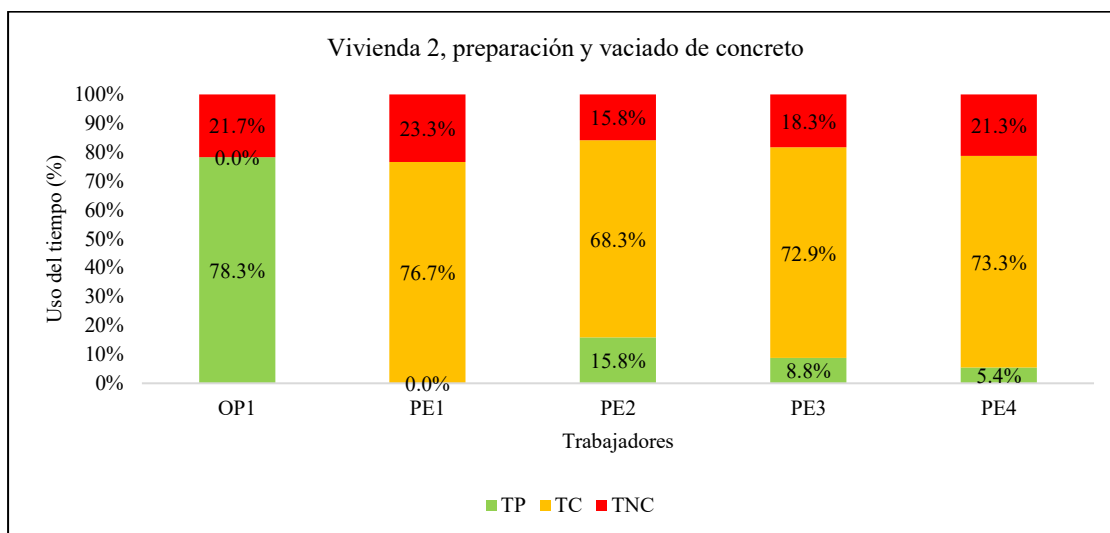
*Vivienda 1, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* La figura muestra predominio del TC en los operarios PE2, PE3 y PE4, con valores superiores al 85%, asociado principalmente a actividades de apoyo, espera y transporte interno durante la preparación y vaciado del concreto. En contraste, el trabajador PE1 concentró mayor tiempo productivo (TP = 75%).

**Figura 89**

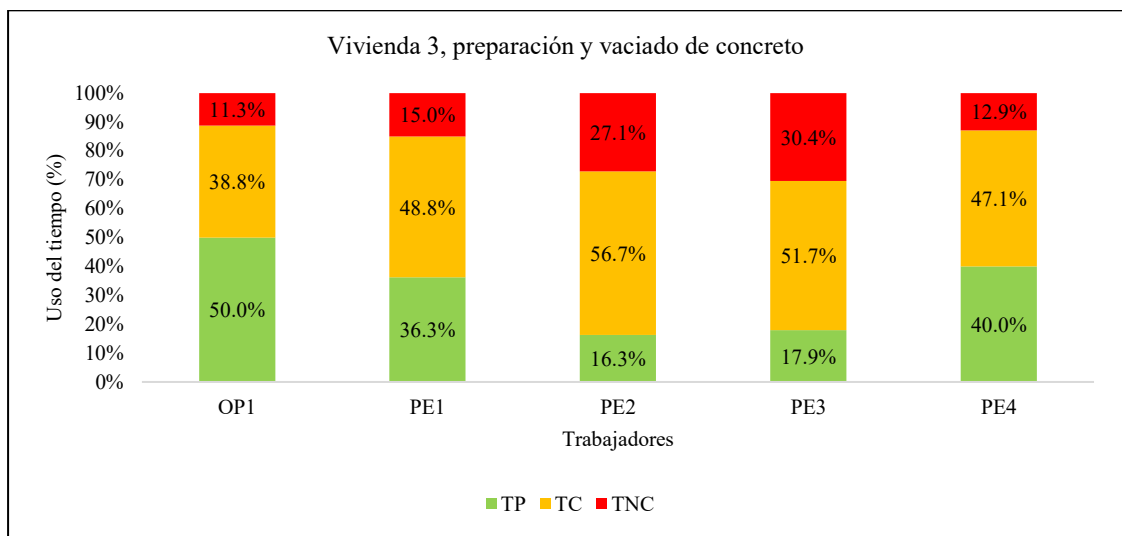
*Vivienda 2, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* Se observa una marcada diferencia entre el operario OP1, que alcanzó un TP elevado (78.3%), y los peones PE1 a PE4, donde predominó el tiempo contributivo (TC entre 68.3% y 76.7%). Esta distribución evidencia una concentración del trabajo productivo en el operario principal y una menor eficiencia operativa del resto de la cuadrilla.

**Figura 90**

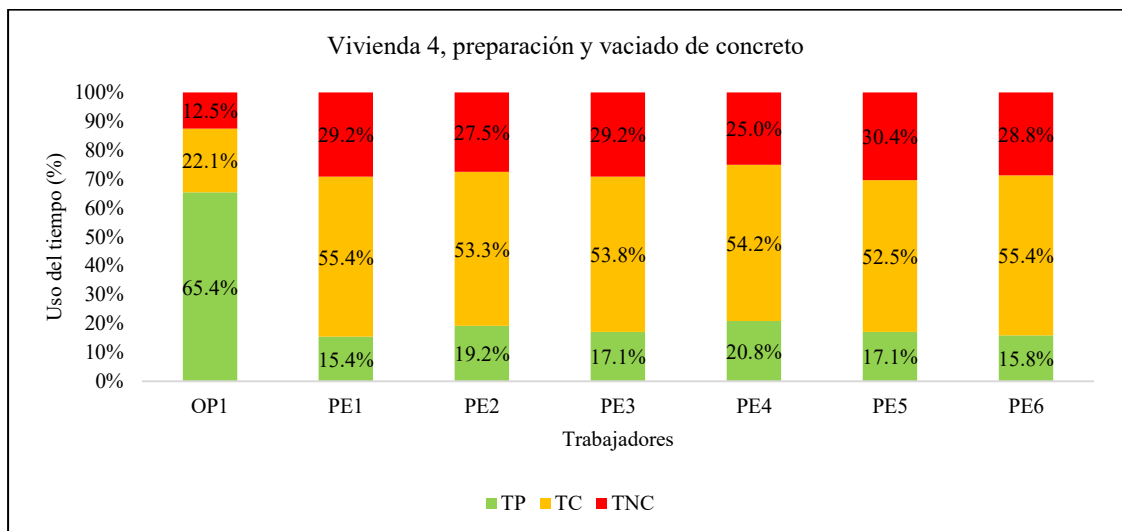
*Vivienda 3, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* La distribución de tiempos es equilibrada; pero, los peones PE2 y PE3 presentan incrementos significativos de TNC superiores a 27%, lo que sugiere interrupciones operativas y tiempos muertos en el proceso de vaciado. El operario OP1 mantiene participación productiva relevante (TP = 50.0%).

**Figura 91**

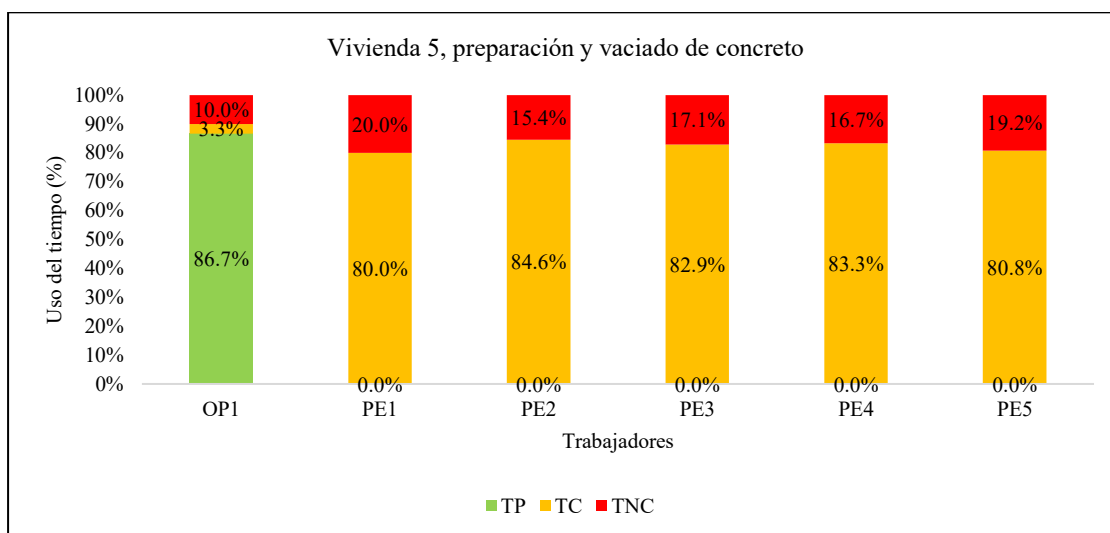
*Vivienda 4, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* Predomina el tiempo contributorio en los peones (TC entre 52.5% y 55.4%), mientras que el operario OP1 registra un TP elevado (65.4%). Los valores relativamente altos de TNC en varios trabajadores indican pérdidas de eficiencia asociadas a esperas y reorganización de actividades.

**Figura 92**

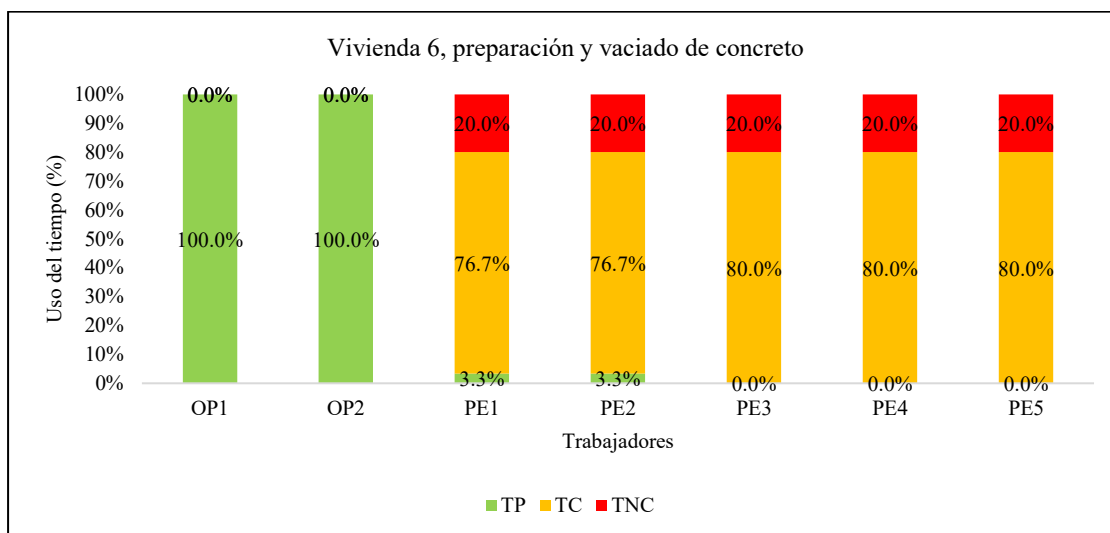
*Vivienda 5, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* El operario OP1 concentra casi la totalidad del tiempo productivo (TP = 86.7%), mientras que los peones presentan TC superiores al 80%, sin participación directa en actividades productivas. Este comportamiento refleja una estructura de trabajo poco balanceada y dependencia del operario principal.

**Figura 93**

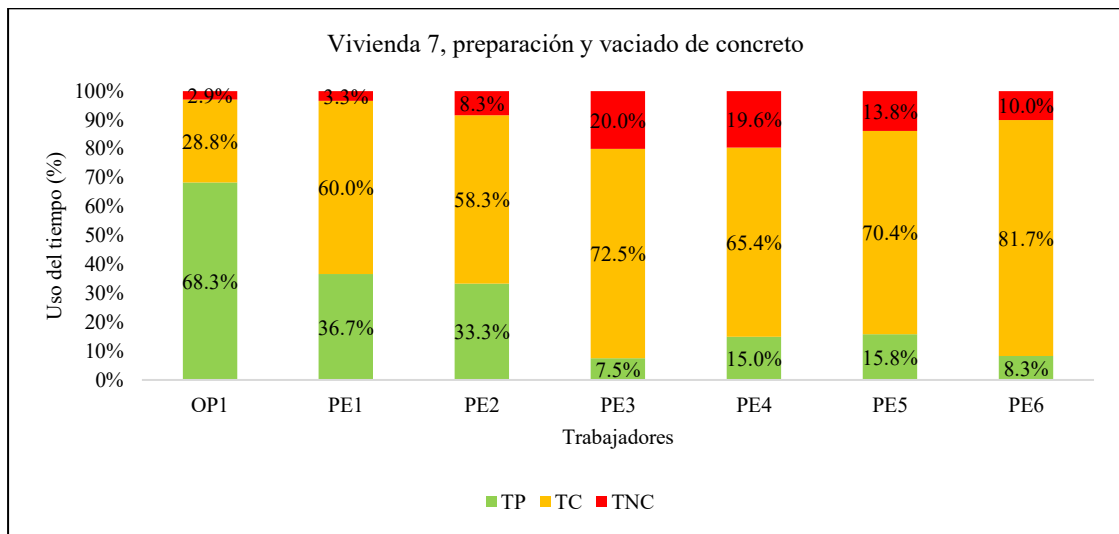
*Vivienda 6, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* Los operarios OP1 y OP2 alcanzaron un TP del 100%, lo que evidencia una ejecución continua y sin interrupciones en sus funciones. En contraste, los peones muestran predominio del tiempo contributorio (TC entre 76.7% y 80.0%) y presencia constante de TNC, asociado a labores auxiliares y tiempos de espera.

**Figura 94**

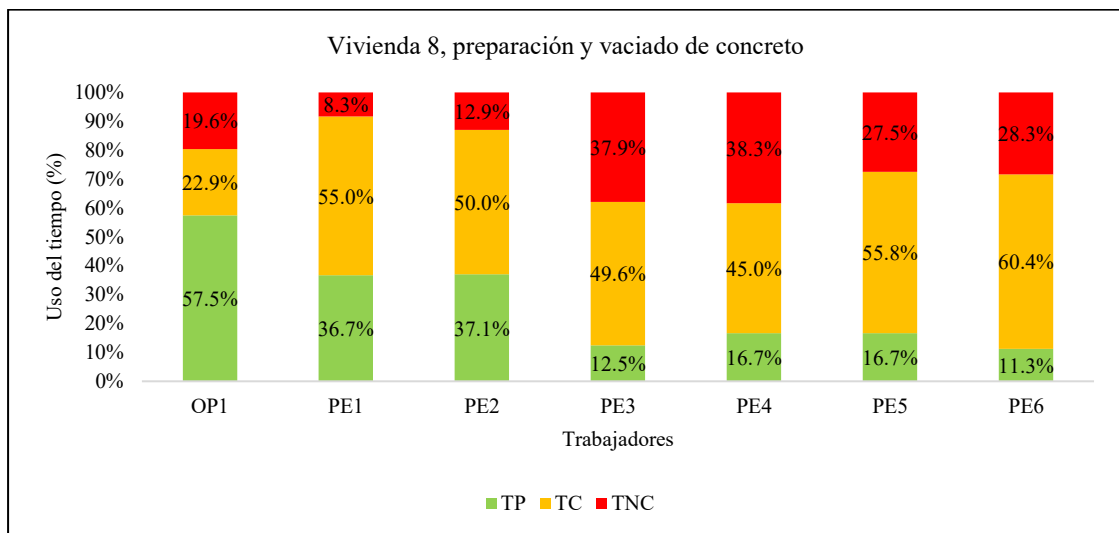
*Vivienda 7, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* El operario OP1 mantiene un alto TP (68.3%), mientras que los peones presentan una combinación de TC elevado (hasta 81.7%) y TNC moderado. Esta distribución indica una participación limitada de los peones en actividades directamente productivas durante el vaciado.

**Figura 95**

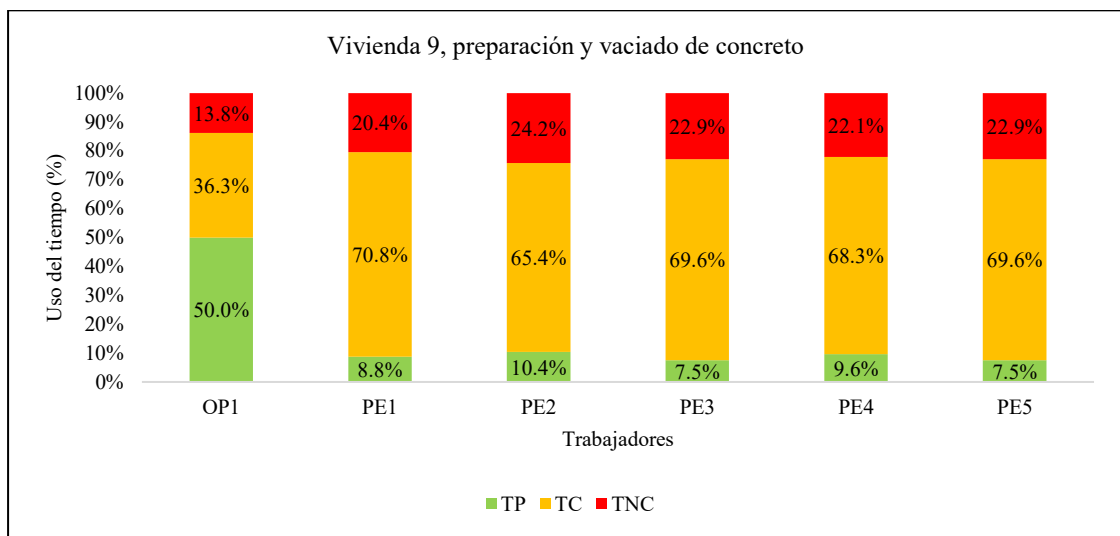
*Vivienda 8, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* Se identifica un incremento significativo del tiempo no contributivo en los peones PE3 y PE4 (hasta 38.3%), acompañado de una reducción del TP. Este patrón sugiere deficiencias en la coordinación de la cuadrilla y mayor presencia de tiempos improductivos.

**Figura 96**

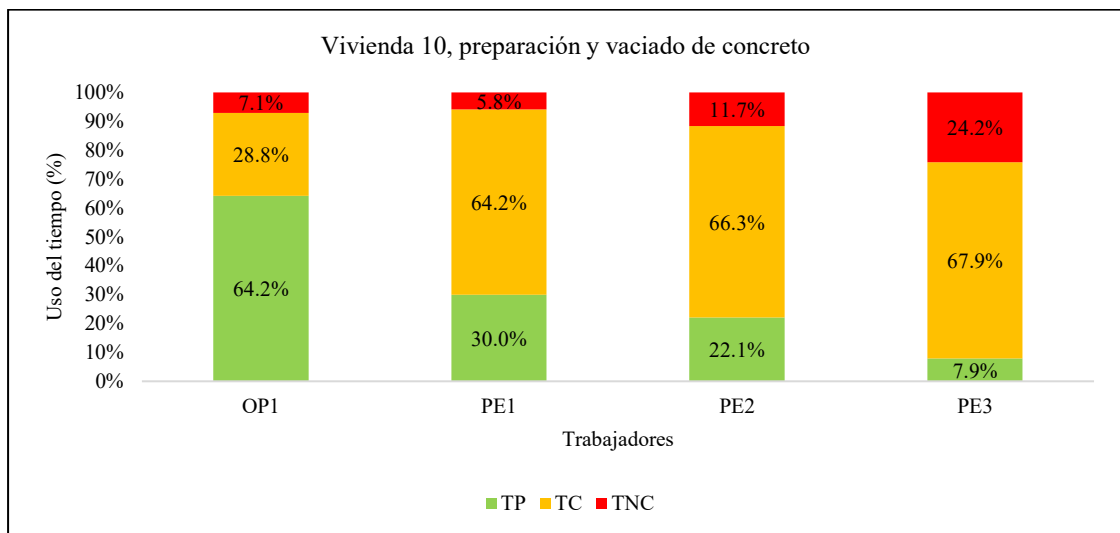
*Vivienda 9, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* Se identifica un incremento significativo del tiempo no contributivo en los peones PE2, PE3 y PE5 (hasta 24.2%), acompañado de una reducción del TP. Este patrón sugiere deficiencias en la coordinación de la cuadrilla y mayor presencia de tiempos improductivos.

**Figura 97**

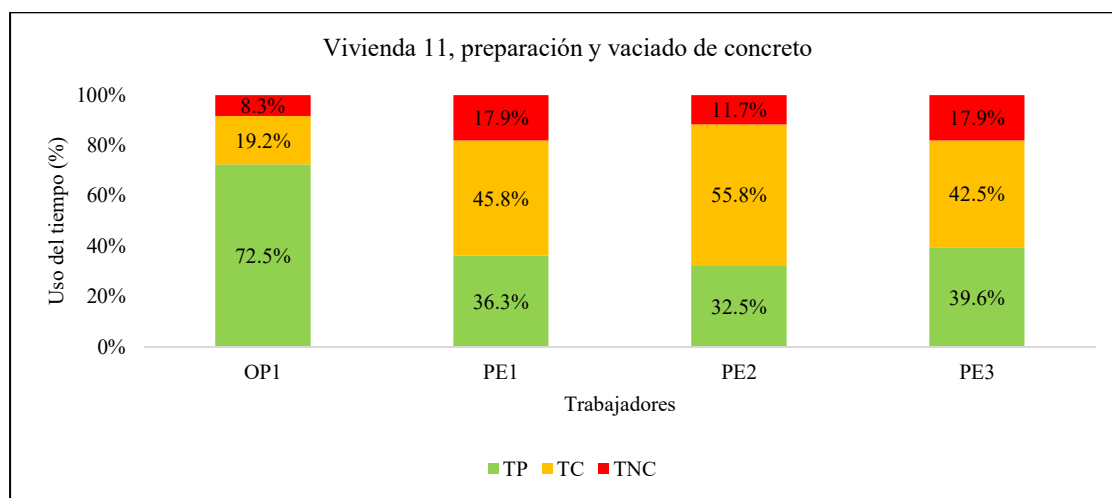
*Vivienda 10, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* El operario OP1 presenta un adecuado balance con predominio del tiempo productivo (64.2%), mientras que los peones muestran altos porcentajes de tiempo contributivo (TC entre 64.2% y 67.9%) y aumento del TNC en PE3. Esto evidencia una menor eficiencia global del equipo auxiliar durante el proceso.

**Figura 98**

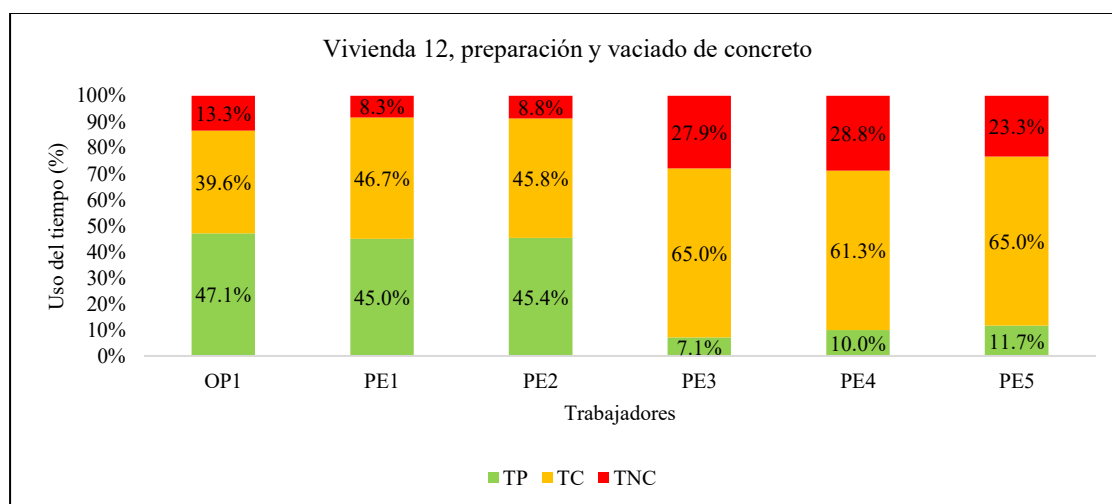
*Vivienda 11, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 11 se observa mayor proporción de TP en el operario OP1 (72.5%), lo que indica ejecución más directa de las actividades principales. En contraste, los peones PE1, PE2 y PE3 concentran mayores porcentajes de TC, asociados a actividades de apoyo como acarreo, preparación de materiales y espera operativa, lo que evidencia una distribución funcional diferenciada dentro de la cuadrilla.

**Figura 99**

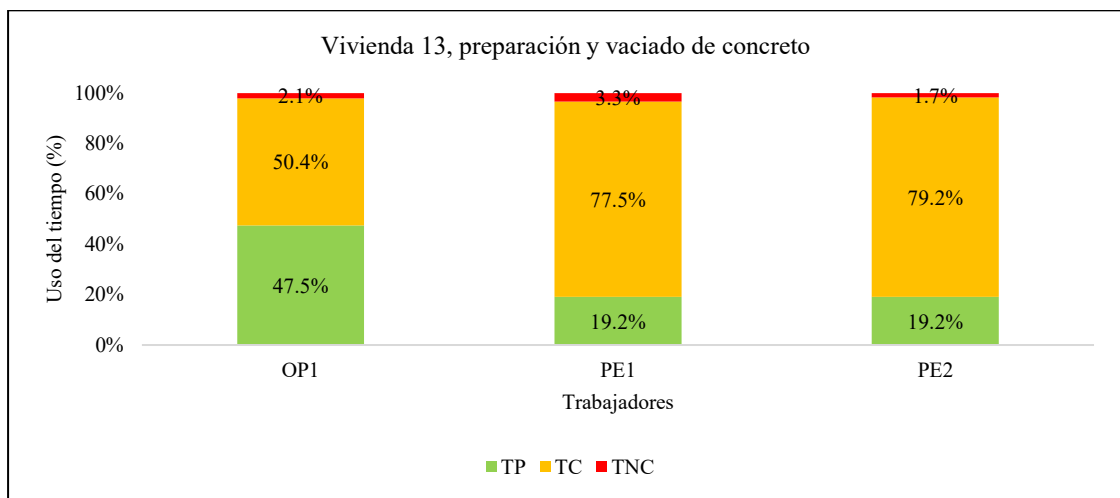
*Vivienda 12, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 12, el uso del tiempo muestra equilibrio relativo entre TP y TC en OP1, PE1 y PE2; sin embargo, en los peones PE3, PE4 y PE5 predomina el tiempo contributivo, superando el 60%. Esto refleja mayor participación en tareas auxiliares y logística del vaciado, así como posibles interrupciones operativas que incrementan el TNC, especialmente en los últimos trabajadores de la cuadrilla.

**Figura 100**

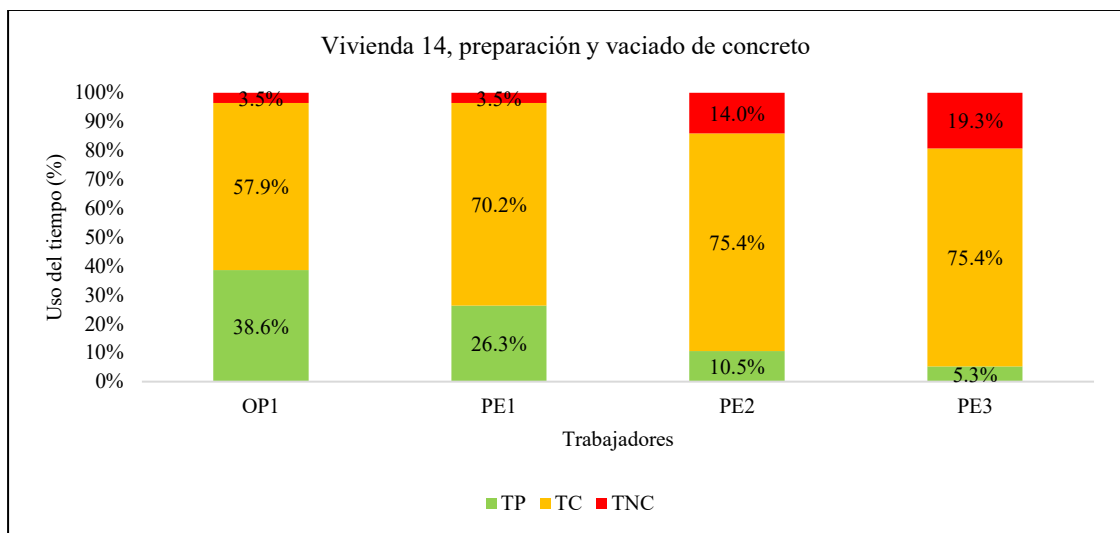
*Vivienda 13, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 13, el operario OP1 presenta una distribución equilibrada entre tiempo productivo y contributivo, mientras que los peones PE1 y PE2 concentran más del 75% del tiempo en actividades contributivas. Esta condición sugiere que el proceso estuvo dominado por labores de apoyo y coordinación, con baja participación directa de los peones en actividades productivas continuas.

**Figura 101**

*Vivienda 14, tiempos de producción en vaciado de concreto de cimentaciones*



*Nota.* En la Vivienda 14 se evidencia predominio del tiempo contributivo en los peones PE1, PE2 y PE3, con valores superiores al 70%, acompañado de un incremento del tiempo no contributivo en PE2 y PE3. El operario OP1 mantiene mayor proporción de TP, lo que indica que la eficiencia del vaciado dependió del operario, mientras que la cuadrilla presentó mayores tiempos de espera y apoyo operativo.

#### ***4.1.4. Relación entre características de la cimentación y rendimiento y productividad de la mano de obra durante su ejecución***

##### **4.1.4.1. Relación entre las características de la cimentación y el rendimiento de la mano de obra durante su ejecución.**

###### **a) Relación entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en excavación de cimentaciones**

El rendimiento de la mano de obra en la partida de excavación está significativamente influenciado por variables geométricas, volumétricas y operativas de la cimentación, confirmando que el rendimiento no depende únicamente del número de trabajadores, sino de las condiciones físicas y constructivas de la excavación.

Se identificó correlación positiva fuerte y estadísticamente significativa entre el rendimiento y el volumen de excavación ( $r = 0.783$ ;  $p < 0.001$ ), así como con el volumen total excavado considerando el factor de esponjamiento ( $r = 0.908$ ;  $p < 0.001$ ). A mayor volumen continuo de excavación, mayor rendimiento, debido a la reducción de tiempos muertos y a una mayor continuidad operativa de la cuadrilla.

De manera consistente, el rendimiento ajustado para comparación con CAPECO presentó correlación positiva fuerte con el volumen total ( $r = 0.836$ ;  $p < 0.001$ ), reforzando que los mejores desempeños se alcanzan cuando la excavación se ejecuta en frentes amplios y repetitivos.

Las dimensiones geométricas de la cimentación también mostraron influencia significativa. El largo ( $r = 0.529$ ;  $p < 0.001$ ), el ancho ( $r = 0.538$ ;  $p < 0.001$ ) y el espesor de la excavación ( $r = 0.598$ ;  $p < 0.001$ ) presentaron correlaciones positivas con el rendimiento, evidenciando que excavaciones de mayor sección transversal permiten mejor aprovechamiento del tiempo productivo, al facilitar el trabajo simultáneo de la cuadrilla y disminuir las interferencias operativas.

En contraste, el aporte total de la cuadrilla (hh) mostró correlación negativa muy fuerte con el rendimiento ( $r = -0.910$ ;  $p < 0.001$ ) y con el rendimiento ajustado ( $r = -0.943$ ;  $p < 0.001$ ). Esto demuestra que incrementar horas-hombre no garantiza mayor rendimiento, sino que, puede reflejar condiciones desfavorables como sobreanchos, entibados, restricciones de espacio o baja organización del frente de trabajo.

Respecto a las condiciones constructivas, la presencia de sobreancho por mala excavación se asoció negativamente con el rendimiento ( $r = -0.348$ ;  $p = 0.028$ ) y con el rendimiento ajustado ( $r = -0.433$ ;  $p = 0.005$ ), confirmando que los errores geométricos incrementan el volumen excavado sin aportar valor productivo.

Asimismo, el método de excavación mostró correlación positiva significativa con el rendimiento ajustado ( $r = 0.672$ ;  $p < 0.001$ ), lo que indica que el uso de métodos mixtos o mejor organizados favorece mayor eficiencia frente a la excavación estrictamente manual, especialmente en excavaciones profundas o de mayor volumen.

En cuanto a las variables laborales, se observó que el número de peones (PE) presenta correlación positiva moderada con el rendimiento ( $r = 0.511$ ;  $p = 0.001$ ), mientras que el aporte del peón se relaciona negativamente con el rendimiento ( $r = -0.662$ ;  $p < 0.001$ ). Esto sugiere que no es la cantidad de personal auxiliar lo que incrementa el rendimiento, sino la adecuada coordinación entre operarios y peones.

Finalmente, variables como el tipo de suelo, el día de evaluación y el factor de esponjamiento no mostraron correlaciones significativas con el rendimiento, su influencia fue secundaria en la excavación.

#### **b) Relación entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en solado de cimentaciones**

En la partida de solado, los resultados muestran que el rendimiento está explicado principalmente por variables de profundidad de desplante, condiciones de

transporte (acarreo) y, en menor medida, por condiciones operativas vinculadas al personal y a la organización del vaciado. La profundidad de desplante presenta correlación positiva fuerte con el rendimiento ( $r = 0.749$ ;  $p = 0.001$ ), lo cual indica que, en el conjunto evaluado, los solados ejecutados a mayor profundidad se asociaron con mejores rendimientos, probablemente por mayor estandarización del frente de trabajo y continuidad de ejecución cuando la excavación ya está lista para el solado.

Asimismo, el acarreo evidencia correlación positiva moderada con el rendimiento ( $r = 0.558$ ;  $p = 0.025$ ), y también con el rendimiento ajustado ( $r = 0.552$ ;  $p = 0.027$ ). Este comportamiento sugiere que, en las viviendas donde el acarreo fue mayor, se aplicaron estrategias de operación (mejor logística, acopio previo o flujo más ordenado) que permitieron mantener el ritmo de colocación del solado, evitando interrupciones y sosteniendo el rendimiento de la cuadrilla. Por otra parte, el tipo de suelo se relaciona de forma positiva moderada con el rendimiento ( $r = 0.538$ ;  $p = 0.032$ ), lo que indica que la condición del terreno influyó en el desempeño del solado.

El número de peones (PE) tiene correlación positiva moderada con el rendimiento ( $r = 0.659$ ;  $p = 0.006$ ), lo cual implica que el incremento del apoyo auxiliar favorece el avance del solado, debido a que esta partida demanda simultaneidad en tareas de acarreo, extendido, nivelación y limpieza del área.

En contraste, el aporte del operario (Aporte\_OP) presenta correlación negativa fuerte con el rendimiento ( $r = -0.833$ ;  $p < 0.001$ ) y con el rendimiento ajustado ( $r = -0.774$ ;  $p < 0.001$ ). Del mismo modo, el aporte total de la cuadrilla se asocia negativamente con el rendimiento ( $r = -0.724$ ;  $p = 0.002$ ), y de manera casi perfecta con el rendimiento ajustado ( $r = -0.999$ ;  $p < 0.001$ ). Esto confirma que, cuando el solado exige mayor consumo de horas-hombre, el rendimiento disminuye. El aporte del

peón (Aporte\_PE) también se relaciona negativamente con el rendimiento ( $r = -0.534$ ;  $p = 0.033$ ) y con el rendimiento ajustado ( $r = -0.668$ ;  $p = 0.005$ ).

Respecto a las condiciones geométricas, el largo se asocia negativamente con el rendimiento ajustado ( $r = -0.554$ ;  $p = 0.026$ ), indicando que solados más extensos longitudinalmente no necesariamente son más eficientes al compararse con CAPECO, debido a que pueden incrementar recorridos internos, ajustes de nivelación o tiempos de distribución del concreto de limpieza.

**c) Relación entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones**

En esta partida, el rendimiento se explica principalmente por variables asociadas a la cantidad de acero colocado (metrado), la configuración de cuadrilla (PE) y el consumo de tiempo-hombre (aporte del operario). El metrado (kg) presenta correlación positiva muy fuerte con el rendimiento ( $r = 0.810$ ;  $p = 0.000$ ), conforme aumentó el metrado ejecutado, el rendimiento medido también se incrementó.

Asimismo, el peón (PE) muestra correlación positiva muy fuerte con el rendimiento ( $r = 0.825$ ;  $p = 0.000$ ). Esto evidencia que, en los frentes donde se contó con mayor apoyo de peonaje, se logró sostener un flujo más continuo de tareas auxiliares (acarreo, enderezado, habilitado, amarre, alcance de varillas), disminuyendo interrupciones al operario y aumentando la productividad del proceso. En esa misma línea, el número de varillas también se asocia positivamente con el rendimiento ( $r = 0.515$ ;  $p = 0.012$ ), lo que confirma que la productividad mejora cuando se ejecutan armados con mayor repetitividad y continuidad operativa.

En contraste, el aporte del operario (Aporte\_OP) presenta correlación negativa fuerte con el rendimiento ( $r = -0.653$ ;  $p = 0.001$ ). Esto indica que, cuando se requirió mayor consumo de tiempo-hombre del operario, el rendimiento disminuyó; es decir,

los escenarios de mayor demanda de esfuerzo del OP no implicaron mayor producción, sino que reflejaron condiciones de menor eficiencia (más ajustes, mayor complejidad de armado, interferencias, esperas, correcciones o desorganización del frente). De manera complementaria, se observa que la forma también se relaciona con el Aporte\_OP ( $r = -0.429$ ;  $p = 0.041$ ), lo cual sugiere que geometrías irregulares tienden a exigir mayor dedicación del operario, afectando indirectamente el rendimiento.

Respecto a variables vinculadas a las características de la cimentación, se identifican asociaciones significativas que describen la complejidad del armado, aunque no siempre impactan directamente sobre el rendimiento final. Por ejemplo, el tipo de cimentación se relaciona fuertemente con la cantidad/longitud de acero ( $r = 0.861$ ;  $p = 0.000$ ) y con el sobrancho de manera negativa ( $r = -0.916$ ;  $p = 0.000$ ). Esto evidencia que el tipo de cimentación condiciona tanto la geometría como la lógica constructiva del armado. Finalmente, el acarreo se asocia negativamente con el rendimiento ajustado ( $r = -0.491$ ;  $p = 0.017$ ), lo cual sugiere que mayores distancias de traslado penalizan el desempeño frente al estándar CAPECO, aunque no necesariamente reduzcan el rendimiento observado sin ajuste.

#### **d) Relación entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en encofrado de cimentaciones**

En los resultados del encofrado, el rendimiento observado se explica principalmente por variables asociadas a la composición de la cuadrilla (PE) y al consumo de tiempo-hombre del operario (Aporte\_OP). El número de peones (PE) muestra correlación positiva alta con el rendimiento ( $r = 0.808$ ;  $p = 0.028$ ), lo cual indica que, conforme aumenta el apoyo de peonaje, el frente de encofrado tiende a sostener un flujo más continuo de actividades auxiliares (acarreo de paneles/madera,

suministro de clavos/herramientas, apuntalamientos, alineamiento y limpieza), reduciendo tiempos de espera del operario y elevando la producción efectiva.

En contraste, el aporte del operario (Aporte\_OP) presenta correlación negativa muy fuerte con el rendimiento ( $r = -0.964$ ;  $p = 0.000$ ). Esto significa que cuando el proceso demanda mayor tiempo-hombre del operario, el rendimiento disminuye; en términos operativos, el incremento del Aporte\_OP no representa mayor producción, sino mayor fricción y complejidad de ejecución (más ajustes, replanteos, correcciones, verificación de plomos/niveles, interferencias, re-trabajos o restricciones del frente), lo que reduce la eficiencia global del encofrado.

Respecto al rendimiento ajustado (comparado con la cuadrilla CAPECO), se identifican dos relaciones significativas. La altura del encofrado (Altura\_encofrado) presenta correlación positiva alta ( $r = 0.849$ ;  $p = 0.016$ ), lo cual sugiere que, mayores alturas de encofrado se asociaron a mejor desempeño relativo frente al estándar; esto suele ser consistente con condiciones donde el encofrado alto se ejecuta con mayor sistematización (apuntalamiento más definido, secuencia más clara y menor improvisación), mejorando la productividad normalizada. Por otro lado, el aporte del peón (Aporte\_PE) muestra correlación negativa alta con el rendimiento ajustado ( $r = -0.893$ ;  $p = 0.007$ ), evidenciando que, cuando aumentan las horas-hombre del peón sin incremento proporcional del metrado ejecutado, el desempeño frente al referente CAPECO se reduce; en la práctica, esto se interpreta como sobredemanda de apoyo auxiliar, que reduce la eficiencia comparativa.

**e) Relación entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones**

En esta partida, el rendimiento se relaciona de manera significativa con variables de geometría/volumen ejecutado, condiciones de ejecución y composición/

uso de mano de obra. El metrado de concreto ( $m^3$ ) presenta correlación positiva moderada con el rendimiento ( $r = 0.554$ ;  $p = 0.005$ ), lo que indica que, conforme aumenta el volumen vaciado por frente, el equipo logra economías de escala operativas, elevando el rendimiento en el proceso.

De forma consistente, el número de peones (PE) muestra correlación positiva muy alta con el rendimiento ( $r = 0.899$ ;  $p = 0.000$ ). Este resultado evidencia que el peonaje cumple un rol determinante en la continuidad del ciclo de vaciado, principalmente en actividades auxiliares (abastecimiento, traslado interno, control de canaletas, apoyo en vibrado y terminación). En términos prácticos, cuando el apoyo de peones es mayor, se reducen los tiempos improductivos del operario y se sostiene un flujo de colocación más estable, lo que se refleja en mayores rendimientos.

Respecto a las condiciones de ejecución, se identifica una relación significativa con la forma (regular/irregular), la cual presenta correlación negativa moderada con el rendimiento ( $r = -0.483$ ;  $p = 0.017$ ). Las configuraciones más irregulares tienden a demandar mayor control de colocación, cambios de dirección del vertido y ajustes de vibrado/terminación, afectando la continuidad del vaciado. Asimismo, el vibrado ( $r = 0.420$ ;  $p = 0.041$ ) muestra correlación positiva moderada, sugiriendo que, en los casos donde se ejecutó vibrado de manera efectiva, el proceso mantuvo mejor continuidad.

Finalmente, en cuanto al rendimiento ajustado (comparado con la cuadrilla CAPECO), la variable determinante es el Aporte\_total, que presenta correlación negativa perfecta ( $r = -1.000$ ;  $p = 0.027$ ). Este resultado indica que el rendimiento frente al estándar CAPECO se reduce directamente cuando aumenta el consumo total de horas-hombre por unidad de producción; en otras palabras, la diferencia se explica por sobreconsumo de mano de obra (más HH para producir el mismo  $m^3$ ).

**Figura 102**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en excavación de cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	Forma	Suelo	Método	Acarreo	Entibado	Cimentación	Condición	Sobrecancho	Largo	Ancho	Altura	Espesor	Día	OP	PE	Partida	Profundidad	Volumen	Factor	Volumen total	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	0.247	-0.353	-0.566	-0.619	0.412	-0.322	-0.322	0.398	-0.559	-0.327	0.288	-0.626	0.065	0.336	-0.383	0.140	0.115	-0.487	-0.151	-0.461	0.049	0.689	0.326	0.487	-0.533	-0.418
Forma	0.247	1.000	-0.131	0.246	-0.516	-0.143	-0.189	-0.189	0.614	-0.017	-0.237	-0.133	-0.178	0.218	0.535	-0.319	0.117	0.209	0.076	-0.632	-0.102	0.308	0.497	0.076	0.217	-0.246	-0.200
Suelo	-0.353	-0.131	1.000	0.000	0.296	-0.207	0.097	0.097	-0.179	0.184	0.133	-0.269	0.120	0.099	0.425	-0.217	0.116	-0.189	0.030	0.251	0.153	0.187	0.102	-0.322	-0.150	0.143	0.098
Método	-0.566	0.246	0.000	1.000	0.077	-0.360	0.350	0.350	-0.137	0.723	0.511	-0.097	0.607	-0.089	-0.142	0.028	-0.389	-0.002	0.642	-0.319	0.487	0.285	-0.379	-0.485	-0.598	0.446	0.672
Acarreo	-0.619	-0.516	0.296	0.077	1.000	-0.483	0.427	0.427	-0.656	0.235	-0.018	0.036	0.329	-0.124	-0.206	0.227	-0.250	-0.156	0.029	0.281	0.064	-0.323	-0.352	-0.085	-0.138	0.227	0.066
Entibado	0.412	-0.143	-0.207	-0.360	-0.483	1.000	-0.756	-0.756	0.614	-0.524	0.055	0.455	-0.506	0.137	-0.428	0.236	0.630	0.299	-0.306	0.434	-0.332	-0.044	-0.043	0.523	0.352	-0.351	-0.355
Cimentación	-0.322	-0.189	0.097	0.350	0.427	-0.756	1.000	1.000	-0.812	0.576	0.048	-0.376	0.575	-0.285	0.177	-0.318	-0.862	-0.498	0.090	-0.253	0.109	-0.045	-0.055	-0.348	-0.253	0.147	0.378
Condición	-0.322	-0.189	0.097	0.350	0.427	-0.756	1.000	1.000	-0.812	0.576	0.048	-0.376	0.575	-0.285	0.177	-0.318	-0.862	-0.498	0.090	-0.253	0.109	-0.045	-0.055	-0.348	-0.253	0.147	0.378
Sobrecancho	0.398	0.614	-0.179	-0.137	-0.656	0.614	-0.812	-0.812	1.000	-0.493	-0.180	0.330	-0.594	0.330	0.079	0.000	0.670	0.471	-0.136	-0.064	-0.231	0.193	0.270	0.353	0.326	-0.348	-0.433
Largo	-0.559	-0.017	0.184	0.723	0.235	-0.524	0.576	0.576	-0.493	1.000	0.746	-0.475	0.845	-0.201	-0.098	0.005	-0.483	-0.083	0.729	-0.135	0.552	0.266	-0.432	-0.527	-0.627	0.529	0.745
Ancho	-0.327	-0.237	0.133	0.511	-0.018	0.055	0.048	0.048	-0.180	0.746	1.000	-0.140	0.634	-0.141	-0.345	0.147	-0.116	0.075	0.721	0.209	0.587	0.334	-0.521	-0.492	-0.660	0.538	0.727
Altura	0.288	-0.133	-0.269	-0.097	0.036	0.455	-0.376	-0.376	0.330	-0.475	-0.140	1.000	-0.605	0.123	-0.323	0.115	0.272	0.562	-0.319	0.359	-0.356	-0.027	0.077	0.315	0.184	-0.313	-0.278
Espesor	-0.626	-0.178	0.120	0.607	0.329	-0.506	0.575	0.575	-0.594	0.845	0.634	-0.605	1.000	-0.215	-0.187	0.189	-0.531	-0.241	0.621	0.068	0.550	0.040	-0.531	-0.456	-0.586	0.598	0.696
Día	0.065	0.218	0.099	-0.089	-0.124	0.137	-0.285	-0.285	0.330	-0.201	-0.141	0.123	-0.215	1.000	0.130	0.087	0.422	0.310	-0.207	0.018	-0.095	-0.107	0.134	0.195	0.148	-0.085	-0.210
OP	0.336	0.535	0.425	-0.142	-0.206	-0.428	0.177	0.177	0.079	-0.098	-0.345	-0.323	-0.187	0.130	1.000	-0.765	-0.174	-0.307	-0.218	-0.498	-0.126	0.331	0.830	-0.252	0.195	-0.270	-0.189
PE	-0.383	-0.319	-0.217	0.028	0.227	0.236	-0.318	-0.318	0.000	0.005	0.147	0.115	0.189	0.087	-0.765	1.000	0.464	0.534	0.297	0.518	0.322	-0.382	-0.774	0.249	-0.227	0.511	0.170
Partida	0.140	0.117	0.116	-0.389	-0.250	0.630	-0.862	-0.862	0.670	-0.483	-0.116	0.272	-0.531	0.422	-0.174	0.464	1.000	0.602	-0.093	0.323	-0.040	0.011	-0.058	0.438	0.246	-0.053	-0.370
Profundidad	0.115	0.209	-0.189	-0.002	-0.156	0.299	-0.498	-0.498	0.471	-0.083	0.075	0.562	-0.241	0.310	-0.307	0.534	0.602	1.000	0.205	0.324	0.142	0.006	-0.216	0.302	-0.096	0.198	0.005
Volumen	-0.487	0.076	0.030	0.642	0.029	-0.306	0.090	0.090	-0.136	0.729	0.721	-0.319	0.621	-0.207	-0.218	0.297	-0.093	0.205	1.000	-0.095	0.848	0.466	-0.550	-0.612	-0.800	0.783	0.796
Factor	-0.151	-0.632	0.251	-0.319	0.281	0.434	-0.253	-0.253	-0.064	-0.135	0.209	0.359	0.068	0.018	-0.498	0.518	0.323	0.324	-0.095	1.000	-0.008	-0.309	-0.442	0.251	-0.055	0.163	-0.028
Volumen_total	-0.461	-0.102	0.153	0.487	0.064	-0.332	0.109	0.109	-0.231	0.552	0.587	-0.356	0.550	-0.095	-0.126	0.322	-0.040	0.142	0.848	-0.008	1.000	0.434	-0.537	-0.720	-0.888	0.908	0.836
Horas	0.049	0.308	0.187	0.285	-0.323	-0.044	-0.045	-0.045	0.193	0.266	0.334	-0.027	0.040	-0.107	0.331	-0.382	0.011	0.006	0.466	-0.309	0.434	1.000	0.184	-0.377	-0.293	0.118	0.309
Aporte_OP	0.689	0.497	0.102	-0.379	-0.352	-0.043	-0.055	-0.055	0.270	-0.432	-0.521	0.077	-0.531	0.134	0.830	-0.774	-0.058	-0.216	-0.550	-0.442	-0.537	0.184	1.000	0.163	0.590	-0.674	-0.538
Aporte_PE	0.326	0.076	-0.322	-0.480	-0.085	0.523	-0.348	-0.348	0.353	-0.527	-0.492	0.315	-0.456	0.195	-0.252	0.249	0.438	0.302	-0.612	0.251	-0.720	-0.377	0.163	1.000	0.831	-0.662	-0.776
Aporte_total	0.487	0.217	-0.150	-0.598	-0.138	0.352	-0.253	-0.253	0.326	-0.627	-0.660	0.184	-0.586	0.148	0.195	-0.227	0.246	-0.096	-0.800	-0.055	-0.888	-0.293	0.590	0.831	1.000	-0.910	-0.943
Rendimiento	-0.533	-0.246	0.143	0.446	0.227	-0.351	0.147	0.147	-0.348	0.529	0.538	-0.313	0.598	-0.085	-0.270	0.511	-0.053	0.198	0.783	0.163	0.908	0.118	-0.674	-0.662	-0.910	1.000	0.853
Rendimiento ajustado	-0.418	-0.200	0.098	0.672	0.066	-0.355	0.378	0.378	-0.433	0.745	0.727	-0.278	0.696	-0.210	-0.189	0.170	-0.370	0.005	0.796	-0.028	0.836	0.309	-0.538	-0.776	-0.943	0.853	1.000

**Figura 103**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en excavación de cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	Forma	Suelo	Método	Acarreo	Entibado	Cimentación	Condición	Sobreancho	Largo	Ancho	Altura	Espesor	Día	OP	PE	Partida	Profundidad	Volumen	Factor	Volumen total	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.124	0.025	0.000	0.000	0.008	0.043	0.043	0.011	0.000	0.039	0.099	0.000	0.691	0.034	0.015	0.388	0.479	0.001	0.353	0.003	0.762	0.000	0.040	0.001	0.000	0.007
Forma	0.124		0.421	0.126	0.001	0.379	0.243	0.243	0.000	0.918	0.142	0.452	0.271	0.177	0.000	0.045	0.473	0.196	0.643	0.000	0.532	0.053	0.001	0.643	0.179	0.125	0.215
Suelo	0.025	0.421		1.000	0.064	0.201	0.552	0.552	0.270	0.257	0.412	0.125	0.461	0.543	0.006	0.178	0.478	0.243	0.855	0.118	0.346	0.247	0.530	0.043	0.354	0.379	0.548
Método	0.000	0.126	1.000		0.636	0.023	0.027	0.027	0.398	0.000	0.001	0.585	0.000	0.586	0.383	0.866	0.013	0.989	0.000	0.045	0.001	0.074	0.016	0.001	0.000	0.004	0.000
Acarreo	0.000	0.001	0.064	0.636		0.002	0.006	0.006	0.000	0.145	0.910	0.842	0.038	0.446	0.203	0.159	0.120	0.337	0.860	0.079	0.695	0.042	0.026	0.600	0.395	0.158	0.686
Entibado	0.008	0.379	0.201	0.023	0.002		0.000	0.000	0.000	0.001	0.737	0.007	0.001	0.398	0.006	0.143	0.000	0.061	0.055	0.005	0.036	0.785	0.792	0.001	0.026	0.026	0.025
Cimentación	0.043	0.243	0.552	0.027	0.006	0.000			0.000	0.000	0.768	0.028	0.000	0.074	0.275	0.046	0.000	0.001	0.582	0.114	0.505	0.782	0.737	0.028	0.116	0.367	0.016
Condición	0.043	0.243	0.552	0.027	0.006	0.000			0.000	0.000	0.768	0.028	0.000	0.074	0.275	0.046	0.000	0.001	0.582	0.114	0.505	0.782	0.737	0.028	0.116	0.367	0.016
Sobreancho	0.011	0.000	0.270	0.398	0.000	0.000	0.000	0.000		0.001	0.266	0.056	0.000	0.037	0.627	1.000	0.000	0.002	0.402	0.696	0.151	0.234	0.092	0.025	0.040	0.028	0.005
Largo	0.000	0.918	0.257	0.000	0.145	0.001	0.000	0.000	0.001		0.000	0.005	0.000	0.213	0.547	0.978	0.002	0.610	0.000	0.406	0.000	0.097	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
Ancho	0.039	0.142	0.412	0.001	0.910	0.737	0.768	0.768	0.266	0.000		0.430	0.000	0.387	0.029	0.364	0.477	0.645	0.000	0.196	0.000	0.035	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Altura	0.099	0.452	0.125	0.585	0.842	0.007	0.028	0.028	0.056	0.005	0.430		0.000	0.487	0.062	0.517	0.119	0.001	0.066	0.037	0.039	0.881	0.664	0.069	0.297	0.071	0.111
Espesor	0.000	0.271	0.461	0.000	0.038	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.183	0.249	0.242	0.000	0.134	0.000	0.676	0.000	0.807	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
Día	0.691	0.177	0.543	0.586	0.446	0.398	0.074	0.074	0.037	0.213	0.387	0.487	0.183		0.424	0.592	0.007	0.052	0.199	0.913	0.558	0.511	0.408	0.227	0.363	0.600	0.193
OP	0.034	0.000	0.006	0.383	0.203	0.006	0.275	0.275	0.627	0.547	0.029	0.062	0.249	0.424		0.000	0.284	0.054	0.176	0.001	0.439	0.037	0.000	0.117	0.228	0.092	0.243
PE	0.015	0.045	0.178	0.866	0.159	0.143	0.046	0.046	1.000	0.978	0.364	0.517	0.242	0.592	0.000		0.003	0.000	0.063	0.001	0.043	0.015	0.000	0.122	0.160	0.001	0.294
Partida	0.388	0.473	0.478	0.013	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.477	0.119	0.000	0.007	0.284	0.003		0.000	0.568	0.042	0.806	0.948	0.723	0.005	0.126	0.748	0.019
Profundidad	0.479	0.196	0.243	0.989	0.337	0.061	0.001	0.001	0.002	0.610	0.645	0.001	0.134	0.052	0.054	0.000	0.000		0.204	0.041	0.382	0.972	0.181	0.058	0.555	0.222	0.974
Volumen	0.001	0.643	0.855	0.000	0.860	0.055	0.582	0.582	0.402	0.000	0.000	0.066	0.000	0.199	0.176	0.063	0.568	0.204		0.561	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Factor	0.353	0.000	0.118	0.045	0.079	0.005	0.114	0.114	0.696	0.406	0.196	0.037	0.676	0.913	0.001	0.001	0.042	0.041	0.561		0.963	0.052	0.004	0.118	0.737	0.315	0.864
Volumen_total	0.003	0.532	0.346	0.001	0.695	0.036	0.505	0.505	0.151	0.000	0.000	0.039	0.000	0.558	0.439	0.043	0.806	0.382	0.000	0.963		0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Horas	0.762	0.053	0.247	0.074	0.042	0.785	0.782	0.782	0.234	0.097	0.035	0.881	0.807	0.511	0.037	0.015	0.948	0.972	0.002	0.052	0.005		0.256	0.017	0.067	0.469	0.052
Aporte_OP	0.000	0.001	0.530	0.016	0.026	0.792	0.737	0.737	0.092	0.005	0.001	0.664	0.000	0.408	0.000	0.000	0.723	0.181	0.000	0.004	0.000	0.256		0.314	0.000	0.000	0.000
Aporte_PE	0.040	0.643	0.043	0.001	0.600	0.001	0.028	0.028	0.025	0.000	0.001	0.069	0.003	0.227	0.117	0.122	0.005	0.058	0.000	0.118	0.000	0.017	0.314		0.000	0.000	0.000
Aporte_total	0.001	0.179	0.354	0.000	0.395	0.026	0.116	0.116	0.040	0.000	0.000	0.297	0.000	0.363	0.228	0.160	0.126	0.555	0.000	0.737	0.000	0.067	0.000	0.000		0.000	0.000
Rendimiento	0.000	0.125	0.379	0.004	0.158	0.026	0.367	0.367	0.028	0.000	0.000	0.071	0.000	0.600	0.092	0.001	0.748	0.222	0.000	0.315	0.000	0.469	0.000	0.000	0.000		0.000
Rendimiento ajustado	0.007	0.215	0.548	0.000	0.686	0.025	0.016	0.016	0.005	0.000	0.000	0.111	0.000	0.193	0.243	0.294	0.019	0.974	0.000	0.864	0.000	0.052	0.000	0.000	0.000		0.000

**Figura 104**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en solado de cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	Forma	Suelo	Desplante	Acarreo	Entibado	Cimentación	Condición	Sobrancho	Colocación	Vibrado	Secuencia	OP	PE	Largo	Ancho	Alto	Espesor solado	Metrado	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	-0.127	0.523	0.361	0.034	-0.085	-0.375	-0.375	0.375	-0.637	0.167	-0.245	0.167	0.077	-0.416	0.755	0.690	-0.702	0.364	-0.066	-0.139	-0.624	-0.163	0.313	0.159
Forma	-0.127	1.000	-0.358	-0.129	-0.674	0.149	-0.509	-0.509	0.509	-0.333	-0.655	-0.380	-0.655	0.000	-0.142	0.016	-0.080	0.000	-0.345	-0.226	-0.141	0.692	0.330	-0.220	-0.345
Suelo	0.523	-0.358	1.000	0.840	0.723	0.244	-0.223	-0.223	0.223	-0.546	0.358	-0.316	0.358	0.265	-0.311	0.594	0.812	-0.794	0.188	-0.351	-0.404	-0.575	-0.283	0.538	0.283
Desplante	0.361	-0.129	0.840	1.000	0.561	0.374	-0.210	-0.210	0.210	-0.386	0.547	-0.028	0.547	0.718	-0.143	0.541	0.612	-0.591	0.325	-0.368	-0.545	-0.299	-0.242	0.749	0.246
Acarreo	0.034	-0.674	0.723	0.561	1.000	0.373	0.154	0.154	-0.154	0.128	0.420	0.038	0.420	0.156	-0.140	-0.020	0.486	-0.354	0.157	-0.274	-0.428	-0.641	-0.544	0.558	0.552
Entibado	-0.085	0.149	0.244	0.374	0.373	1.000	0.228	0.228	-0.228	0.149	-0.098	0.123	-0.098	0.375	0.141	-0.377	0.430	0.000	0.252	-0.144	-0.309	-0.028	0.028	0.309	-0.028
Cimentación	-0.375	-0.509	-0.223	-0.210	0.154	0.228	1.000	1.000	-1.000	0.655	0.333	0.632	0.333	0.117	0.689	-0.538	-0.392	0.713	0.342	0.578	0.617	0.041	0.384	-0.287	-0.370
Condición	-0.375	-0.509	-0.223	-0.210	0.154	0.228	1.000	1.000	-1.000	0.655	0.333	0.632	0.333	0.117	0.689	-0.538	-0.392	0.713	0.342	0.578	0.617	0.041	0.384	-0.287	-0.370
Sobrancho	0.375	0.509	0.223	0.210	-0.154	-0.228	-1.000	-1.000	1.000	-0.655	-0.333	-0.632	-0.333	-0.117	-0.689	0.538	0.392	-0.713	-0.342	-0.578	-0.617	-0.041	-0.384	0.287	0.370
Colocación	-0.637	-0.333	-0.546	-0.386	0.128	0.149	0.655	0.655	-0.655	1.000	0.218	0.690	0.218	0.076	0.379	-0.779	-0.641	0.816	0.125	0.275	0.126	0.063	-0.173	0.000	0.188
Vibrado	0.167	-0.655	0.358	0.547	0.420	-0.098	0.333	0.333	-0.333	0.218	1.000	0.632	1.000	0.699	0.289	0.255	0.000	0.000	0.575	0.148	-0.082	-0.371	-0.226	0.575	0.246
Secuencia	-0.245	-0.380	-0.316	-0.028	0.038	0.123	0.632	0.632	-0.632	0.690	0.632	1.000	0.632	0.539	0.675	-0.417	-0.395	0.592	0.500	0.363	0.161	0.002	0.024	0.204	-0.016
OP	0.167	-0.655	0.358	0.547	0.420	-0.098	0.333	0.333	-0.333	0.218	1.000	0.632	1.000	0.699	0.289	0.255	0.000	0.000	0.575	0.148	-0.082	-0.371	-0.226	0.575	0.246
PE	0.077	0.000	0.265	0.718	0.156	0.375	0.117	0.117	-0.117	0.076	0.699	0.539	0.699	1.000	0.303	0.179	0.105	0.000	0.544	-0.043	-0.324	0.050	-0.021	0.659	0.034
Largo	-0.416	-0.142	-0.311	-0.143	-0.140	0.141	0.689	0.689	-0.689	0.379	0.289	0.675	0.289	0.303	1.000	-0.464	-0.364	0.580	0.298	0.542	0.492	0.380	0.560	-0.263	-0.554
Ancho	0.755	0.016	0.594	0.541	-0.020	-0.377	-0.538	-0.538	0.538	-0.779	0.255	-0.417	0.255	0.179	-0.464	1.000	0.445	-0.715	0.092	-0.216	-0.167	-0.299	-0.095	0.284	0.090
Alto	0.690	-0.080	0.812	0.612	0.486	0.430	-0.392	-0.392	0.392	-0.641	0.000	-0.395	0.000	0.105	-0.364	0.445	1.000	-0.864	0.208	-0.350	-0.454	-0.573	-0.236	0.452	0.228
Espesor_solado	-0.702	0.000	-0.794	-0.591	-0.354	0.000	0.713	0.713	-0.713	0.816	0.000	0.592	0.000	0.000	0.580	-0.715	-0.864	1.000	0.019	0.485	0.529	0.501	0.356	-0.442	-0.346
Metrado	0.364	-0.345	0.188	0.325	0.157	0.252	0.342	0.342	-0.342	0.125	0.575	0.500	0.575	0.544	0.298	0.092	0.208	0.019	1.000	0.535	-0.106	-0.434	-0.092	0.454	0.103
Horas	-0.066	-0.226	-0.351	-0.368	-0.274	-0.144	0.578	0.578	-0.578	0.275	0.148	0.363	0.148	-0.043	0.542	-0.216	-0.350	0.485	0.535	1.000	0.570	0.080	0.419	-0.381	-0.401
Aporte_OP	-0.139	-0.141	-0.404	-0.545	-0.428	-0.309	0.617	0.617	-0.617	0.126	-0.082	0.161	-0.082	-0.324	0.492	-0.167	-0.454	0.529	-0.106	0.570	1.000	0.342	0.780	-0.833	-0.774
Aporte_PE	-0.624	0.692	-0.575	-0.299	-0.641	-0.028	0.041	0.041	-0.041	0.063	-0.371	0.002	-0.371	0.050	0.380	-0.299	-0.573	0.501	-0.434	0.080	0.342	1.000	0.667	-0.534	-0.668
Aporte_total	-0.163	0.330	-0.283	-0.242	-0.544	0.028	0.384	0.384	-0.384	-0.173	-0.226	0.024	-0.226	-0.021	0.560	-0.095	-0.236	0.356	-0.092	0.419	0.780	0.667	1.000	-0.724	-0.999
Rendimiento	0.313	-0.220	0.538	0.749	0.558	0.309	-0.287	-0.287	0.287	0.000	0.575	0.204	0.575	0.659	-0.263	0.284	0.452	-0.442	0.454	-0.381	-0.833	-0.534	-0.724	1.000	0.732
Rendimiento ajustado	0.159	-0.345	0.283	0.246	0.552	-0.028	-0.370	-0.370	0.370	0.188	0.246	-0.016	0.246	0.034	-0.554	0.090	0.228	-0.346	0.103	-0.401	-0.774	-0.668	-0.999	0.732	1.000

**Figura 105**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en solado de cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	Forma	Suelo	Desplante	Acarreo	Entibado	Cimentación	Condición	Sobrecancho	Colocación	Vibrado	Secuencia	OP	PE	Largo	Ancho	Alto	Espesor solado	Metrado	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.638	0.038	0.170	0.901	0.753	0.152	0.152	0.152	0.008	0.537	0.359	0.537	0.778	0.109	0.001	0.003	0.002	0.166	0.809	0.608	0.010	0.545	0.238	0.557
Forma	0.638		0.173	0.635	0.004	0.582	0.044	0.044	0.044	0.207	0.006	0.147	0.006	1.000	0.600	0.952	0.768	1.000	0.191	0.400	0.602	0.003	0.212	0.414	0.191
Suelo	0.038	0.173		0.000	0.002	0.362	0.405	0.405	0.405	0.029	0.174	0.233	0.174	0.322	0.241	0.015	0.000	0.000	0.486	0.183	0.121	0.020	0.288	0.032	0.289
Desplante	0.170	0.635	0.000		0.024	0.154	0.434	0.434	0.434	0.140	0.028	0.917	0.028	0.002	0.597	0.030	0.012	0.016	0.219	0.161	0.029	0.261	0.367	0.001	0.357
Acarreo	0.901	0.004	0.002	0.024		0.155	0.569	0.569	0.569	0.636	0.105	0.888	0.105	0.564	0.606	0.941	0.056	0.179	0.562	0.304	0.099	0.008	0.029	0.025	0.027
Entibado	0.753	0.582	0.362	0.154	0.155		0.396	0.396	0.396	0.582	0.719	0.649	0.719	0.152	0.602	0.150	0.096	1.000	0.346	0.594	0.244	0.918	0.918	0.245	0.918
Cimentación	0.152	0.044	0.405	0.434	0.569	0.396				0.006	0.207	0.009	0.207	0.667	0.003	0.032	0.134	0.002	0.195	0.019	0.011	0.880	0.142	0.280	0.159
Condición	0.152	0.044	0.405	0.434	0.569	0.396				0.006	0.207	0.009	0.207	0.667	0.003	0.032	0.134	0.002	0.195	0.019	0.011	0.880	0.142	0.280	0.159
Sobrecancho	0.152	0.044	0.405	0.434	0.569	0.396				0.006	0.207	0.009	0.207	0.667	0.003	0.032	0.134	0.002	0.195	0.019	0.011	0.880	0.142	0.280	0.159
Colocación	0.008	0.207	0.029	0.140	0.636	0.582	0.006	0.006	0.006		0.417	0.003	0.417	0.779	0.148	0.000	0.007	0.000	0.643	0.303	0.643	0.817	0.522	1.000	0.485
Vibrado	0.537	0.006	0.174	0.028	0.105	0.719	0.207	0.207	0.207	0.417		0.009		0.003	0.277	0.341	1.000	1.000	0.020	0.584	0.762	0.157	0.400	0.020	0.358
Secuencia	0.359	0.147	0.233	0.917	0.888	0.649	0.009	0.009	0.009	0.003	0.009		0.009	0.031	0.004	0.109	0.130	0.016	0.049	0.167	0.552	0.995	0.929	0.447	0.952
OP	0.537	0.006	0.174	0.028	0.105	0.719	0.207	0.207	0.207	0.417		0.009		0.003	0.277	0.341	1.000	1.000	0.020	0.584	0.762	0.157	0.400	0.020	0.358
PE	0.778	1.000	0.322	0.002	0.564	0.152	0.667	0.667	0.667	0.779	0.003	0.031	0.003		0.255	0.507	0.697	1.000	0.029	0.876	0.220	0.853	0.939	0.006	0.900
Largo	0.109	0.600	0.241	0.597	0.606	0.602	0.003	0.003	0.003	0.148	0.277	0.004	0.277	0.255		0.070	0.165	0.019	0.262	0.030	0.053	0.147	0.024	0.325	0.026
Ancho	0.001	0.952	0.015	0.030	0.941	0.150	0.032	0.032	0.032	0.000	0.341	0.109	0.341	0.507	0.070		0.084	0.002	0.736	0.421	0.535	0.261	0.727	0.287	0.740
Alto	0.003	0.768	0.000	0.012	0.056	0.096	0.134	0.134	0.134	0.007	1.000	0.130	1.000	0.697	0.165	0.084		0.000	0.439	0.184	0.078	0.020	0.380	0.079	0.396
Espesor_solado	0.002	1.000	0.000	0.016	0.179	1.000	0.002	0.002	0.002	0.000	1.000	0.016	1.000	1.000	0.019	0.002	0.000		0.944	0.057	0.035	0.048	0.176	0.087	0.190
Metrado	0.166	0.191	0.486	0.219	0.562	0.346	0.195	0.195	0.195	0.643	0.020	0.049	0.020	0.029	0.262	0.736	0.439	0.944		0.033	0.695	0.093	0.736	0.077	0.704
Horas	0.809	0.400	0.183	0.161	0.304	0.594	0.019	0.019	0.019	0.303	0.584	0.167	0.584	0.876	0.030	0.421	0.184	0.057	0.033		0.021	0.768	0.106	0.145	0.124
Aporte_OP	0.608	0.602	0.121	0.029	0.099	0.244	0.011	0.011	0.011	0.643	0.762	0.552	0.762	0.220	0.053	0.535	0.078	0.035	0.695	0.021		0.194	0.000	0.000	0.000
Aporte_PE	0.010	0.003	0.020	0.261	0.008	0.918	0.880	0.880	0.880	0.817	0.157	0.995	0.157	0.853	0.147	0.261	0.020	0.048	0.093	0.768	0.194		0.005	0.033	0.005
Aporte_total	0.545	0.212	0.288	0.367	0.029	0.918	0.142	0.142	0.142	0.522	0.400	0.929	0.400	0.939	0.024	0.727	0.380	0.176	0.736	0.106	0.000	0.005		0.002	0.000
Rendimiento	0.238	0.414	0.032	0.001	0.025	0.245	0.280	0.280	0.280	1.000	0.020	0.447	0.020	0.006	0.325	0.287	0.079	0.087	0.077	0.145	0.000	0.033	0.002		0.001
Rendimiento ajustado	0.557	0.191	0.289	0.357	0.027	0.918	0.159	0.159	0.159	0.485	0.358	0.952	0.358	0.900	0.026	0.740	0.396	0.190	0.704	0.124	0.000	0.005	0.000	0.001	

**Figura 106**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	Forma	Cimentación	Condición	Acarreo	Largo	Ancho	Peralte	Sobreancho	OP	PE	Elemento	Diámetro	Peso	Varillas	Longitud	Metrado	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	0.239	-0.292	-0.069	-0.466	-0.247	0.175	-0.062	0.342	-0.457	0.536	0.432	0.023	0.102	0.301	-0.201	0.054	0.068	-0.325	0.059	-0.259	0.040	0.354
Forma	0.239	1.000	-0.388	-0.500	-0.602	-0.256	-0.391	-0.262	0.550	-0.797	0.196	0.266	-0.128	-0.069	0.096	-0.287	-0.270	-0.165	-0.429	0.270	-0.317	-0.095	0.318
Cimentación	-0.292	-0.388	1.000	0.833	0.203	0.713	0.047	-0.225	-0.916	0.564	-0.249	-0.734	-0.622	-0.705	-0.479	0.861	-0.119	0.370	0.693	-0.408	0.264	-0.265	-0.331
Condición	-0.069	-0.500	0.833	1.000	0.423	0.590	0.134	0.008	-0.763	0.311	-0.305	-0.577	-0.347	-0.450	-0.291	0.690	-0.193	0.435	0.636	-0.425	0.303	-0.427	-0.344
Acarreo	-0.466	-0.602	0.203	0.423	1.000	0.144	0.024	0.538	-0.349	0.321	-0.510	-0.202	0.286	0.195	-0.056	-0.004	-0.006	0.196	0.304	-0.125	0.439	-0.207	-0.491
Largo	-0.247	-0.256	0.713	0.590	0.144	1.000	0.586	-0.343	-0.648	0.388	-0.040	-0.804	-0.387	-0.338	-0.086	0.800	0.103	0.479	0.451	-0.311	0.117	-0.102	-0.095
Ancho	0.175	-0.391	0.047	0.134	0.024	0.586	1.000	-0.105	-0.081	0.263	0.267	-0.277	0.176	0.283	0.405	0.309	0.518	0.367	-0.043	-0.159	-0.162	0.318	0.275
Peralte	-0.062	-0.262	-0.225	0.008	0.538	-0.343	-0.105	1.000	0.202	-0.016	-0.395	0.242	0.335	0.271	0.070	-0.485	0.215	0.244	-0.195	-0.158	0.010	-0.041	-0.049
Sobreancho	0.342	0.550	-0.916	-0.763	-0.349	-0.648	-0.081	0.202	1.000	-0.691	0.354	0.674	0.482	0.572	0.542	-0.802	0.131	-0.353	-0.804	0.516	-0.248	0.276	0.328
OP	-0.457	-0.797	0.564	0.311	0.321	0.388	0.263	-0.016	-0.691	1.000	-0.142	-0.433	-0.196	-0.233	-0.301	0.471	0.314	0.096	0.473	-0.242	0.254	0.242	-0.285
PE	0.536	0.196	-0.249	-0.305	-0.510	-0.040	0.267	-0.395	0.354	-0.142	1.000	0.244	0.139	0.250	0.632	0.068	0.503	-0.203	-0.699	0.695	0.019	0.825	0.177
Elemento	0.432	0.266	-0.734	-0.577	-0.202	-0.804	-0.277	0.242	0.674	-0.433	0.244	1.000	0.329	0.344	0.257	-0.734	0.153	-0.301	-0.630	0.288	-0.276	0.330	0.351
Diámetro	0.023	-0.128	-0.622	-0.347	0.286	-0.387	0.176	0.335	0.482	-0.196	0.139	0.329	1.000	0.950	0.579	-0.519	0.326	-0.007	-0.493	0.337	0.093	0.231	-0.079
Peso	0.102	-0.069	-0.705	-0.450	0.195	-0.338	0.283	0.271	0.572	-0.233	0.250	0.344	0.950	1.000	0.714	-0.584	0.359	-0.094	-0.567	0.397	0.064	0.300	0.004
Varillas	0.301	0.096	-0.479	-0.291	-0.056	-0.086	0.405	0.070	0.542	-0.301	0.632	0.257	0.579	0.714	1.000	-0.364	0.453	-0.183	-0.728	0.567	0.098	0.515	0.066
Longitud	-0.201	-0.287	0.861	0.690	-0.004	0.800	0.309	-0.485	-0.802	0.471	0.068	-0.734	-0.519	-0.584	-0.364	1.000	0.000	0.415	0.584	-0.365	0.073	-0.075	-0.102
Metrado	0.054	-0.270	-0.119	-0.193	-0.006	0.103	0.518	0.215	0.131	0.314	0.503	0.153	0.326	0.359	0.453	0.000	1.000	0.386	-0.530	0.150	-0.155	0.810	0.290
Horas	0.068	-0.165	0.370	0.435	0.196	0.479	0.367	0.244	-0.353	0.096	-0.203	-0.301	-0.007	-0.094	-0.183	0.415	0.386	1.000	0.159	-0.474	-0.158	-0.135	0.162
Aporte_OP	-0.325	-0.429	0.693	0.636	0.304	0.451	-0.043	-0.195	-0.804	0.473	-0.699	-0.630	-0.493	-0.567	-0.728	0.584	-0.530	0.159	1.000	-0.622	0.146	-0.653	-0.266
Aporte_PE	0.059	0.270	-0.408	-0.425	-0.125	-0.311	-0.159	-0.158	0.516	-0.242	0.695	0.288	0.337	0.397	0.567	-0.365	0.150	-0.474	-0.622	1.000	0.559	0.407	-0.428
Aporte_total	-0.259	-0.317	0.264	0.303	0.439	0.117	-0.162	0.010	-0.248	0.254	0.019	-0.276	0.093	0.064	0.098	0.073	-0.155	-0.158	0.146	0.559	1.000	-0.151	-0.953
Rendimiento	0.040	-0.095	-0.265	-0.427	-0.207	-0.102	0.318	-0.041	0.276	0.242	0.825	0.330	0.231	0.300	0.515	-0.075	0.810	-0.135	-0.653	0.407	-0.151	1.000	0.289
Rendimiento ajustado	0.354	0.318	-0.331	-0.344	-0.491	-0.095	0.275	-0.049	0.328	-0.285	0.177	0.351	-0.079	0.004	0.066	-0.102	0.290	0.162	-0.266	-0.428	-0.953	0.289	1.000

**Figura 107**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	Forma	Cimentación	Condición	Acarreo	Largo	Ancho	Peralte	Sobreancho	OP	PE	Elemento	Diámetro	Peso	Varillas	Longitud	Metrado	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.272	0.177	0.754	0.025	0.256	0.425	0.780	0.110	0.028	0.012	0.040	0.918	0.643	0.163	0.357	0.808	0.758	0.130	0.791	0.234	0.856	0.097
Forma	0.272		0.067	0.015	0.002	0.238	0.065	0.228	0.006	0.000	0.394	0.219	0.562	0.754	0.663	0.185	0.212	0.453	0.041	0.212	0.141	0.665	0.139
Cimentación	0.177	0.067		0.000	0.353	0.000	0.830	0.302	0.000	0.005	0.276	0.000	0.002	0.000	0.021	0.000	0.588	0.082	0.000	0.053	0.224	0.222	0.123
Condición	0.754	0.015	0.000		0.044	0.003	0.542	0.973	0.000	0.149	0.179	0.004	0.105	0.031	0.178	0.000	0.378	0.038	0.001	0.043	0.159	0.042	0.108
Acarreo	0.025	0.002	0.353	0.044		0.513	0.913	0.008	0.102	0.135	0.018	0.356	0.186	0.372	0.799	0.986	0.980	0.370	0.158	0.571	0.036	0.344	0.017
Largo	0.256	0.238	0.000	0.003	0.513		0.003	0.109	0.001	0.068	0.863	0.000	0.068	0.115	0.695	0.000	0.639	0.021	0.031	0.149	0.594	0.643	0.667
Ancho	0.425	0.065	0.830	0.542	0.913	0.003		0.633	0.714	0.226	0.241	0.201	0.422	0.191	0.055	0.151	0.011	0.085	0.847	0.468	0.461	0.139	0.205
Peralte	0.780	0.228	0.302	0.973	0.008	0.109	0.633		0.356	0.944	0.076	0.267	0.118	0.211	0.749	0.019	0.324	0.263	0.373	0.473	0.965	0.854	0.825
Sobreancho	0.110	0.006	0.000	0.000	0.102	0.001	0.714	0.356		0.000	0.115	0.000	0.020	0.004	0.008	0.000	0.550	0.098	0.000	0.012	0.254	0.203	0.126
OP	0.028	0.000	0.005	0.149	0.135	0.068	0.226	0.944	0.000		0.540	0.039	0.370	0.285	0.163	0.023	0.145	0.663	0.023	0.265	0.242	0.265	0.187
PE	0.012	0.394	0.276	0.179	0.018	0.863	0.241	0.076	0.115	0.540		0.287	0.548	0.274	0.002	0.768	0.020	0.378	0.000	0.000	0.934	0.000	0.444
Elemento	0.040	0.219	0.000	0.004	0.356	0.000	0.201	0.267	0.000	0.039	0.287		0.126	0.108	0.236	0.000	0.485	0.163	0.001	0.183	0.202	0.124	0.100
Diámetro	0.918	0.562	0.002	0.105	0.186	0.068	0.422	0.118	0.020	0.370	0.548	0.126		0.000	0.004	0.011	0.129	0.974	0.017	0.116	0.674	0.288	0.721
Peso	0.643	0.754	0.000	0.031	0.372	0.115	0.191	0.211	0.004	0.285	0.274	0.108	0.000		0.000	0.003	0.092	0.668	0.005	0.061	0.770	0.164	0.986
Varillas	0.163	0.663	0.021	0.178	0.799	0.695	0.055	0.749	0.008	0.163	0.002	0.236	0.004	0.000		0.087	0.030	0.404	0.000	0.005	0.658	0.012	0.764
Longitud	0.357	0.185	0.000	0.000	0.986	0.000	0.151	0.019	0.000	0.023	0.768	0.000	0.011	0.003	0.087		1.000	0.049	0.003	0.087	0.740	0.733	0.643
Metrado	0.808	0.212	0.588	0.378	0.980	0.639	0.011	0.324	0.550	0.145	0.020	0.485	0.129	0.092	0.030	1.000		0.069	0.009	0.495	0.480	0.000	0.179
Horas	0.758	0.453	0.082	0.038	0.370	0.021	0.085	0.263	0.098	0.663	0.378	0.163	0.974	0.668	0.404	0.049	0.069		0.468	0.022	0.472	0.540	0.459
Aporte_OP	0.130	0.041	0.000	0.001	0.158	0.031	0.847	0.373	0.000	0.023	0.000	0.001	0.017	0.005	0.000	0.003	0.009	0.468		0.002	0.505	0.001	0.219
Aporte_PE	0.791	0.212	0.053	0.043	0.571	0.149	0.468	0.473	0.012	0.265	0.000	0.183	0.116	0.061	0.005	0.087	0.495	0.022	0.002		0.006	0.054	0.042
Aporte_total	0.234	0.141	0.224	0.159	0.036	0.594	0.461	0.965	0.254	0.242	0.934	0.202	0.674	0.770	0.658	0.740	0.480	0.472	0.505	0.006		0.493	0.000
Rendimiento	0.856	0.665	0.222	0.042	0.344	0.643	0.139	0.854	0.203	0.265	0.000	0.124	0.288	0.164	0.012	0.733	0.000	0.540	0.001	0.054	0.493		0.180
Rendimiento ajustado	0.097	0.139	0.123	0.108	0.017	0.667	0.205	0.825	0.126	0.187	0.444	0.100	0.721	0.986	0.764	0.643	0.179	0.459	0.219	0.042	0.000	0.180	

**Figura 108**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en encofrado de cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	Forma	Acarreo	Entibado	Cimentación	Condición	Largo	Ancho	Altura	Sobrecancho	Complejidad	Permanencia	OP	PE	Largo encofrado	Ancho encofrado	Altura encofrado	Metrado	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	-0.160	-0.040	-0.206	-0.412	0.437	0.127	0.574	0.000	0.412	-0.206	-0.539	0.206	0.437	-0.054	-0.206	0.234	-0.414	-0.582	-0.126	0.018	-0.126	0.090	0.126
Forma	-0.160	1.000	-0.523	0.258	-0.258	-0.548	0.000	-0.081	-0.794	0.258	0.258	0.000	-0.645	-0.436	0.000	0.258	-0.683	-0.316	-0.160	0.474	0.158	0.316	-0.632	-0.316
Acarreo	-0.040	-0.523	1.000	0.676	0.338	0.717	-0.060	-0.284	0.857	-0.338	0.676	0.663	0.450	-0.185	-0.453	0.676	0.660	-0.039	-0.398	-0.020	-0.630	-0.374	0.158	0.374
Entibado	-0.206	0.258	0.676	1.000	0.167	0.354	-0.206	-0.525	0.342	-0.167	1.000	0.764	-0.167	-0.676	-0.612	1.000	0.220	-0.408	-0.618	0.408	-0.612	-0.204	-0.408	0.204
Cimentación	-0.412	-0.258	0.338	0.167	1.000	0.471	0.412	-0.315	0.342	-1.000	0.167	0.000	0.167	-0.450	0.204	0.167	-0.220	0.000	0.309	0.612	0.408	0.612	-0.408	-0.612
Condición	0.437	-0.548	0.717	0.354	0.471	1.000	0.146	-0.074	0.725	-0.471	0.354	0.000	0.354	-0.159	-0.289	0.354	0.468	-0.433	-0.510	0.289	-0.144	0.000	-0.144	0.000
Largo	0.127	0.000	-0.060	-0.206	0.412	0.146	1.000	0.685	-0.302	-0.412	-0.206	-0.405	0.618	0.318	0.739	-0.206	-0.584	0.342	0.309	0.270	0.631	0.739	-0.090	-0.739
Ancho	0.574	-0.081	-0.284	-0.525	-0.315	-0.074	0.685	1.000	-0.399	0.315	-0.525	-0.549	0.629	0.830	0.624	-0.525	-0.258	0.385	0.130	-0.330	0.367	0.220	0.385	-0.220
Altura	0.000	-0.794	0.857	0.342	0.342	0.725	-0.302	-0.399	1.000	-0.342	0.342	0.447	0.342	-0.099	-0.478	0.342	0.839	-0.060	-0.241	-0.179	-0.538	-0.478	0.299	0.478
Sobrecancho	0.412	0.258	-0.338	-0.167	-1.000	-0.471	-0.412	0.315	-0.342	1.000	-0.167	0.000	-0.167	0.450	-0.204	-0.167	0.220	0.000	-0.309	-0.612	-0.408	-0.612	0.408	0.612
Complejidad	-0.206	0.258	0.676	1.000	0.167	0.354	-0.206	-0.525	0.342	-0.167	1.000	0.764	-0.167	-0.676	-0.612	1.000	0.220	-0.408	-0.618	0.408	-0.612	-0.204	-0.408	0.204
Permanencia	-0.539	0.000	0.663	0.764	0.000	0.000	-0.405	-0.549	0.447	0.000	0.764	1.000	0.000	-0.369	-0.535	0.764	0.433	0.134	-0.202	-0.134	-0.802	-0.535	0.134	0.535
OP	0.206	-0.645	0.450	-0.167	0.167	0.354	0.618	0.629	0.342	-0.167	-0.167	0.000	1.000	0.676	0.408	-0.167	0.220	0.612	0.206	-0.408	0.000	0.000	0.612	0.000
PE	0.437	-0.436	-0.185	-0.676	-0.450	-0.159	0.318	0.830	-0.099	0.450	-0.676	-0.369	0.676	1.000	0.473	-0.676	0.149	0.611	0.288	-0.768	0.099	-0.197	0.808	0.197
Largo_encofrado	-0.054	0.000	-0.453	-0.612	0.204	-0.289	0.739	0.624	-0.478	-0.204	-0.612	-0.535	0.408	0.473	1.000	-0.612	-0.617	0.607	0.721	-0.071	0.679	0.571	0.179	-0.571
Ancho_encofrado	-0.206	0.258	0.676	1.000	0.167	0.354	-0.206	-0.525	0.342	-0.167	1.000	0.764	-0.167	-0.676	-0.612	1.000	0.220	-0.408	-0.618	0.408	-0.612	-0.204	-0.408	0.204
Altura_encofrado	0.234	-0.683	0.660	0.220	-0.220	0.468	-0.584	-0.258	0.839	0.220	0.220	0.433	0.220	0.149	-0.617	0.220	1.000	-0.077	-0.409	-0.540	-0.772	-0.849	0.540	0.849
Metrado	-0.414	-0.316	-0.039	-0.408	0.000	-0.433	0.342	0.385	-0.060	0.000	-0.408	0.134	0.612	0.611	0.607	-0.408	-0.077	1.000	0.775	-0.607	0.071	-0.036	0.714	0.036
Horas	-0.582	-0.160	-0.398	-0.618	0.309	-0.510	0.309	0.130	-0.241	-0.309	-0.618	-0.202	0.206	0.288	0.721	-0.618	-0.409	0.775	1.000	-0.216	0.523	0.360	0.306	-0.360
Aporte_OP	-0.126	0.474	-0.020	0.408	0.612	0.289	0.270	-0.330	-0.179	-0.612	0.408	-0.134	-0.408	-0.768	-0.071	0.408	-0.540	-0.607	-0.216	1.000	0.429	0.714	-0.964	-0.714
Aporte_PE	0.018	0.158	-0.630	-0.612	0.408	-0.144	0.631	0.367	-0.538	-0.408	-0.612	-0.802	0.000	0.099	0.679	-0.612	-0.772	0.071	0.523	0.429	1.000	0.893	-0.357	-0.893
Aporte_total	-0.126	0.316	-0.374	-0.204	0.612	0.000	0.739	0.220	-0.478	-0.612	-0.204	-0.535	0.000	-0.197	0.571	-0.204	-0.849	-0.036	0.360	0.714	0.893	1.000	-0.607	-1.000
Rendimiento	0.090	-0.632	0.158	-0.408	-0.408	-0.144	-0.090	0.385	0.299	0.408	-0.408	0.134	0.612	0.808	0.179	-0.408	0.540	0.714	0.306	-0.964	-0.357	-0.607	1.000	0.607
Rendimiento ajustado	0.126	-0.316	0.374	0.204	-0.612	0.000	-0.739	-0.220	0.478	0.612	0.204	0.535	0.000	0.197	-0.571	0.204	0.849	0.036	-0.360	-0.714	-0.893	-1.000	0.607	1.000

**Figura 109**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en encofrado de cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	Forma	Acarreo	Entibado	Cimentación	Condición	Largo	Ancho	Altura	Sobreancho	Complejidad	Permanencia	OP	PE	Largo encofrado	Ancho encofrado	Altura encofrado	Metrado	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.733	0.933	0.658	0.358	0.327	0.786	0.178	1.000	0.358	0.658	0.212	0.658	0.326	0.908	0.658	0.614	0.355	0.171	0.788	0.969	0.788	0.848	0.788
Forma	0.733		0.228	0.576	0.576	0.203	1.000	0.862	0.033	0.576	0.576	1.000	0.117	0.328	1.000	0.576	0.091	0.490	0.733	0.282	0.735	0.490	0.127	0.490
Acarreo	0.933	0.228		0.096	0.459	0.070	0.899	0.538	0.014	0.459	0.096	0.104	0.310	0.692	0.307	0.096	0.107	0.933	0.377	0.967	0.129	0.408	0.736	0.408
Entibado	0.658	0.576	0.096		0.721	0.437	0.658	0.227	0.453	0.721		0.046	0.721	0.096	0.144		0.635	0.363	0.139	0.363	0.144	0.661	0.363	0.661
Cimentación	0.358	0.576	0.459	0.721		0.286	0.358	0.492	0.453		0.721	1.000	0.721	0.310	0.661	0.721	0.635	1.000	0.500	0.144	0.363	0.144	0.363	0.144
Condición	0.327	0.203	0.070	0.437	0.286		0.755	0.874	0.065	0.286	0.437	1.000	0.437	0.733	0.530	0.437	0.290	0.332	0.243	0.530	0.758	1.000	0.758	1.000
Largo	0.786	1.000	0.899	0.658	0.358	0.755		0.089	0.511	0.358	0.658	0.368	0.139	0.487	0.058	0.658	0.169	0.452	0.500	0.558	0.129	0.058	0.848	0.058
Ancho	0.178	0.862	0.538	0.227	0.492	0.874	0.089		0.375	0.492	0.227	0.201	0.130	0.021	0.134	0.227	0.577	0.393	0.782	0.469	0.418	0.635	0.393	0.635
Altura	1.000	0.033	0.014	0.453	0.453	0.065	0.511	0.375		0.453	0.453	0.314	0.453	0.833	0.278	0.453	0.018	0.899	0.602	0.701	0.213	0.278	0.515	0.278
Sobreancho	0.358	0.576	0.459	0.721		0.286	0.358	0.492	0.453		0.721	1.000	0.721	0.310	0.661	0.721	0.635	1.000	0.500	0.144	0.363	0.144	0.363	0.144
Complejidad	0.658	0.576	0.096		0.721	0.437	0.658	0.227	0.453	0.721		0.046	0.721	0.096	0.144		0.635	0.363	0.139	0.363	0.144	0.661	0.363	0.661
Permanencia	0.212	1.000	0.104	0.046	1.000	1.000	0.368	0.201	0.314	1.000	0.046		1.000	0.416	0.216	0.046	0.332	0.775	0.664	0.775	0.030	0.216	0.775	0.216
OP	0.658	0.117	0.310	0.721	0.721	0.437	0.139	0.130	0.453	0.721	0.721	1.000		0.096	0.363	0.721	0.635	0.144	0.658	0.363	1.000	1.000	0.144	1.000
PE	0.326	0.328	0.692	0.096	0.310	0.733	0.487	0.021	0.833	0.310	0.096	0.416	0.096		0.284	0.096	0.750	0.145	0.531	0.044	0.834	0.672	0.028	0.672
Largo_encofrado	0.908	1.000	0.307	0.144	0.661	0.530	0.058	0.134	0.278	0.661	0.144	0.216	0.363	0.284		0.144	0.140	0.148	0.068	0.879	0.094	0.180	0.702	0.180
Ancho_encofrado	0.658	0.576	0.096		0.721	0.437	0.658	0.227	0.453	0.721		0.046	0.721	0.096	0.144		0.635	0.363	0.139	0.363	0.144	0.661	0.363	0.661
Altura_encofrado	0.614	0.091	0.107	0.635	0.635	0.290	0.169	0.577	0.018	0.635	0.635	0.332	0.635	0.750	0.140	0.635		0.869	0.363	0.211	0.042	0.016	0.211	0.016
Metrado	0.355	0.490	0.933	0.363	1.000	0.332	0.452	0.393	0.899	1.000	0.363	0.775	0.144	0.145	0.148	0.363	0.869		0.041	0.148	0.879	0.939	0.071	0.939
Horas	0.171	0.733	0.377	0.139	0.500	0.243	0.500	0.782	0.602	0.500	0.139	0.664	0.658	0.531	0.068	0.139	0.363	0.041		0.641	0.229	0.427	0.504	0.427
Aporte_OP	0.788	0.282	0.967	0.363	0.144	0.530	0.558	0.469	0.701	0.144	0.363	0.775	0.363	0.044	0.879	0.363	0.211	0.148	0.641		0.337	0.071	0.000	0.071
Aporte_PE	0.969	0.735	0.129	0.144	0.363	0.758	0.129	0.418	0.213	0.363	0.144	0.030	1.000	0.834	0.094	0.144	0.042	0.879	0.229	0.337		0.007	0.432	0.007
Aporte_total	0.788	0.490	0.408	0.661	0.144	1.000	0.058	0.635	0.278	0.144	0.661	0.216	1.000	0.672	0.180	0.661	0.016	0.939	0.427	0.071	0.007		0.148	
Rendimiento	0.848	0.127	0.736	0.363	0.363	0.758	0.848	0.393	0.515	0.363	0.363	0.775	0.144	0.028	0.702	0.363	0.211	0.071	0.504	0.000	0.432	0.148		0.148
Rendimiento ajustado	0.788	0.490	0.408	0.661	0.144	1.000	0.058	0.635	0.278	0.144	0.661	0.216	1.000	0.672	0.180	0.661	0.016	0.939	0.427	0.071	0.007		0.148	

**Figura 110**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	Forma	Suelo	Desplante	Acarreo	Entibado	Cimentación	Sobrecancho	Colocación	Vibrado	Secuencia	OP	PE	Elementos	Largo	Ancho	Altura	Metrado	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	0.140	-0.288	-0.085	-0.332	-0.262	-0.309	0.343	-0.283	0.000	-0.109	0.000	0.017	0.359	-0.474	0.088	-0.100	-0.120	-0.176	0.042	-0.533	-0.563	0.032	0.563
Forma	0.140	1.000	-0.527	-0.183	-0.648	0.193	-0.406	0.542	-0.243	-0.697	-0.539	-0.697	-0.496	0.362	-0.378	-0.468	-0.517	-0.550	-0.116	-0.073	0.000	-0.020	-0.483	0.020
Suelo	-0.288	-0.527	1.000	0.628	0.811	0.328	0.150	-0.243	-0.235	0.487	0.198	0.487	0.375	-0.204	0.134	0.233	0.432	0.512	0.002	-0.113	-0.144	-0.091	0.501	0.091
Desplante	-0.085	-0.183	0.628	1.000	0.627	0.402	-0.006	0.013	-0.177	0.596	0.131	0.596	0.155	-0.061	-0.005	0.199	0.010	0.310	0.074	0.166	-0.199	-0.003	0.308	0.003
Acarreo	-0.332	-0.648	0.811	0.627	1.000	0.449	0.230	-0.377	0.084	0.466	0.238	0.466	0.393	-0.168	0.155	0.115	0.503	0.298	-0.036	-0.064	0.169	0.175	0.397	-0.175
Entibado	-0.262	0.193	0.328	0.402	0.449	1.000	0.277	-0.255	0.114	-0.135	0.118	-0.135	-0.112	-0.093	0.087	-0.424	0.142	-0.109	0.011	-0.142	0.185	0.174	-0.044	-0.174
Cimentación	-0.309	-0.406	0.150	-0.006	0.230	0.277	1.000	-0.919	0.411	0.411	0.820	0.411	-0.019	-0.821	0.866	0.043	0.203	0.344	0.350	0.254	0.012	0.187	0.054	-0.187
Sobrecancho	0.343	0.542	-0.243	0.013	-0.377	-0.255	-0.919	1.000	-0.447	-0.378	-0.729	-0.378	-0.025	0.778	-0.808	-0.100	-0.245	-0.403	-0.397	-0.189	-0.086	-0.220	-0.073	0.220
Colocación	-0.283	-0.243	-0.235	-0.177	0.084	0.114	0.411	-0.447	1.000	0.169	0.445	0.169	-0.308	-0.263	0.410	0.065	0.188	-0.082	0.310	0.364	0.046	0.137	-0.246	-0.137
Vibrado	0.000	-0.697	0.487	0.596	0.466	-0.135	0.411	-0.378	0.169	1.000	0.702	1.000	0.232	-0.415	0.437	0.595	0.210	0.646	0.317	0.412	-0.388	-0.113	0.420	0.113
Secuencia	-0.109	-0.539	0.198	0.131	0.238	0.118	0.820	-0.729	0.445	0.702	1.000	0.702	-0.058	-0.693	0.764	0.382	0.313	0.515	0.481	0.436	-0.227	0.040	0.113	-0.040
OP	0.000	-0.697	0.487	0.596	0.466	-0.135	0.411	-0.378	0.169	1.000	0.702	1.000	0.232	-0.415	0.437	0.595	0.210	0.646	0.317	0.412	-0.388	-0.113	0.420	0.113
PE	0.017	-0.496	0.375	0.155	0.393	-0.112	-0.019	-0.025	-0.308	0.232	-0.058	0.232	1.000	0.076	-0.033	0.197	-0.026	0.324	-0.459	-0.697	0.157	-0.184	0.899	0.184
Elementos	0.359	0.362	-0.204	-0.061	-0.168	-0.093	-0.821	0.778	-0.263	-0.415	-0.693	-0.415	0.076	1.000	-0.868	-0.389	-0.083	-0.486	-0.488	-0.311	0.109	-0.127	-0.021	0.127
Largo	-0.474	-0.378	0.134	-0.005	0.155	0.087	0.866	-0.808	0.410	0.437	0.764	0.437	-0.033	-0.868	1.000	0.247	0.069	0.486	0.461	0.302	0.048	0.247	0.043	-0.247
Ancho	0.088	-0.468	0.233	0.199	0.115	-0.424	0.043	-0.100	0.065	0.595	0.382	0.595	0.197	-0.389	0.247	1.000	0.129	0.570	0.338	0.193	-0.417	-0.255	0.332	0.255
Altura	-0.100	-0.517	0.432	0.010	0.503	0.142	0.203	-0.245	0.188	0.210	0.313	0.210	-0.026	-0.083	0.069	0.129	1.000	0.134	0.156	0.204	0.009	0.066	-0.052	-0.066
Metrado	-0.120	-0.550	0.512	0.310	0.298	-0.109	0.344	-0.403	-0.082	0.646	0.515	0.646	0.324	-0.486	0.486	0.570	0.134	1.000	0.604	-0.038	-0.318	-0.265	0.554	0.265
Horas	-0.176	-0.116	0.002	0.074	-0.036	0.011	0.350	-0.397	0.310	0.317	0.481	0.317	-0.459	-0.488	0.461	0.338	0.156	0.604	1.000	0.440	-0.211	0.032	-0.230	-0.032
Aporte_OP	0.042	-0.073	-0.113	0.166	-0.064	-0.142	0.254	-0.189	0.364	0.412	0.436	0.412	-0.697	-0.311	0.302	0.193	0.204	-0.038	0.440	1.000	-0.239	0.272	-0.640	-0.272
Aporte_PE	-0.533	0.000	-0.144	-0.199	0.169	0.185	0.012	-0.086	0.046	-0.388	-0.227	-0.388	0.157	0.109	0.048	-0.417	0.009	-0.318	-0.211	-0.239	1.000	0.836	-0.172	-0.836
Aporte_total	-0.563	-0.020	-0.091	-0.003	0.175	0.174	0.187	-0.220	0.137	-0.113	0.040	-0.113	-0.184	-0.127	0.247	-0.255	0.066	-0.265	0.032	0.272	0.836	1.000	-0.451	-1.000
Rendimiento	0.032	-0.483	0.501	0.308	0.397	-0.044	0.054	-0.073	-0.246	0.420	0.113	0.420	0.899	-0.021	0.043	0.332	-0.052	0.554	-0.230	-0.640	-0.172	-0.451	1.000	0.451
Rendimiento ajustado	0.563	0.020	0.091	0.003	-0.175	-0.174	-0.187	0.220	-0.137	0.113	-0.040	0.113	0.184	0.127	-0.247	0.255	-0.066	0.265	-0.032	-0.272	-0.836	-1.000	0.451	1.000

**Figura 111**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el rendimiento de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	Forma	Suelo	Desplante	Acarreo	Entibado	Cimentación	Sobrecancho	Colocación	Vibrado	Secuencia	OP	PE	Elementos	Largo	Ancho	Altura	Metrado	Horas	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total	Rendimiento	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.515	0.173	0.694	0.112	0.215	0.141	0.101	0.180	1.000	0.612	1.000	0.935	0.085	0.019	0.682	0.641	0.576	0.411	0.847	0.007	0.004	0.881	0.004
Forma	0.515		0.008	0.391	0.001	0.365	0.049	0.006	0.253	0.000	0.007	0.000	0.014	0.083	0.068	0.021	0.010	0.005	0.588	0.735	1.000	0.927	0.017	0.927
Suelo	0.173	0.008		0.001	0.000	0.118	0.486	0.252	0.269	0.016	0.353	0.016	0.071	0.340	0.533	0.274	0.035	0.010	0.992	0.599	0.502	0.671	0.013	0.671
Desplante	0.694	0.391	0.001		0.001	0.051	0.977	0.954	0.407	0.002	0.543	0.002	0.470	0.776	0.982	0.352	0.964	0.140	0.730	0.438	0.350	0.990	0.144	0.990
Acarreo	0.112	0.001	0.000	0.001		0.028	0.279	0.069	0.695	0.022	0.262	0.022	0.058	0.432	0.470	0.592	0.012	0.158	0.866	0.768	0.431	0.414	0.055	0.414
Entibado	0.215	0.365	0.118	0.051	0.028		0.189	0.229	0.596	0.530	0.582	0.530	0.603	0.665	0.685	0.039	0.509	0.612	0.958	0.509	0.386	0.415	0.840	0.415
Cimentación	0.141	0.049	0.486	0.977	0.279	0.189		0.000	0.046	0.046	0.000	0.046	0.931	0.000	0.000	0.841	0.341	0.099	0.094	0.231	0.955	0.381	0.801	0.381
Sobrecancho	0.101	0.006	0.252	0.954	0.069	0.229	0.000		0.028	0.069	0.000	0.069	0.907	0.000	0.000	0.642	0.248	0.051	0.054	0.375	0.691	0.302	0.734	0.302
Colocación	0.180	0.253	0.269	0.407	0.695	0.596	0.046	0.028		0.430	0.029	0.430	0.143	0.214	0.046	0.762	0.380	0.704	0.140	0.080	0.833	0.525	0.247	0.525
Vibrado	1.000	0.000	0.016	0.002	0.022	0.530	0.046	0.069	0.430		0.000		0.275	0.044	0.033	0.002	0.324	0.001	0.131	0.045	0.061	0.599	0.041	0.599
Secuencia	0.612	0.007	0.353	0.543	0.262	0.582	0.000	0.000	0.029	0.000		0.000	0.787	0.000	0.000	0.066	0.137	0.010	0.017	0.033	0.286	0.852	0.598	0.852
OP	1.000	0.000	0.016	0.002	0.022	0.530	0.046	0.069	0.430		0.000		0.275	0.044	0.033	0.002	0.324	0.001	0.131	0.045	0.061	0.599	0.041	0.599
PE	0.935	0.014	0.071	0.470	0.058	0.603	0.931	0.907	0.143	0.275	0.787	0.275		0.724	0.880	0.355	0.903	0.122	0.024	0.000	0.464	0.390	0.000	0.390
Elementos	0.085	0.083	0.340	0.776	0.432	0.665	0.000	0.000	0.214	0.044	0.000	0.044	0.724		0.000	0.060	0.700	0.016	0.016	0.139	0.614	0.554	0.921	0.554
Largo	0.019	0.068	0.533	0.982	0.470	0.685	0.000	0.000	0.046	0.033	0.000	0.033	0.880	0.000		0.245	0.750	0.016	0.023	0.151	0.825	0.244	0.841	0.244
Ancho	0.682	0.021	0.274	0.352	0.592	0.039	0.841	0.642	0.762	0.002	0.066	0.002	0.355	0.060	0.245		0.547	0.004	0.106	0.367	0.043	0.229	0.113	0.229
Altura	0.641	0.010	0.035	0.964	0.012	0.509	0.341	0.248	0.380	0.324	0.137	0.324	0.903	0.700	0.750	0.547		0.534	0.466	0.338	0.968	0.759	0.810	0.759
Metrado	0.576	0.005	0.010	0.140	0.158	0.612	0.099	0.051	0.704	0.001	0.010	0.001	0.122	0.016	0.016	0.004	0.534		0.002	0.859	0.130	0.211	0.005	0.211
Horas	0.411	0.588	0.992	0.730	0.866	0.958	0.094	0.054	0.140	0.131	0.017	0.131	0.024	0.016	0.023	0.106	0.466	0.002		0.032	0.322	0.881	0.280	0.881
Aporte_OP	0.847	0.735	0.599	0.438	0.768	0.509	0.231	0.375	0.080	0.045	0.033	0.045	0.000	0.139	0.151	0.367	0.338	0.859	0.032		0.260	0.199	0.001	0.199
Aporte_PE	0.007	1.000	0.502	0.350	0.431	0.386	0.955	0.691	0.833	0.061	0.286	0.061	0.464	0.614	0.825	0.043	0.968	0.130	0.322	0.260		0.000	0.423	0.000
Aporte_total	0.004	0.927	0.671	0.990	0.414	0.415	0.381	0.302	0.525	0.599	0.852	0.599	0.390	0.554	0.244	0.229	0.759	0.211	0.881	0.199	0.000		0.027	
Rendimiento	0.881	0.017	0.013	0.144	0.055	0.840	0.801	0.734	0.247	0.041	0.598	0.041	0.000	0.921	0.841	0.113	0.810	0.005	0.280	0.001	0.423	0.027		0.027
Rendimiento ajustado	0.004	0.927	0.671	0.990	0.414	0.415	0.381	0.302	0.525	0.599	0.852	0.599	0.390	0.554	0.244	0.229	0.759	0.211	0.881	0.199	0.000		0.027	

#### **4.1.4.2. Relación entre las características de la cimentación y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra durante su ejecución.**

##### **a) Relación entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en excavación de cimentaciones**

En excavación de cimentaciones no se identificaron asociaciones significativas entre TP o TC y las características geométricas o del terreno ( $p > 0.05$ ), mientras que TP y TC mostraron relación inversa ( $r = -0.692$ ;  $p = 0.006$ ), reflejando el intercambio entre tiempo neto de excavación y actividades contributorias. En cambio, el sobreancho presentó una asociación significativa con el TNC ( $r = -0.716$ ;  $p = 0.004$ ), indicando que las correcciones por sobreexcavación se vinculan con pérdidas de continuidad del proceso, cuya dirección depende de la codificación 0/1. Asimismo, el sobreancho se relacionó con la forma y el tipo de cimentación ( $p < 0.05$ ) y afectó negativamente el rendimiento ajustado ( $r = -0.591$ ;  $p = 0.026$ ), evidenciando que la variabilidad del desempeño se explica principalmente por errores geométricos de excavación y no por el volumen o dimensiones en sí.

##### **b) Relación entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en solado de cimentaciones**

En el solado de cimentaciones no se identificaron asociaciones significativas entre TP o TNC y las características geométricas o de campo ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, la secuencia de ejecución se relacionó con el uso del tiempo, evidenciándose asociación positiva con el TP ( $r = 0.730$ ;  $p = 0.040$ ) y negativa con el TC ( $r = -0.822$ ;  $p = 0.012$ ), lo que sugiere que una secuencia más eficiente reduce actividades contributorias y favorece la continuidad productiva. Asimismo, el TC disminuyó al incrementarse la dotación de personal ( $r = -0.779$ ;  $p = 0.023$ ), mostrando que la organización de cuadrilla influye más en el uso de tiempos que las características físicas del solado.

**c) Relación entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones**

En la partida de habilitación y colocación de acero no se evidenciaron asociaciones significativas entre TP o TNC y las características geométricas o de campo de las cimentaciones ( $p > 0.05$ ). No obstante, el rendimiento ajustado mostró una relación inversa significativa con el tiempo contributorio ( $r = -0.670$ ;  $p = 0.009$ ), lo que indica que el incremento de actividades de apoyo y preparación reduce el desempeño de la cuadrilla. Asimismo, se identificaron relaciones significativas entre variables de contexto (forma–acarreo, forma–sobreecho y cimentación–sobreecho/diámetro), lo que sugiere que la configuración del frente condiciona la logística y el nivel de correcciones, aunque dichas condiciones no se reflejaron estadísticamente en TP o TNC en esta muestra.

**d) Relación entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en encofrado de cimentaciones**

En la partida de encofrado, la variable “forma” presentó asociaciones significativas con la composición de tiempos de la mano de obra, observándose una correlación positiva fuerte con el tiempo productivo ( $r = 0.828$ ;  $p = 0.042$ ) y una correlación negativa fuerte con el tiempo contributorio ( $r = -0.828$ ;  $p = 0.042$ ). Estos resultados indican que, según la configuración geométrica del frente, la cuadrilla concentra mayor proporción del tiempo en actividades productivas directas y reduce el tiempo dedicado a apoyos y actividades auxiliares. Adicionalmente, se verificó una relación inversa muy fuerte entre TP y TC ( $r = -0.943$ ;  $p = 0.005$ ), consistente con la redistribución interna del tiempo. En contraste, no se evidenciaron relaciones significativas entre TP/TC/TNC y variables como distancia de acarreo, entibado, tipo

de cimentación, dimensiones, sobrecancho, complejidad o permanencia ( $p > 0.05$ ), ni con el rendimiento ajustado ( $p > 0.05$ ).

**e) Relación entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones**

En la partida de preparación y vaciado de concreto, no se evidenciaron relaciones estadísticamente significativas entre el uso de tiempos de producción (TP, TC y TNC) y las características de la cimentación evaluadas (forma, tipo de suelo, distancia de acarreo, entibado, tipo de cimentación, dimensiones, sobrecancho, colocación, vibrado y secuencia), dado que en todos los casos  $p > 0.05$ . Sin embargo, se identificaron relaciones internas significativas entre los componentes del tiempo: TP se asoció inversamente con TC ( $r = -0.705$ ;  $p = 0.005$ ) y TC se asoció inversamente con TNC ( $r = -0.569$ ;  $p = 0.034$ ), lo que sugiere una redistribución del tiempo entre categorías operativas. Asimismo, el rendimiento ajustado no mostró asociación significativa con TP, TC ni TNC ( $p > 0.05$ ).

**Figura 112**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en excavación de cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Suelo	Factor	Desplante	Método	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Espesor solado	Sobreancho	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	0.468	-0.345	-0.222	-0.435	-0.472	-0.374	0.324	-0.464	-0.301	-0.140	-0.286	-0.428	-0.310	-0.351	-0.272	0.137	0.033	-0.310	0.430	-0.352
TP	0.468	1.000	-0.692	-0.459	-0.522	0.180	-0.040	0.238	-0.314	-0.269	-0.176	0.036	-0.263	-0.103	-0.092	0.065	0.219	-0.400	0.277	0.215	0.007
TC	-0.345	-0.692	1.000	-0.160	0.696	-0.258	-0.083	-0.108	0.262	0.364	0.142	-0.143	-0.016	-0.241	0.055	-0.038	-0.064	0.228	-0.077	0.036	-0.213
TNC	-0.222	-0.459	-0.160	1.000	-0.087	0.007	-0.054	-0.497	0.062	0.155	-0.057	0.179	0.412	0.378	0.499	0.136	-0.110	0.284	0.005	-0.716	0.453
OP	-0.435	-0.522	0.696	-0.087	1.000	-0.274	0.197	0.802	0.323	0.050	-0.318	-0.102	-0.047	-0.167	0.218	0.000	-0.274	-0.228	0.047	-0.218	-0.174
PE	-0.472	0.180	-0.258	0.007	-0.274	1.000	0.802	-0.224	0.367	0.451	0.237	-0.186	0.482	0.357	-0.096	-0.066	-0.197	-0.181	0.245	-0.149	0.161
Trabajadores	-0.374	-0.040	-0.083	-0.054	0.197	0.802	1.000	0.116	0.350	0.200	0.191	-0.250	0.232	0.444	-0.159	-0.064	-0.310	-0.374	0.192	-0.077	0.130
Forma	0.324	0.238	-0.108	-0.497	-0.224	0.116	1.000	-0.421	-0.615	0.044	0.044	0.251	-0.641	0.145	-0.337	-0.044	-0.224	-0.206	-0.138	0.603	-0.216
Suelo	-0.464	-0.314	0.262	0.062	0.323	0.367	0.350	-0.421	1.000	0.596	0.438	-0.155	0.680	0.298	0.080	0.117	0.056	0.102	-0.030	-0.233	0.137
Factor	-0.301	-0.269	0.364	0.155	0.050	0.451	0.200	-0.615	0.596	1.000	0.504	-0.340	0.737	0.073	0.098	-0.105	-0.084	0.409	-0.145	-0.245	-0.073
Desplante	-0.140	-0.176	0.142	-0.057	-0.318	0.237	0.191	0.044	0.438	0.504	1.000	-0.166	0.461	0.425	-0.133	0.214	0.075	0.266	-0.360	0.147	-0.130
Método	-0.286	0.036	-0.143	0.179	-0.102	-0.186	-0.250	0.251	-0.155	-0.340	-0.166	1.000	-0.073	0.240	0.344	0.346	0.037	0.208	0.191	-0.167	0.609
Acarreo	-0.428	-0.263	-0.016	0.412	-0.047	0.482	0.232	-0.641	0.680	0.737	0.461	-0.073	1.000	0.387	0.170	0.082	0.005	0.397	-0.094	-0.403	0.201
Entibado	-0.310	-0.103	-0.241	0.378	-0.167	0.357	0.444	0.145	0.298	0.073	0.425	0.240	0.387	1.000	0.372	0.245	-0.322	0.000	0.073	-0.320	0.448
Cimentación	-0.351	-0.092	0.055	0.499	0.218	-0.096	-0.159	-0.337	0.080	0.098	-0.133	0.344	0.170	0.372	1.000	0.563	0.000	-0.215	0.513	-0.861	0.518
Largo	-0.272	0.065	-0.038	0.136	0.000	-0.066	-0.064	-0.044	0.117	-0.105	0.214	0.346	0.082	0.245	0.563	1.000	0.652	-0.406	0.650	-0.527	0.431
Ancho	0.137	0.219	-0.064	-0.110	-0.274	-0.197	-0.310	-0.224	0.056	-0.084	0.075	0.037	0.005	-0.322	0.000	0.652	1.000	-0.171	0.425	-0.112	0.209
Altura	0.033	-0.400	0.228	0.284	-0.228	-0.181	-0.374	-0.206	0.102	0.409	0.266	0.208	0.397	0.000	-0.215	-0.406	-0.171	1.000	-0.622	0.208	-0.014
Espesor solado	-0.310	0.277	-0.077	0.005	0.047	0.245	0.192	-0.138	-0.030	-0.145	-0.360	0.191	-0.094	0.073	0.513	0.650	0.425	-0.622	1.000	-0.535	0.443
Sobreancho	0.430	0.215	0.036	-0.716	-0.218	-0.149	-0.077	0.603	-0.233	-0.245	0.147	-0.167	-0.403	-0.320	-0.861	-0.527	-0.112	0.208	-0.535	1.000	-0.591
Rendimiento ajustado	-0.352	0.007	-0.213	0.453	-0.174	0.161	0.130	-0.216	0.137	-0.073	-0.130	0.609	0.201	0.448	0.518	0.431	0.209	-0.014	0.443	-0.591	1.000

**Figura 113**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en excavación de cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Suelo	Factor	Desplante	Método	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Espesor solado	Sobreancho	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.091	0.227	0.446	0.209	0.088	0.188	0.259	0.095	0.295	0.633	0.321	0.127	0.281	0.218	0.346	0.640	0.912	0.281	0.125	0.217
TP	0.091		0.006	0.098	0.122	0.538	0.891	0.414	0.274	0.353	0.546	0.903	0.363	0.726	0.753	0.826	0.451	0.156	0.338	0.461	0.982
TC	0.227	0.006		0.584	0.025	0.374	0.778	0.713	0.366	0.201	0.627	0.625	0.957	0.407	0.851	0.898	0.828	0.433	0.792	0.903	0.464
TNC	0.446	0.098	0.584		0.811	0.981	0.853	0.071	0.834	0.596	0.848	0.540	0.143	0.182	0.069	0.643	0.709	0.325	0.987	0.004	0.104
OP	0.209	0.122	0.025	0.811		0.444	0.586		0.363	0.891	0.370	0.779	0.898	0.645	0.545	1.000	0.444	0.526	0.898	0.545	0.631
PE	0.088	0.538	0.374	0.981	0.444		0.001	0.442	0.197	0.106	0.415	0.525	0.081	0.210	0.744	0.823	0.500	0.536	0.399	0.612	0.583
Trabajadores	0.188	0.891	0.778	0.853	0.586	0.001		0.693	0.221	0.494	0.513	0.388	0.424	0.112	0.587	0.829	0.281	0.187	0.511	0.793	0.657
Forma	0.259	0.414	0.713	0.071		0.442	0.693		0.134	0.019	0.880	0.386	0.013	0.621	0.238	0.882	0.440	0.480	0.637	0.022	0.458
Suelo	0.095	0.274	0.366	0.834	0.363	0.197	0.221	0.134		0.024	0.117	0.597	0.007	0.301	0.785	0.690	0.850	0.729	0.918	0.423	0.640
Factor	0.295	0.353	0.201	0.596	0.891	0.106	0.494	0.019	0.024		0.066	0.234	0.003	0.805	0.740	0.721	0.774	0.147	0.621	0.398	0.804
Desplante	0.633	0.546	0.627	0.848	0.370	0.415	0.513	0.880	0.117	0.066		0.571	0.097	0.130	0.650	0.463	0.798	0.359	0.206	0.615	0.657
Método	0.321	0.903	0.625	0.540	0.779	0.525	0.388	0.386	0.597	0.234	0.571		0.803	0.408	0.228	0.226	0.899	0.474	0.513	0.569	0.021
Acarreo	0.127	0.363	0.957	0.143	0.898	0.081	0.424	0.013	0.007	0.003	0.097	0.803		0.171	0.560	0.780	0.987	0.160	0.750	0.153	0.492
Entibado	0.281	0.726	0.407	0.182	0.645	0.210	0.112	0.621	0.301	0.805	0.130	0.408	0.171		0.190	0.399	0.262	1.000	0.803	0.264	0.108
Cimentación	0.218	0.753	0.851	0.069	0.545	0.744	0.587	0.238	0.785	0.740	0.650	0.228	0.560	0.190		0.036	1.000	0.460	0.060	0.000	0.058
Largo	0.346	0.826	0.898	0.643	1.000	0.823	0.829	0.882	0.690	0.721	0.463	0.226	0.780	0.399	0.036		0.011	0.149	0.012	0.053	0.124
Ancho	0.640	0.451	0.828	0.709	0.444	0.500	0.281	0.440	0.850	0.774	0.798	0.899	0.987	0.262	1.000	0.011		0.560	0.130	0.704	0.473
Altura	0.912	0.156	0.433	0.325	0.526	0.536	0.187	0.480	0.729	0.147	0.359	0.474	0.160	1.000	0.460	0.149	0.560		0.017	0.474	0.962
Espesor solado	0.281	0.338	0.792	0.987	0.898	0.399	0.511	0.637	0.918	0.621	0.206	0.513	0.750	0.803	0.060	0.012	0.130	0.017		0.049	0.113
Sobreancho	0.125	0.461	0.903	0.004	0.545	0.612	0.793	0.022	0.423	0.398	0.615	0.569	0.153	0.264	0.000	0.053	0.704	0.474	0.049		0.026
Rendimiento ajustado	0.217	0.982	0.464	0.104	0.631	0.583	0.657	0.458	0.640	0.804	0.657	0.021	0.492	0.108	0.058	0.124	0.473	0.962	0.113	0.026	

**Figura 114**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en solado de cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Suelo	Desplante	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Espesor solado	Colocación	Vibrado	Secuencia	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	0.667	0.048	-0.786	0.247	0.038	0.038	-0.169	0.180	0.036	-0.120	-0.247	-0.327	-0.156	0.667	-0.137	0.218	-0.412	0.247	0.143	0.238
TP	0.667	1.000	-0.595	-0.952	0.577	0.485	0.485	-0.282	0.231	0.277	0.156	0.247	0.327	0.144	0.291	0.041	0.078	0.082	0.577	0.730	0.167
TC	0.048	-0.595	1.000	0.500	-0.577	-0.779	-0.779	-0.056	0.103	-0.361	-0.036	-0.412	-0.546	-0.551	0.012	0.316	-0.265	-0.577	-0.577	-0.822	-0.143
TNC	-0.786	-0.952	0.500	1.000	-0.412	-0.472	-0.472	0.056	-0.180	-0.277	0.000	-0.247	-0.109	-0.108	-0.364	0.137	-0.218	0.082	-0.412	-0.574	-0.190
OP	0.247	0.577	-0.577	-0.412	1.000	0.619	0.619	-0.488	0.356	0.501	0.249	-0.143	0.378	0.581	0.588	0.095	-0.216	0.143	1.000	0.632	0.082
PE	0.038	0.485	-0.779	-0.472	0.619	1.000	1.000	0.302	0.248	0.776	-0.013	0.442	0.351	0.835	0.280	-0.265	0.000	0.000	0.619	0.539	-0.128
Trabajadores	0.038	0.485	-0.779	-0.472	0.619	1.000	1.000	0.302	0.248	0.776	-0.013	0.442	0.351	0.835	0.280	-0.265	0.000	0.000	0.619	0.539	-0.128
Forma	-0.169	-0.282	-0.056	0.056	-0.488	0.302	0.302	1.000	-0.365	0.114	-0.624	0.293	-0.258	0.227	-0.172	-0.586	0.443	-0.293	-0.488	-0.247	-0.169
Suelo	0.180	0.231	0.103	-0.180	0.356	0.248	0.248	-0.365	1.000	0.755	0.776	0.356	0.000	0.246	0.314	0.535	-0.808	-0.356	0.356	-0.155	-0.154
Desplante	0.036	0.277	-0.361	-0.277	0.501	0.776	0.776	0.114	0.755	1.000	0.436	0.501	0.055	0.673	0.362	0.097	-0.505	-0.250	0.501	0.059	-0.108
Acarreo	-0.120	0.156	-0.036	0.000	0.249	-0.013	-0.013	-0.624	0.776	0.436	1.000	0.415	0.165	-0.042	-0.085	0.622	-0.753	0.249	0.249	-0.039	0.108
Entibado	-0.247	0.247	-0.412	-0.247	-0.143	0.442	0.442	0.293	0.356	0.501	0.415	1.000	0.378	0.249	-0.504	0.095	-0.216	0.143	-0.143	0.181	-0.247
Cimentación	-0.327	0.327	-0.546	-0.109	0.378	0.351	0.351	-0.258	0.000	0.055	0.165	0.378	1.000	0.439	-0.389	0.189	-0.071	0.378	0.378	0.777	-0.546
Largo	-0.156	0.144	-0.551	-0.108	0.581	0.835	0.835	0.227	0.246	0.673	-0.042	0.249	0.439	1.000	0.329	-0.339	-0.008	-0.083	0.581	0.413	-0.479
Ancho	0.667	0.291	0.012	-0.364	0.588	0.280	0.280	-0.172	0.314	0.362	-0.085	-0.504	-0.389	0.329	1.000	-0.252	0.032	-0.420	0.588	0.000	0.182
Altura	-0.137	0.041	0.316	0.137	0.095	-0.265	-0.265	-0.586	0.535	0.097	0.622	0.095	0.189	-0.339	-0.252	1.000	-0.864	-0.095	0.095	-0.120	-0.041
Espesor solado	0.218	0.078	-0.265	-0.218	-0.216	0.000	0.000	0.443	-0.808	-0.505	-0.753	-0.216	-0.071	-0.008	0.032	-0.864	1.000	0.216	-0.216	0.273	0.109
Colocación	-0.412	0.082	-0.577	0.082	0.143	0.000	0.000	-0.293	-0.356	-0.250	0.249	0.143	0.378	-0.083	-0.420	-0.095	0.216	1.000	0.143	0.452	0.412
Vibrado	0.247	0.577	-0.577	-0.412	1.000	0.619	0.619	-0.488	0.356	0.501	0.249	-0.143	0.378	0.581	0.588	0.095	-0.216	0.143	1.000	0.632	0.082
Secuencia	0.143	0.730	-0.822	-0.574	0.632	0.539	0.539	-0.247	-0.155	0.059	-0.039	0.181	0.777	0.413	0.000	-0.120	0.273	0.452	0.632	1.000	-0.104
Rendimiento ajustado	0.238	0.167	-0.143	-0.190	0.082	-0.128	-0.128	-0.169	-0.154	-0.108	0.108	-0.247	-0.546	-0.479	0.182	-0.041	0.109	0.412	0.082	-0.104	1.000

**Figura 115**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en solado de cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Suelo	Desplante	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Espesor solado	Colocación	Vibrado	Secuencia	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.071	0.911	0.021	0.555	0.928	0.928	0.689	0.670	0.932	0.778	0.555	0.429	0.713	0.071	0.745	0.604	0.310	0.555	0.735	0.570
TP	0.071		0.120	0.000	0.134	0.223	0.223	0.499	0.581	0.506	0.713	0.555	0.429	0.734	0.484	0.923	0.854	0.846	0.134	0.040	0.693
TC	0.911	0.120		0.207	0.134	0.023	0.023	0.895	0.808	0.379	0.933	0.310	0.162	0.157	0.977	0.446	0.526	0.134	0.134	0.012	0.736
TNC	0.021	0.000	0.207		0.310	0.237	0.237	0.895	0.670	0.506	1.000	0.555	0.797	0.799	0.376	0.745	0.604	0.846	0.310	0.137	0.651
OP	0.555	0.134	0.134	0.310		0.102	0.102	0.220	0.386	0.206	0.552	0.736	0.356	0.131	0.125	0.823	0.607	0.736		0.092	0.846
PE	0.928	0.223	0.023	0.237	0.102			0.467	0.553	0.024	0.976	0.272	0.394	0.010	0.502	0.525	1.000	1.000	0.102	0.168	0.763
Trabajadores	0.928	0.223	0.023	0.237	0.102			0.467	0.553	0.024	0.976	0.272	0.394	0.010	0.502	0.525	1.000	1.000	0.102	0.168	0.763
Forma	0.689	0.499	0.895	0.895	0.220	0.467	0.467		0.374	0.788	0.099	0.482	0.537	0.589	0.684	0.127	0.272	0.482	0.220	0.556	0.689
Suelo	0.670	0.581	0.808	0.670	0.386	0.553	0.553	0.374		0.030	0.024	0.386	1.000	0.557	0.448	0.172	0.015	0.386	0.386	0.714	0.715
Desplante	0.932	0.506	0.379	0.506	0.206	0.024	0.024	0.788	0.030		0.280	0.206	0.897	0.068	0.378	0.819	0.202	0.550	0.206	0.889	0.798
Acarreo	0.778	0.713	0.933	1.000	0.552	0.976	0.976	0.099	0.024	0.280		0.307	0.697	0.921	0.841	0.099	0.031	0.552	0.552	0.926	0.799
Entibado	0.555	0.555	0.310	0.555	0.736	0.272	0.272	0.482	0.386	0.206	0.307		0.356	0.552	0.203	0.823	0.607	0.736	0.736	0.668	0.555
Cimentación	0.429	0.429	0.162	0.797	0.356	0.394	0.394	0.537	1.000	0.897	0.697	0.356		0.276	0.341	0.654	0.867	0.356	0.356	0.023	0.162
Largo	0.713	0.734	0.157	0.799	0.131	0.010	0.010	0.589	0.557	0.068	0.921	0.552	0.276		0.426	0.412	0.985	0.845	0.131	0.309	0.230
Ancho	0.071	0.484	0.977	0.376	0.125	0.502	0.502	0.684	0.448	0.378	0.841	0.203	0.341	0.426		0.547	0.941	0.300	0.125	1.000	0.666
Altura	0.745	0.923	0.446	0.745	0.823	0.525	0.525	0.127	0.172	0.819	0.099	0.823	0.654	0.412	0.547		0.006	0.823	0.823	0.776	0.923
Espesor solado	0.604	0.854	0.526	0.604	0.607	1.000	1.000	0.272	0.015	0.202	0.031	0.607	0.867	0.985	0.941	0.006		0.607	0.607	0.513	0.797
Colocación	0.310	0.846	0.134	0.846	0.736	1.000	1.000	0.482	0.386	0.550	0.552	0.736	0.356	0.845	0.300	0.823	0.607		0.736	0.261	0.310
Vibrado	0.555	0.134	0.134	0.310		0.102	0.102	0.220	0.386	0.206	0.552	0.736	0.356	0.131	0.125	0.823	0.607	0.736		0.092	0.846
Secuencia	0.735	0.040	0.012	0.137	0.092	0.168	0.168	0.556	0.714	0.889	0.926	0.668	0.023	0.309	1.000	0.776	0.513	0.261	0.092		0.806
Rendimiento ajustado	0.570	0.693	0.736	0.651	0.846	0.763	0.763	0.689	0.715	0.798	0.799	0.555	0.162	0.230	0.666	0.923	0.797	0.310	0.846	0.806	

**Figura 116**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Sobrancho	Diámetro	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	0.354	-0.024	-0.213	-0.510	0.468	-0.034	0.324	-0.428	-0.310	-0.351	-0.272	0.137	0.089	0.430	-0.015	0.288
TP	0.354	1.000	-0.367	-0.233	-0.118	-0.143	-0.288	-0.108	0.344	0.034	-0.166	-0.011	0.283	0.356	-0.036	0.165	0.275
TC	-0.024	-0.367	1.000	-0.708	0.078	0.360	0.432	-0.065	0.090	0.378	0.351	-0.161	-0.480	-0.194	-0.179	0.072	-0.670
TNC	-0.213	-0.233	-0.708	1.000	0.294	-0.236	-0.023	-0.130	-0.141	-0.448	-0.037	0.306	0.455	0.014	-0.018	-0.346	0.381
OP	-0.510	-0.118	0.078	0.294	1.000	-0.237	0.326	-0.826	0.402	-0.175	0.519	0.219	0.183	0.020	-0.730	-0.069	-0.314
PE	0.468	-0.143	0.360	-0.236	-0.237	1.000	0.860	0.312	-0.489	-0.288	-0.237	-0.166	-0.006	-0.326	0.382	-0.014	-0.108
Trabajadores	-0.034	-0.288	0.432	-0.023	0.326	0.860	1.000	-0.157	-0.075	-0.286	-0.077	-0.151	0.008	-0.109	0.093	0.075	-0.368
Forma	0.324	-0.108	-0.065	-0.130	-0.826	0.312	-0.157	1.000	-0.641	0.145	-0.337	-0.044	-0.224	-0.247	0.603	-0.228	0.324
Acarreo	-0.428	0.344	0.090	-0.141	0.402	-0.489	-0.075	-0.641	1.000	0.387	0.170	0.082	0.005	0.395	-0.403	0.277	-0.378
Entibado	-0.310	0.034	0.378	-0.448	-0.175	-0.288	-0.286	0.145	0.387	1.000	0.372	0.245	-0.322	0.036	-0.320	-0.040	-0.310
Cimentación	-0.351	-0.166	0.351	-0.037	0.519	-0.237	-0.077	-0.337	0.170	0.372	1.000	0.563	0.000	-0.173	-0.861	-0.586	-0.240
Largo	-0.272	-0.011	-0.161	0.306	0.219	-0.166	-0.151	-0.044	0.082	0.245	0.563	1.000	0.652	-0.400	-0.527	-0.383	0.154
Ancho	0.137	0.283	-0.480	0.455	0.183	-0.006	0.008	-0.224	0.005	-0.322	0.000	0.652	1.000	-0.147	-0.112	0.055	0.446
Altura	0.089	0.356	-0.194	0.014	0.020	-0.326	-0.109	-0.247	0.395	0.036	-0.173	-0.400	-0.147	1.000	0.149	0.166	0.107
Sobrancho	0.430	-0.036	-0.179	-0.018	-0.730	0.382	0.093	0.603	-0.403	-0.320	-0.861	-0.527	-0.112	0.149	1.000	0.336	0.286
Diámetro	-0.015	0.165	0.072	-0.346	-0.069	-0.014	0.075	-0.228	0.277	-0.040	-0.586	-0.383	0.055	0.166	0.336	1.000	-0.222
Rendimiento ajustado	0.288	0.275	-0.670	0.381	-0.314	-0.108	-0.368	0.324	-0.378	-0.310	-0.240	0.154	0.446	0.107	0.286	-0.222	1.000

**Figura 117**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en habilitación y colocación de acero en cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Sobrancho	Diámetro	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.215	0.935	0.464	0.063	0.107	0.907	0.259	0.127	0.281	0.218	0.346	0.640	0.762	0.125	0.958	0.318
TP	0.215		0.197	0.422	0.689	0.640	0.318	0.713	0.228	0.907	0.570	0.970	0.326	0.211	0.903	0.573	0.342
TC	0.935	0.197		0.005	0.790	0.227	0.123	0.826	0.760	0.182	0.218	0.583	0.083	0.506	0.540	0.806	0.009
TNC	0.464	0.422	0.005		0.307	0.438	0.938	0.659	0.631	0.108	0.900	0.287	0.102	0.963	0.952	0.225	0.179
OP	0.063	0.689	0.790	0.307		0.435	0.255	0.000	0.155	0.549	0.057	0.452	0.530	0.945	0.003	0.814	0.275
PE	0.107	0.640	0.227	0.438	0.435		0.000	0.300	0.090	0.341	0.435	0.589	0.984	0.277	0.197	0.963	0.725
Trabajadores	0.907	0.318	0.123	0.938	0.255	0.000		0.592	0.799	0.321	0.794	0.607	0.977	0.710	0.752	0.799	0.196
Forma	0.259	0.713	0.826	0.659	0.000	0.300	0.592		0.013	0.621	0.238	0.882	0.440	0.395	0.022	0.433	0.259
Acarreo	0.127	0.228	0.760	0.631	0.155	0.090	0.799	0.013		0.171	0.560	0.780	0.987	0.162	0.153	0.337	0.183
Entibado	0.281	0.907	0.182	0.108	0.549	0.341	0.321	0.621	0.171		0.190	0.399	0.262	0.903	0.264	0.891	0.281
Cimentación	0.218	0.570	0.218	0.900	0.057	0.435	0.794	0.238	0.560	0.190		0.036	1.000	0.554	0.000	0.028	0.408
Largo	0.346	0.970	0.583	0.287	0.452	0.589	0.607	0.882	0.780	0.399	0.036		0.011	0.156	0.053	0.177	0.599
Ancho	0.640	0.326	0.083	0.102	0.530	0.984	0.977	0.440	0.987	0.262	1.000	0.011		0.615	0.704	0.852	0.110
Altura	0.762	0.211	0.506	0.963	0.945	0.277	0.710	0.395	0.162	0.903	0.554	0.156	0.615		0.611	0.570	0.715
Sobrancho	0.125	0.903	0.540	0.952	0.003	0.197	0.752	0.022	0.153	0.264	0.000	0.053	0.704	0.611		0.240	0.321
Diámetro	0.958	0.573	0.806	0.225	0.814	0.963	0.799	0.433	0.337	0.891	0.028	0.177	0.852	0.570	0.240		0.446
Rendimiento ajustado	0.318	0.342	0.009	0.179	0.275	0.725	0.196	0.259	0.183	0.281	0.408	0.599	0.110	0.715	0.321	0.446	

**Figura 118**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en encofrado de cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Sobrecancho	Complejidad	Permanencia	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	-0.086	0.029	-0.029	0.131	0.455	0.455	0.000	-0.334	-0.393	-0.393	0.200	0.618	-0.278	0.393	-0.393	-0.676	-0.029
TP	-0.086	1.000	-0.943	0.371	-0.655	-0.334	-0.334	0.828	-0.273	0.393	-0.655	-0.429	-0.265	-0.525	0.655	0.393	0.338	0.371
TC	0.029	-0.943	1.000	-0.543	0.393	0.152	0.152	-0.828	0.213	-0.393	0.655	0.143	0.000	0.617	-0.655	-0.393	-0.338	-0.257
TNC	-0.029	0.371	-0.543	1.000	0.393	0.516	0.516	0.000	0.213	0.131	-0.655	-0.029	0.353	-0.062	0.655	0.131	0.507	0.600
OP	0.131	-0.655	0.393	0.393	1.000	0.696	0.696	-0.632	0.417	-0.200	0.200	0.655	0.674	0.283	-0.200	-0.200	0.000	-0.131
PE	0.455	-0.334	0.152	0.516	0.696	1.000	1.000	-0.440	-0.226	-0.696	-0.417	0.334	0.844	-0.131	0.417	-0.696	-0.359	0.152
Trabajadores	0.455	-0.334	0.152	0.516	0.696	1.000	1.000	-0.440	-0.226	-0.696	-0.417	0.334	0.844	-0.131	0.417	-0.696	-0.359	0.152
Forma	0.000	0.828	-0.828	0.000	-0.632	-0.440	-0.440	1.000	-0.440	0.316	-0.316	0.000	-0.107	-0.783	0.316	0.316	0.000	-0.207
Acarreo	-0.334	-0.273	0.213	0.213	0.417	-0.226	-0.226	-0.440	1.000	0.696	0.417	0.030	-0.281	0.787	-0.417	0.696	0.718	0.213
Entibado	-0.393	0.393	-0.393	0.131	-0.200	-0.696	-0.696	0.316	0.696	1.000	0.200	-0.131	-0.539	0.283	-0.200	1.000	0.775	0.131
Cimentación	-0.393	-0.655	0.655	-0.655	0.200	-0.417	-0.417	-0.316	0.417	0.200	1.000	0.393	-0.270	0.424	-1.000	0.200	0.000	-0.655
Largo	0.200	-0.429	0.143	-0.029	0.655	0.334	0.334	0.000	0.030	-0.131	0.393	1.000	0.706	-0.309	-0.393	-0.131	-0.338	-0.771
Ancho	0.618	-0.265	0.000	0.353	0.674	0.844	0.844	-0.107	-0.281	-0.539	-0.270	0.706	1.000	-0.429	0.270	-0.539	-0.522	-0.265
Altura	-0.278	-0.525	0.617	-0.062	0.283	-0.131	-0.131	-0.783	0.787	0.283	0.424	-0.309	-0.429	1.000	-0.424	0.283	0.456	0.370
Sobrecancho	0.393	0.655	-0.655	0.655	-0.200	0.417	0.417	0.316	-0.417	-0.200	-1.000	-0.393	0.270	-0.424	1.000	-0.200	0.000	0.655
Complejidad	-0.393	0.393	-0.393	0.131	-0.200	-0.696	-0.696	0.316	0.696	1.000	0.200	-0.131	-0.539	0.283	-0.200	1.000	0.775	0.131
Permanencia	-0.676	0.338	-0.338	0.507	0.000	-0.359	-0.359	0.000	0.718	0.775	0.000	-0.338	-0.522	0.456	0.000	0.775	1.000	0.507
Rendimiento ajustado	-0.029	0.371	-0.257	0.600	-0.131	0.152	0.152	-0.207	0.213	0.131	-0.655	-0.771	-0.265	0.370	0.655	0.131	0.507	1.000

**Figura 119**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en encofrado de cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Sobrecancho	Complejidad	Permanencia	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.872	0.957	0.957	0.805	0.364	0.364	1.000	0.518	0.441	0.441	0.704	0.191	0.594	0.441	0.441	0.140	0.957
TP	0.872		0.005	0.468	0.158	0.518	0.518	0.042	0.600	0.441	0.158	0.397	0.612	0.285	0.158	0.441	0.512	0.468
TC	0.957	0.005		0.266	0.441	0.774	0.774	0.042	0.686	0.441	0.158	0.787	1.000	0.192	0.158	0.441	0.512	0.623
TNC	0.957	0.468	0.266		0.441	0.295	0.295	1.000	0.686	0.805	0.158	0.957	0.492	0.908	0.158	0.805	0.305	0.208
OP	0.805	0.158	0.441	0.441		0.125	0.125	0.178	0.410	0.704	0.704	0.158	0.142	0.587	0.704	0.704	1.000	0.805
PE	0.364	0.518	0.774	0.295	0.125			0.383	0.667	0.125	0.410	0.518	0.035	0.804	0.410	0.125	0.484	0.774
Trabajadores	0.364	0.518	0.774	0.295	0.125			0.383	0.667	0.125	0.410	0.518	0.035	0.804	0.410	0.125	0.484	0.774
Forma	1.000	0.042	0.042	1.000	0.178	0.383	0.383		0.383	0.541	0.541	1.000	0.841	0.066	0.541	0.541	1.000	0.694
Acarreo	0.518	0.600	0.686	0.686	0.410	0.667	0.667	0.383		0.125	0.410	0.954	0.589	0.063	0.410	0.125	0.108	0.686
Entibado	0.441	0.441	0.441	0.805	0.704	0.125	0.125	0.541	0.125		0.704	0.805	0.269	0.587	0.704		0.070	0.805
Cimentación	0.441	0.158	0.158	0.158	0.704	0.410	0.410	0.541	0.410	0.704		0.441	0.605	0.402		0.704	1.000	0.158
Largo	0.704	0.397	0.787	0.957	0.158	0.518	0.518	1.000	0.954	0.805	0.441		0.117	0.552	0.441	0.805	0.512	0.072
Ancho	0.191	0.612	1.000	0.492	0.142	0.035	0.035	0.841	0.589	0.269	0.605	0.117		0.396	0.605	0.269	0.288	0.612
Altura	0.594	0.285	0.192	0.908	0.587	0.804	0.804	0.066	0.063	0.587	0.402	0.552	0.396		0.402	0.587	0.363	0.470
Sobrecancho	0.441	0.158	0.158	0.158	0.704	0.410	0.410	0.541	0.410	0.704		0.441	0.605	0.402		0.704	1.000	0.158
Complejidad	0.441	0.441	0.441	0.805	0.704	0.125	0.125	0.541	0.125		0.704	0.805	0.269	0.587	0.704		0.070	0.805
Permanencia	0.140	0.512	0.512	0.305	1.000	0.484	0.484	1.000	0.108	0.070	1.000	0.512	0.288	0.363	1.000	0.070		0.305
Rendimiento ajustado	0.957	0.468	0.623	0.208	0.805	0.774	0.774	0.694	0.686	0.805	0.158	0.072	0.612	0.470	0.158	0.805	0.305	

**Figura 120**

*Correlación de Spearman entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones*

Coefficiente de correlación	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Suelo	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Sobrecancho	Colocación	Vibrado	Secuencia	Rendimiento ajustado
Vivienda	1.000	0.257	-0.007	-0.336	-0.103	0.016	-0.023	0.324	-0.464	-0.428	-0.310	-0.351	-0.272	0.137	0.089	0.430	-0.238	-0.103	-0.218	0.442
TP	0.257	1.000	-0.705	-0.108	0.241	-0.378	-0.288	0.194	-0.319	-0.311	0.378	0.277	0.188	0.000	-0.265	-0.036	0.194	0.241	0.508	-0.020
TC	-0.007	-0.705	1.000	-0.569	-0.103	-0.088	-0.118	0.022	0.183	0.207	-0.310	-0.203	0.185	0.260	-0.174	0.036	-0.065	-0.103	-0.413	0.042
TNC	-0.336	-0.108	-0.569	1.000	-0.034	0.448	0.418	-0.281	0.200	0.131	0.172	0.203	-0.413	-0.532	0.466	-0.215	-0.108	-0.034	0.123	-0.112
OP	-0.103	0.241	-0.103	-0.034	1.000	0.071	0.320	-0.531	0.298	0.317	-0.077	0.372	0.454	0.465	0.036	-0.320	0.145	1.000	0.509	0.103
PE	0.016	-0.378	-0.088	0.448	0.071	1.000	0.967	-0.311	0.244	0.289	-0.142	-0.171	-0.300	0.082	0.864	0.129	-0.311	0.071	-0.286	0.396
Trabajadores	-0.023	-0.288	-0.118	0.418	0.320	0.967	1.000	-0.424	0.301	0.351	-0.142	-0.057	-0.159	0.196	0.825	0.037	-0.245	0.320	-0.132	0.400
Forma	0.324	0.194	0.022	-0.281	-0.531	-0.311	-0.424	1.000	-0.421	-0.641	0.145	-0.337	-0.044	-0.224	-0.247	0.603	-0.273	-0.531	-0.344	0.108
Suelo	-0.464	-0.319	0.183	0.200	0.298	0.244	0.301	-0.421	1.000	0.680	0.298	0.080	0.117	0.056	0.144	-0.233	-0.327	0.298	0.012	0.150
Acarreo	-0.428	-0.311	0.207	0.131	0.317	0.289	0.351	-0.641	0.680	1.000	0.387	0.170	0.082	0.005	0.395	-0.403	0.066	0.317	0.069	-0.293
Entibado	-0.310	0.378	-0.310	0.172	-0.077	-0.142	-0.142	0.145	0.298	0.387	1.000	0.372	0.245	-0.322	0.036	-0.320	0.145	-0.077	0.274	-0.241
Cimentación	-0.351	0.277	-0.203	0.203	0.372	-0.171	-0.057	-0.337	0.080	0.170	0.372	1.000	0.563	0.000	-0.173	-0.861	0.389	0.372	0.863	-0.240
Largo	-0.272	0.188	0.185	-0.413	0.454	-0.300	-0.159	-0.044	0.117	0.082	0.245	0.563	1.000	0.652	-0.400	-0.527	0.329	0.454	0.578	0.040
Ancho	0.137	0.000	0.260	-0.532	0.465	0.082	0.196	-0.224	0.056	0.005	-0.322	0.000	0.652	1.000	-0.147	-0.112	0.157	0.465	0.203	0.462
Altura	0.089	-0.265	-0.174	0.466	0.036	0.864	0.825	-0.247	0.144	0.395	0.036	-0.173	-0.400	-0.147	1.000	0.149	-0.247	0.036	-0.313	0.176
Sobrecancho	0.430	-0.036	0.036	-0.215	-0.320	0.129	0.037	0.603	-0.233	-0.403	-0.320	-0.861	-0.527	-0.112	0.149	1.000	-0.452	-0.320	-0.713	0.286
Colocación	-0.238	0.194	-0.065	-0.108	0.145	-0.311	-0.245	-0.273	-0.327	0.066	0.145	0.389	0.329	0.157	-0.247	-0.452	1.000	0.145	0.442	-0.194
Vibrado	-0.103	0.241	-0.103	-0.034	1.000	0.071	0.320	-0.531	0.298	0.317	-0.077	0.372	0.454	0.465	0.036	-0.320	0.145	1.000	0.509	0.103
Secuencia	-0.218	0.508	-0.413	0.123	0.509	-0.286	-0.132	-0.344	0.012	0.069	0.274	0.863	0.578	0.203	-0.313	-0.713	0.442	0.509	1.000	-0.173
Rendimiento ajustado	0.442	-0.020	0.042	-0.112	0.103	0.396	0.400	0.108	0.150	-0.293	-0.241	-0.240	0.040	0.462	0.176	0.286	-0.194	0.103	-0.173	1.000

**Figura 121**

*Sig. Bilateral entre las características de las cimentaciones y el uso de los tiempos de producción de la mano de obra en preparación y vaciado de concreto en cimentaciones*

Sig. (bilateral)	Vivienda	TP	TC	TNC	OP	PE	Trabajadores	Forma	Suelo	Acarreo	Entibado	Cimentación	Largo	Ancho	Altura	Sobrecancho	Colocación	Vibrado	Secuencia	Rendimiento ajustado
Vivienda		0.375	0.982	0.240	0.726	0.957	0.939	0.259	0.095	0.127	0.281	0.218	0.346	0.640	0.762	0.125	0.414	0.726	0.455	0.114
TP	0.375		0.005	0.714	0.407	0.183	0.317	0.506	0.266	0.280	0.182	0.337	0.521	1.000	0.360	0.903	0.506	0.407	0.064	0.946
TC	0.982	0.005		0.034	0.726	0.764	0.688	0.942	0.531	0.478	0.281	0.486	0.526	0.368	0.553	0.903	0.826	0.726	0.142	0.887
TNC	0.240	0.714	0.034		0.907	0.108	0.137	0.331	0.493	0.657	0.557	0.486	0.142	0.050	0.093	0.461	0.713	0.907	0.676	0.703
OP	0.726	0.407	0.726	0.907		0.810	0.265	0.051	0.301	0.269	0.794	0.190	0.103	0.094	0.903	0.264	0.621		0.063	0.726
PE	0.957	0.183	0.764	0.108	0.810		0.000	0.279	0.401	0.316	0.629	0.558	0.298	0.780	0.000	0.661	0.279	0.810	0.322	0.161
Trabajadores	0.939	0.317	0.688	0.137	0.265	0.000		0.131	0.295	0.218	0.628	0.846	0.587	0.502	0.000	0.900	0.398	0.265	0.653	0.157
Forma	0.259	0.506	0.942	0.331	0.051	0.279	0.131		0.134	0.013	0.621	0.238	0.882	0.440	0.395	0.022	0.345	0.051	0.228	0.713
Suelo	0.095	0.266	0.531	0.493	0.301	0.401	0.295	0.134		0.007	0.301	0.785	0.690	0.850	0.625	0.423	0.253	0.301	0.967	0.609
Acarreo	0.127	0.280	0.478	0.657	0.269	0.316	0.218	0.013	0.007		0.171	0.560	0.780	0.987	0.162	0.153	0.822	0.269	0.814	0.310
Entibado	0.281	0.182	0.281	0.557	0.794	0.629	0.628	0.621	0.301	0.171		0.190	0.399	0.262	0.903	0.264	0.621	0.794	0.343	0.407
Cimentación	0.218	0.337	0.486	0.486	0.190	0.558	0.846	0.238	0.785	0.560	0.190		0.036	1.000	0.554	0.000	0.169	0.190	0.000	0.408
Largo	0.346	0.521	0.526	0.142	0.103	0.298	0.587	0.882	0.690	0.780	0.399	0.036		0.011	0.156	0.053	0.251	0.103	0.030	0.892
Ancho	0.640	1.000	0.368	0.050	0.094	0.780	0.502	0.440	0.850	0.987	0.262	1.000	0.011		0.615	0.704	0.592	0.094	0.487	0.097
Altura	0.762	0.360	0.553	0.093	0.903	0.000	0.000	0.395	0.625	0.162	0.903	0.554	0.156	0.615		0.611	0.395	0.903	0.275	0.547
Sobrecancho	0.125	0.903	0.903	0.461	0.264	0.661	0.900	0.022	0.423	0.153	0.264	0.000	0.053	0.704	0.611		0.104	0.264	0.004	0.321
Colocación	0.414	0.506	0.826	0.713	0.621	0.279	0.398	0.345	0.253	0.822	0.621	0.169	0.251	0.592	0.395	0.104		0.621	0.113	0.506
Vibrado	0.726	0.407	0.726	0.907		0.810	0.265	0.051	0.301	0.269	0.794	0.190	0.103	0.094	0.903	0.264	0.621		0.063	0.726
Secuencia	0.455	0.064	0.142	0.676	0.063	0.322	0.653	0.228	0.967	0.814	0.343	0.000	0.030	0.487	0.275	0.004	0.113	0.063		0.555
Rendimiento ajustado	0.114	0.946	0.887	0.703	0.726	0.161	0.157	0.713	0.609	0.310	0.407	0.408	0.892	0.097	0.547	0.321	0.506	0.726	0.555	

#### **4.1.4.3. Relación entre las características de los trabajadores y el rendimiento y la productividad de la mano de obra.**

En la Tabla 43 se observa que las 14 viviendas evaluadas presentaron cuadrillas con edades promedio entre 29.33 y 60.50 años, y experiencia laboral promedio entre 3.50 y 48.33 años. Sin embargo, estos valores no muestran una relación directa y uniforme con el rendimiento diario de las actividades de cimentación, debido a que viviendas con trabajadores de menor edad o menor experiencia también alcanzaron rendimientos altos en excavación, acero y concreto.

De acuerdo con la Figura 122, la edad y la experiencia laboral presentan una correlación positiva considerable entre sí ( $\rho = 0.689$ ), lo que indica que, a mayor edad promedio, generalmente existe mayor experiencia laboral. No obstante, su relación con el rendimiento fue débil o moderada: la edad tuvo correlación casi nula con la excavación ( $\rho = 0.066$ ), negativa baja con la habilitación y colocación de acero ( $\rho = -0.339$ ) y negativa moderada con el vaciado de concreto ( $\rho = -0.462$ ); mientras que la experiencia laboral mostró correlaciones débiles o casi nulas con dichas actividades.

Respecto a la productividad, la edad y la experiencia no se relacionaron de forma importante con el trabajo productivo en excavación y acero, pero sí mostraron una relación positiva moderada con el tiempo contributorio en concreto, con  $\rho = 0.464$  para la edad y  $\rho = 0.418$  para la experiencia. Asimismo, ambas variables presentaron relación negativa moderada con el tiempo no contributorio en concreto, lo que sugiere que las cuadrillas con mayor edad y experiencia tendieron a reducir tiempos improductivos durante esta actividad, aunque sin evidenciar necesariamente mayores rendimientos físicos diarios.

**Tabla 43**

*Datos que sirvieron para la correlación entre las características técnicas de los trabajadores y el rendimiento y productividad de la mano de obra en cimentaciones*

Vivienda	Promedio de Edad (años)	Promedio de Experiencia laboral (años)	Excavación (m3/día)	Habilitación y colocación de acero (kg/día)	Vaciado de concreto (m3)	TP_excavación	TC_excavación	TNC_excavación	TP_acero	TC_acero	TNC_acero	TP_concreto	TC_concreto	TNC_concreto
1	60.50	48.33	2.30	228.54	22.11	60.00%	29.58%	10.42%	44.69%	16.77%	38.54%	20.00%	70.05%	9.95%
2	32.50	3.50	3.76	227.26	22.22	41.25%	46.67%	12.08%	33.23%	30.31%	36.46%	21.67%	58.25%	20.08%
3	38.60	14.60	4.03	202.49	23.26	47.42%	27.17%	25.42%	47.71%	46.04%	6.25%	32.08%	48.58%	19.33%
4	30.00	5.14	3.89	224.08	23.35	50.56%	31.11%	18.33%	54.86%	34.31%	10.83%	24.40%	49.52%	26.07%
5	36.00	7.17	3.47	226.87	23.55	45.14%	28.33%	26.53%	62.36%	22.36%	15.28%	14.44%	69.17%	16.39%
6	35.57	9.00	2.64	215.30	25.64	46.08%	39.67%	14.25%	34.38%	40.83%	24.79%	29.52%	56.19%	14.29%
7	36.67	8.67	4.02	280.24	28.92	62.60%	31.15%	6.25%	60.00%	29.38%	10.63%	26.43%	62.44%	11.13%
8	29.83	5.50	2.77	369.94	28.28	40.83%	36.67%	22.50%	42.92%	16.67%	40.42%	26.90%	48.39%	24.70%
9	30.00	9.75	1.31	249.37	28.11	43.75%	45.42%	10.83%	45.73%	45.10%	9.17%	15.63%	63.33%	21.04%
10	32.33	6.00	2.31	202.33	24.16	63.02%	25.31%	11.67%	32.08%	59.31%	8.61%	31.04%	56.77%	12.19%
11	29.33	6.33	2.64	239.87	24.71	63.85%	28.75%	7.40%	46.25%	29.79%	23.96%	45.21%	40.83%	13.96%
12	38.75	9.00	1.42	187.02	17.57	49.38%	38.85%	11.77%	56.46%	32.71%	10.83%	27.71%	53.89%	18.40%
13	30.75	6.50	3.26	282.83	26.47	65.00%	17.71%	17.29%	59.38%	28.54%	12.08%	28.61%	69.03%	2.36%
14	37.50	11.25	2.89	308.28	27.49	61.25%	26.88%	11.88%	64.38%	22.71%	12.92%	20.18%	69.74%	10.09%

**Figura 122**

*Correlación de Spearman entre las características técnicas de los trabajadores y el rendimiento y productividad de la mano de obra en cimentaciones*

Correlaciones	Vivienda	Promedio de Edad (años)	Promedio de Experiencia laboral	Excavación (m3/día)	Habilitación y colocación de ac	Vaciado de concreto (m3)	TP_excavación	TC_excavación	TNC_excavación	TP_acero	TC_acero	TNC_acero	TP_concreto	TC_concreto
Promedio de Edad (años)	-0.233	1.000	0.689	0.066	-0.339	-0.462	0.031	-0.088	-0.053	0.290	-0.073	-0.116	-0.205	0.464
Promedio de Experiencia laboral	0.007	0.689	1.000	-0.244	-0.040	-0.064	0.077	-0.128	-0.194	0.299	0.002	-0.206	-0.152	0.418
Excavación (m3/día)	-0.363	0.066	-0.244	1.000	0.077	0.064	-0.011	-0.200	0.468	0.341	-0.055	-0.139	0.059	-0.108
Habilitación y colocación de ac	0.288	-0.339	-0.040	0.077	1.000	0.723	0.051	-0.064	-0.130	0.275	-0.670	0.381	-0.305	0.270
Vaciado de concreto (m3)	0.442	-0.462	-0.064	0.064	0.723	1.000	0.077	-0.042	-0.147	0.174	-0.187	-0.042	-0.020	0.042
TP_excavación	0.468	0.031	0.077	-0.011	0.051	0.077	1.000	-0.692	-0.459	0.305	0.029	-0.299	0.415	0.130
TC_excavación	-0.345	-0.088	-0.128	-0.200	-0.064	-0.042	-0.692	1.000	-0.160	-0.380	0.103	0.295	-0.270	-0.200
TNC_excavación	-0.222	-0.053	-0.194	0.468	-0.130	-0.147	-0.459	-0.160	1.000	0.116	-0.068	0.084	-0.042	-0.156
TP_acero	0.354	0.290	0.299	0.341	0.275	0.174	0.305	-0.380	0.116	1.000	-0.367	-0.233	-0.284	0.332
TC_acero	-0.024	-0.073	0.002	-0.055	-0.670	-0.187	0.029	0.103	-0.068	-0.367	1.000	-0.708	0.433	-0.358
TNC_acero	-0.213	-0.116	-0.206	-0.139	0.381	-0.042	-0.299	0.295	0.084	-0.233	-0.708	1.000	-0.224	0.070
TP_concreto	0.257	-0.205	-0.152	0.059	-0.305	-0.020	0.415	-0.270	-0.042	-0.284	0.433	-0.224	1.000	-0.705
TC_concreto	-0.007	0.464	0.418	-0.108	0.270	0.042	0.130	-0.200	-0.156	0.332	-0.358	0.070	-0.705	1.000
TNC_concreto	-0.336	-0.381	-0.385	0.112	-0.213	-0.112	-0.749	0.587	0.420	-0.275	0.292	-0.040	-0.108	-0.569

## 4.2. Contrastación de hipótesis

Para la contrastación de la hipótesis se realizó análisis estadístico inferencial empleando el software Minitab 22. El proceso de análisis consideró el planteamiento de hipótesis nula ( $H_0$ ) e hipótesis alternativa ( $H_1$ ), estableciendo nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ . Previamente a la aplicación de las pruebas estadísticas, se evaluó la distribución de los datos mediante pruebas de normalidad (Anderson–Darling), determinándose que algunas de las variables analizadas no siguen distribución normal. En función de este resultado, se optó por el uso de pruebas no paramétricas tales como, Wilcoxon de 1 muestra y Kruskal-Wallis. Los resultados obtenidos permitieron contrastar la hipótesis planteada y analizar el desempeño real de la mano de obra respecto a los valores referenciales dados por CAPECO (2006).

### a) Hipótesis de estudio

La hipótesis general fue:

H1: El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024, presentan variaciones significativas asociadas a las características de la cimentación y la organización de las cuadrillas, lo que refleja niveles de desempeño inferiores en 2% a los valores referenciales establecidos por CAPECO (2006).

### b) Criterio de estudio

El proceso se realizó con nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ . Siendo así, se acepta H1 cuando el valor p es menor a 0.05, y  $H_0$  cuando el valor p es mayor a 0.05.

### c) Datos para el análisis

Se utilizaron los datos del anexo C para determinar en el programa Minitab 22 si se acepta o rechaza la hipótesis de estudio.

#### **d) Prueba de normalidad**

La prueba de normalidad de Anderson–Darling indica que los rendimientos de las partidas de excavación, solado, habilitación y colocación de acero no siguen una distribución normal, al presentar valores p menores que 0.05. En cambio, las partidas de encofrado, preparación y vaciado de concreto muestran valores p mayores que 0.05, por lo que no se rechaza la normalidad en estos casos. No obstante, dado que la mayoría de los datos no cumple con el supuesto de normalidad, el análisis estadístico se realizará mediante pruebas no paramétricas, empleando la prueba de Wilcoxon de una muestra y la prueba de Kruskal–Wallis para contrastar hipótesis.

**Tabla 44**

*Prueba de normalidad del rendimiento de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones*

Partida	AD	Valor p
Excavación	1.316	< 0.05
Solado	0.874	0.019
Habilitación y colocación de acero	1.325	< 0.05
Encofrado	0.475	0.158
Preparación y vaciado de concreto	0.427	0.289

#### **e) Prueba de Kruskal-Wallis del rendimiento de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones**

La prueba de Kruskal–Wallis evidencia diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de la mano de obra para las partidas de excavación y solado, con valores p menores que 0.05 ( $p = 0.000$  y  $p = 0.049$ , respectivamente); en estos casos, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que al menos una de las medianas de rendimiento difiere entre las cimentaciones evaluadas. En contraste, para las partidas de habilitación y colocación de acero, encofrado y preparación y vaciado de concreto,

los valores p son mayores que 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que no se identifican diferencias significativas en las medianas de rendimiento entre las características de las cimentaciones analizadas.

### **Tabla 45**

#### *Prueba de Kruskal-Wallis del rendimiento*

H<sub>0</sub>: Todas las medianas son iguales

H<sub>1</sub>: Al menos una mediana es diferente

Partida	GL	Valor H	Valor p
Excavación	13	36.87	0.000
Solado	7	14.12	0.049
Habilitación y colocación de acero	13	18.56	0.137
Encofrado	5	5.89	0.317
Preparación y vaciado de concreto	13	16.70	0.213

#### **f) Prueba de Wilcoxon de 1 muestra del rendimiento de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones**

El valor p obtenido ( $p = 0.078$ ) es mayor que 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula. En consecuencia, no se cuenta con evidencia estadística suficiente para afirmar que el rendimiento de la mano de obra en excavaciones sea inferior al valor referencial de 3 m<sup>3</sup>/día; el rendimiento observado resulta estadísticamente comparable al estándar de CAPECO.

### **Tabla 46**

#### *Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en excavaciones para cimentaciones*

Hipótesis nula            H<sub>0</sub>:  $\eta = 3$

Hipótesis alterna        H<sub>1</sub>:  $\eta < 3$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
Rendimiento	40	304.00	0.078

El valor  $p$  ( $p = 0.001$ ) es menor que  $0.05$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que el rendimiento de la mano de obra en la partida de solado es significativamente inferior al valor referencial de  $80 \text{ m}^2/\text{día}$  establecido por CAPECO, lo que evidencia un desempeño por debajo del estándar.

**Tabla 47**

*Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en el solado en cimentaciones*

Hipótesis nula	$H_0: \eta = 80$		
Hipótesis alterna	$H_1: \eta < 80$		
Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor $p$
Rendimiento	16	7.00	0.001

El valor  $p$  obtenido ( $p = 0.185$ ) es mayor que  $0.05$ , por lo que no se rechaza la hipótesis nula. En este caso, el rendimiento de la mano de obra no presenta diferencias estadísticamente significativas respecto al valor referencial de  $250 \text{ kg}/\text{día}$ , manteniéndose dentro de niveles comparables a los propuestos por CAPECO.

**Tabla 48**

*Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones*

Hipótesis nula	$H_0: \eta = 250$		
Hipótesis alterna	$H_1: \eta < 250$		
Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor $p$
Rendimiento	23	108.00	0.185

El valor  $p$  ( $p = 0.038$ ) es menor que  $0.05$ , lo que permite rechazar la hipótesis nula. Este resultado evidencia que el rendimiento de la mano de obra en encofrado es significativamente inferior al valor referencial de  $14 \text{ m}^2/\text{día}$ , lo que indica un desempeño por debajo del estándar técnico.

**Tabla 49**

*Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en el encofrado en cimentaciones*

Hipótesis nula	$H_0: \eta = 14$		
Hipótesis alterna	$H_1: \eta < 14$		
Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
Rendimiento	7	3.00	0.038

El valor p obtenido ( $p = 0.242$ ) es mayor que 0.05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula. En consecuencia, no se identifican diferencias significativas entre el rendimiento observado y el valor referencial de 25 m<sup>3</sup>/día.

**Tabla 50**

*Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para rendimiento de la mano de obra en la preparación y vaciado de concreto en cimentaciones*

Hipótesis nula	$H_0: \eta = 25$		
Hipótesis alterna	$H_1: \eta < 25$		
Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
Rendimiento	24	125.00	0.242

### **g) Inferencia final**

En las pruebas Kruskal-Wallis y Wilcoxon de una muestra, se determinó que el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en la ciudad de Chota presentan variaciones significativas, aunque no homogéneas en todas las partidas evaluadas. Se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre viviendas en las partidas de excavación y de solado, así como rendimientos inferiores a los valores referenciales de CAPECO (2006) en solado y encofrado, mientras que, en habilitación y colocación de acero, y en preparación y vaciado de

concreto no se evidenciaron diferencias significativas. En conjunto, se acepta la hipótesis alternativa.

**Tabla 51**

*Prueba de hipótesis Wilcoxon de 1 muestra para el porcentaje que representa el rendimiento de la mano de obra en cimentaciones respecto a CAPECO*

Hipótesis nula	$H_0: \eta = 98\%$		
Hipótesis alterna	$H_1: \eta < 98\%$		
Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
Porcentajes	65	820.00	0.050

### 4.3. Discusión

La caracterización técnica y operativa de las cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota evidencia patrones constructivos coherentes con contextos de vivienda unifamiliar y autoconstrucción asistida, similares a los reportados en antecedentes internacionales y regionales. El predominio de zapatas aisladas (64.29%) coincide con lo señalado por Cevallos (2025) y Velandia (2022), quienes identifican este tipo de cimentación como el más frecuente en viviendas de baja altura debido a su simplicidad constructiva y a su adaptación a cargas concentradas. Asimismo, la presencia de zapatas corridas, en menor proporción, se asocia, al igual que en los estudios de Ortiz (2023) y Tinoco y Espinoza (2022), con configuraciones estructurales continuas y con la necesidad de vincular elementos portantes adyacentes, lo que incrementa la complejidad geométrica y operativa de la ejecución. En este sentido, las dimensiones variables de las zapatas, junto con la ausencia parcial de solado y la presencia de sobrecargos por mala excavación, reflejan prácticas no estandarizadas que también han sido reportadas por Becerra (2022) y Sánchez (2023) como factores que inciden directamente en el consumo de recursos y en la eficiencia de la mano de obra.

Respecto a las condiciones del terreno y excavación, los resultados obtenidos en Chota muestran una marcada influencia del tipo de suelo y de la geometría del lote en la organización del proceso constructivo, situación consistente con los hallazgos de Velandia (2022) y Becerra (2022), quienes señalan que profundidades cercanas a 2.00 m y la presencia de arcillas o limos condicionan el método de excavación y el rendimiento alcanzable. La predominancia de excavación mixta y manual, así como distancias de acarreo generalmente menores a 5 m, guarda relación con lo reportado por Sánchez (2023) y Téllez y Medina (2024), quienes indican que distancias cortas y ausencia de entibado favorecen la continuidad del trabajo, aunque no compensan totalmente las pérdidas asociadas a irregularidades del terreno y decisiones empíricas en la ejecución. En comparación con antecedentes internacionales como los de Rathnayake et al. (2024) y Jacobsen et al. (2024), donde se enfatiza la planificación y coordinación del flujo de trabajo, en Chota se observa una mayor dependencia de la experiencia del maestro de obra y de decisiones in situ, lo que introduce variabilidad operativa y potenciales ineficiencias.

Las características del concreto, del acero de refuerzo y de los factores del entorno refuerzan la similitud de este contexto con otros estudios latinoamericanos. El uso uniforme de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  producido en obra, la colocación mayoritaria mediante canaletas y la compactación predominantemente manual coinciden con lo documentado por Díaz (2023) y Santos (2024), quienes señalan que estas prácticas, si bien son funcionales en viviendas de baja escala, limitan la optimización del rendimiento frente a métodos más mecanizados. De igual forma, el empleo de diámetros de acero de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{5}{8}$ ", la habilitación en obra y el encofrado con madera replican las condiciones descritas por Chacón y Zambrano (2025) y Tinoco y Espinoza (2022). No obstante, a diferencia de estudios realizados en climas cálidos y húmedos

como el de Fernandes et al. (2025), en Chota las condiciones climáticas secas y la accesibilidad mayormente libre reducen la incidencia del entorno como factor limitante, desplazando el impacto principal hacia aspectos técnicos y operativos de ejecución, los cuales explican la variabilidad observada en el rendimiento y la productividad de la mano de obra durante la construcción de las cimentaciones.

En la determinación del rendimiento de la mano de obra en cimentaciones en Chota, los resultados globales muestran un comportamiento comparativamente cercano a los valores referenciales de CAPECO (2006), aunque con variabilidad marcada por la tipología del elemento, las condiciones del suelo, el metrado diario ejecutado y la continuidad del frente de trabajo. En excavación, el rendimiento promedio total (2.73 m<sup>3</sup>/día) prácticamente replicó el estándar (2.74 m<sup>3</sup>/día), lo que contrasta con evidencias nacionales como las de Sánchez (2023), quien reportó reducciones de hasta 18.26% en excavación manual de zanjas (H = 1.40 m) respecto a CAPECO, y con Velandia (2022), que obtuvo 2.51 m<sup>3</sup>/día en excavación manual hasta 2 m con un peón, valor coherente con el rango observado en Chota cuando se presentaron condiciones más exigentes, como la roca mediana (VIV9: 1.31 m<sup>3</sup>/día). Sin embargo, la dispersión registrada en zanjas hasta 1.70 m (2.64–4.03 m<sup>3</sup>/día) y en excavación para zapatas aisladas (1.31–4.02 m<sup>3</sup>/día) es consistente con Jacobsen et al. (2024) y Rathnayake et al. (2024), quienes señalan que la productividad fluctúa por discontinuidades, repetición de tareas y tiempos muertos; en Chota, esa variabilidad se explicó por cambios de método (manual/mixto), heterogeneidad del suelo y diferencias en la organización de cuadrillas, alcanzándose incluso desempeños superiores al estándar (p. ej., VIV2: 3.76 m<sup>3</sup>/día para H≈1.35 m, equivalente a 107.56% de CAPECO), situación análoga a lo observado por Ortiz (2023), quien reportó rendimientos de campo superiores a los tabulados en ciertos escenarios operativos.

En las partidas asociadas al armado y colocación de acero y al vaciado de concreto, el patrón general confirma un desempeño próximo a CAPECO, pero con incrementos relevantes cuando existió mayor continuidad y metrados favorables. La habilitación y colocación de acero alcanzó 244.20 kg/día (97.68% de 250 kg/día), alineándose con Téllez y Medina (2024), quienes reportaron rendimientos del orden de 238.33–245.00 kg/día en obras públicas, y superando lo documentado por Santos (2024) (205.71 kg/día) en vivienda rural; asimismo, los casos de mayor rendimiento en Chota (hasta 369.94 kg/día) se asemejan a los efectos de mejora por organización y flujo de trabajo descritos en estudios con enfoques de planificación y control (Cevallos, 2025; Rathnayake et al., 2024). Para concreto, el rendimiento promedio (24.46 m<sup>3</sup>/día) representó 97.85% del estándar de 25 m<sup>3</sup>/día, concordante con Sánchez (2023), quien indicó disminuciones de 7.61% en vaciado de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en zapatas respecto a CAPECO y reportó un rendimiento de 23.097 m<sup>3</sup>/día; de manera similar, Díaz (2023) registró rendimientos entre 18 y 26 m<sup>3</sup>/día para concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en zapatas, rango que incluye plenamente lo observado en Chota, destacando que las mayores productividades (28.11–28.92 m<sup>3</sup>/día) se asociaron a geometrías regulares, accesibilidad libre y vaciado por zapata, mientras que los menores valores (p. ej., VIV12: 17.57 m<sup>3</sup>/día) se vincularon a menor volumen y baja continuidad del vaciado.

Aunque el objetivo específico se centra en excavación, acero y concreto, los resultados complementarios de solado y encofrado ayudan a interpretar el contexto productivo general, evidenciando que no todas las partidas alcanzan el estándar CAPECO con la misma consistencia. El solado presentó 68.18 m<sup>2</sup>/día (85.23% de 80 m<sup>2</sup>/día), y el encofrado 11.76 m<sup>2</sup>/día (84.01% de 14 m<sup>2</sup>/día), comportamiento que se aproxima a lo reportado por Sánchez (2023) para encofrado de zapatas aisladas (disminución de 14.91%) y respalda la conclusión de Chacón y Zambrano (2025) y

Rathnayake et al. (2024) sobre la sensibilidad de la productividad a la complejidad geométrica y a los tiempos contributorios asociados a ajustes, alineamientos y esperas. En conjunto, la comparación con antecedentes nacionales, regionales e internacionales confirma que, en Chota, el rendimiento en partidas “continuas” y con mejor flujo (excavación en zanjas con condiciones favorables, acero con mayor metrado y concreto con accesibilidad libre) tiende a aproximarse o superar CAPECO, mientras que en partidas con alta dependencia de precisión y ajustes (solado de mayor espesor y encofrado de metrados reducidos o elementos complejos) se presentan brechas más visibles, reforzando la necesidad de emplear rendimientos locales para programación y presupuestos, tal como lo sostienen Tinoco y Espinoza (2022) y Cevallos (2025).

En la distribución de tiempos de la mano de obra en cimentaciones en Chota, los resultados evidencian que la eficiencia operativa se encuentra fuertemente condicionada por el peso relativo de los tiempos contributorios y no contributorios, y no únicamente por el ritmo de producción observado en los metrados. En excavación, el TP promedio (52.87%) indica que poco más de la mitad de la jornada se destinó a trabajo directo, mientras que el TC (32.38%) y el TNC (14.76%) absorbieron una fracción relevante del tiempo total; esta estructura es comparable con Jacobsen et al. (2024), quienes reportaron una distribución 40% TP, 32% TC y 28% TNC, aunque en Chota se observa mayor proporción productiva y menor improductividad, lo que sugiere una menor incidencia de tiempos muertos sistemáticos. No obstante, la variabilidad entre viviendas, con TP desde 40.83% (VIV8) y 41.25% (VIV2) hasta 65.00% (VIV13), coincide con Rathnayake et al. (2024), que atribuyen las pérdidas de productividad a discontinuidad del flujo laboral, tareas repetidas y tiempos de espera; en Chota, los mayores TC en VIV2 (46.67%) y VIV9 (45.42%) se alinean con escenarios de mayor carga auxiliar (retiro, perfilado, acondicionamiento) y con frentes

más complejos, mientras que los menores TNC en VIV7 (6.25%) y VIV11 (7.40%) confirman que, cuando existe continuidad de frente y coordinación estable, la improductividad puede reducirse de forma significativa.

En habilitación y colocación de acero, el TP promedio (48.89%) se ubica por debajo de lo reportado por Cevallos (2025) para su caso de cimentación (TP = 72.15%, TC = 17.52%, TNC = 10.33%) y también por debajo de los niveles de TP señalados por Chacón y Zambrano (2025) en actividades estructurales con enfoque Lean (TP entre 90.5% y 72% para amarre de acero), lo que sugiere que en Chota el proceso presenta mayores requerimientos de soporte y mayores interrupciones logísticas. Sin embargo, la distribución promedio (TC = 32.49% y TNC = 18.63%) es coherente con la idea de Rathnayake et al. (2024) de que el desempeño por actividad depende de la coordinación de flujos de materiales y de la complejidad del trabajo, observándose casos críticos con TNC elevado como VIV8 (40.42%) y VIV1 (38.54%), que reflejan esperas por materiales, coordinación deficiente o pausas operativas, frente a viviendas con predominio productivo como VIV14 (TP = 64.38%) y VIV5 (TP = 62.36%), donde la repetitividad del armado y la secuencia de trabajo favorecieron la continuidad. En preparación y vaciado de concreto, el patrón es aún más exigente: el TP promedio (25.99%) confirma que la actividad está dominada por el TC (58.30%), debido a la naturaleza de la producción en obra y a la logística interna del transporte, colocación, nivelación y compactación; este comportamiento es consistente con Rathnayake et al. (2024), quienes reportaron tiempos contributorios elevados para distintas actividades y asociaron las pérdidas a tiempos muertos y discontinuidades, y también guarda relación con lo descrito por Cevallos (2025), en el sentido de que una mejor planificación reduce el peso del tiempo auxiliar. En Chota, el contraste entre viviendas con mayor TP como VIV11 (45.21%) y aquellas con TP bajo como VIV5 (14.44%) y VIV9 (15.63%)

evidencia que la accesibilidad, la continuidad del vaciado y la sincronización entre mezclado y colocación determinan la proporción de trabajo directo alcanzable; adicionalmente, la reducción extrema del TNC en VIV13 (2.36%) muestra que, cuando existe coordinación efectiva de recursos, el tiempo improductivo puede minimizarse aun cuando el proceso siga siendo intensivo en actividades contributivas.

En conjunto, la comparación con los antecedentes confirma que la estructura temporal observada en Chota reproduce un hallazgo central de la literatura: las actividades de cimentación presentan alta variabilidad y su productividad se explica por la gestión del flujo de trabajo, la logística de materiales y el grado de estandarización del proceso (Jacobsen et al., 2024; Rathnayake et al., 2024; Chacón y Zambrano, 2025). Mientras que estudios con planificación más controlada o enfoques Lean reportan proporciones más altas de TP y menores pérdidas (Cevallos, 2025; Chacón y Zambrano, 2025), los resultados en Chota evidencian oportunidades concretas de mejora centradas en reducir TC (optimización de transporte interno, secuenciación y preparación previa) y TNC (disponibilidad oportuna de insumos y reducción de esperas), particularmente en solado y vaciado de concreto, donde el peso contributivo domina la jornada y restringe el incremento del tiempo productivo.

El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en la ciudad de Chota dependen principalmente de las características técnicas de la cimentación y de la eficiencia en la organización y gestión de las cuadrillas, más que del número de trabajadores asignados. Los resultados muestran que los mayores rendimientos se asocian a frentes de trabajo continuos, geometrías regulares, mayores volúmenes o metrados ejecutados y una adecuada distribución del peonaje, mientras que el incremento de horas-hombre, la presencia de sobrecargos, las irregularidades geométricas y las deficiencias en la secuencia constructiva tienden a

reducir la productividad. Estos hallazgos son coherentes con antecedentes nacionales e internacionales, que señalan que la continuidad operativa y la estandarización del proceso son factores clave para optimizar el desempeño, evidenciándose en varias partidas rendimientos inferiores a los valores referenciales de CAPECO cuando existen fallas técnicas y organizativas durante la ejecución.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

El análisis del rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024, permitió determinar que el desempeño real del recurso humano no es homogéneo, sino que presenta variaciones asociadas a las características técnicas de las cimentaciones y a la gestión de las cuadrillas durante la ejecución. Siendo las conclusiones específicas:

- 1) Las características de las condiciones técnicas y operativas de las cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota corresponden predominantemente a zapatas aisladas (64%) y zapatas corridas (36%), ejecutadas a profundidades entre 1.20 m y 1.80 m, con distancias de acarreo generalmente menores a 5.00 m, sin uso de entibado. Los suelos presentaron condiciones variables, desde medianamente compactos hasta sectores con material duro o rocoso. Las dimensiones geométricas de las cimentaciones mostraron variabilidad, con espesores de zapatas y de elementos asociados que oscilaron entre 0.40 m y 0.60 m. El concreto empleado fue uniformemente  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , producido en obra mediante trompo y colocado manualmente, mientras que el acero de refuerzo estuvo conformado por barras de  $\frac{1}{2}$ " y  $\frac{5}{8}$ ", habilitadas y colocadas en obra. Las condiciones del entorno se caracterizaron por una accesibilidad mayormente restringida y un clima seco, factores que no limitaron la ejecución, pero sí condicionaron la logística y la organización operativa.
- 2) El rendimiento de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota mostró comportamiento cercano a CAPECO (2006), aunque con variaciones importantes según la partida. En excavación, el rendimiento promedio fue de  $2.73 \text{ m}^3/\text{día}$ , equivalente al 99.58% del valor

referencial (2.74 m<sup>3</sup>/día), con rangos que oscilaron entre 1.31 y 4.03 m<sup>3</sup>/día. En la habilitación y colocación de acero, se obtuvo un rendimiento promedio de 244.20 kg/día, equivalente al 97.68% del estándar de 250 kg/día, registrándose valores máximos de hasta 369.94 kg/día (147.97%) cuando se mantuvo una mayor continuidad del armado. En la preparación y vaciado de concreto, el rendimiento promedio alcanzó 24.46 m<sup>3</sup>/día, equivalente al 97.85% del valor CAPECO (25 m<sup>3</sup>/día), con un máximo de 28.92 m<sup>3</sup>/día (115.69%) en zapatas aisladas de geometría regular. En contraste, las partidas de solado y encofrado presentaron rendimientos inferiores al estándar, con promedios de 68.18 m<sup>2</sup>/día (85.23%) y 11.76 m<sup>2</sup>/día (84.01%), respectivamente, lo que confirma que estas actividades son más sensibles a la organización de la cuadrilla y a la complejidad geométrica del elemento.

- 3) La distribución de tiempos evidenció que, en la construcción de cimentaciones, predominan los tiempos contributorios en la mayoría de las partidas. En excavación, la mano de obra destinó, en promedio, 52.87% al tiempo productivo (TP), 32.38% al tiempo contributorio (TC) y 14.76% al tiempo no contributorio (TNC), con máximos de TP en VIV13 (65.00%) y mínimos en VIV8 (40.83%). En el soldado, el TP fue el más bajo (31.51%), con TC dominante (50.85%) y TNC de 17.64%; el mayor TNC se observó en VIV1 (28.13%). En habilitación y colocación de acero, el TP se incrementó al 48.89%, con 32.49% de TC y 18.63% de TNC, destacándose el TP máximo en VIV14 (64.38%) y el TNC máximo en VIV8 (40.42%). En encofrado, el TP fue de 34.44%, con TC de 47.67% y TNC de 17.89%, registrándose la TC máxima en VIV4 (64.03%). En la preparación y el vaciado de concreto se observó el menor TP (25.99%) y el mayor peso del TC (58.30%), con TNC de 15.71%, alcanzando el TP máximo en VIV11 (45.21%) y el menor TNC

en VIV13 (2.36%). La productividad operativa está limitada por la alta proporción de actividades auxiliares (TC) y de tiempos improductivos (TNC), especialmente durante el vaciado de concreto.

- 4) El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones están condicionados por las características técnicas y operativas de cada partida. En excavación, el rendimiento mostró correlaciones positivas fuertes con el volumen total excavado ( $r = 0.908$ ); en solado, el rendimiento se asoció principalmente con la profundidad de desplante ( $r = 0.749$ ) y el acarreo ( $r = 0.558$ ); en habilitación y colocación de acero, el metrado ejecutado ( $r = 0.810$ ) y el número de peones ( $r = 0.825$ ) aumentaron significativamente el rendimiento, en encofrado, el número de peones mostró alta correlación positiva con el rendimiento ( $r = 0.808$ ), pero correlación negativa con el aporte del operario ( $r = -0.964$ ); en la preparación y vaciado de concreto, el rendimiento aumentó con el metrado ( $r = 0.554$ ) y el número de peones ( $r = 0.899$ ). La configuración geométrica, la organización del frente de trabajo y el equilibrio óptimo de la cuadrilla permiten alcanzar mejores niveles de rendimiento y productividad en la ejecución de cimentaciones.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda planificar la logística en la ejecución de zapatas aisladas y corridas, incorporando una ficha técnica operativa por vivienda que registre la profundidad de desplante (1.20–1.80 m), la condición del suelo (medianamente compacto/duro/rocoso), la accesibilidad y la ruta de acarreo ( $< 5.00$  m), para definir con anticipación la secuencia constructiva, el acopio de materiales y la asignación de cuadrillas, reduciendo las interferencias por accesos restringidos y optimizando el trabajo.

Se recomienda implementar un plan de mejora de rendimientos por partida, focalizado en solado y encofrado (actividades con 85.23% y 84.01% del estándar CAPECO), mediante prelistamiento de materiales y herramientas, y control diario de metas ( $m^2/día$ ) por cuadrilla; adicionalmente, mantener la continuidad del armado y vaciado (acero y concreto) para sostener rendimientos cercanos al estándar CAPECO.

Se recomienda aplicar gestión sistemática del tiempo contributorio y no contributorio mediante carta balance diaria y control de causas (abastecimiento, traslados, esperas, limpieza y preparación de equipos), priorizando la reducción de TC y TNC en preparación y vaciado de concreto (TC 58.30% y TP 25.99%); para ello, se debe asegurar preacopio de insumos, rutas libres de circulación, roles definidos (mezclado–transporte–colocación–vibrado/manual), y coordinación previa del inicio de vaciado para minimizar tiempos auxiliares y paradas.

Se recomienda dimensionar las cuadrillas por metrado y geometría de la cimentación, ajustando el número de peones según el volumen/área a ejecutar y evitando desbalances (por ejemplo, en encofrado, aumentar peones mejora rendimiento pero reduce el aporte del operario); en la práctica, esto implica programar frentes con metros continuos, modular actividades por tramos, y asignar cuadrillas óptimas para cada partida de manera que la organización del frente de trabajo y la configuración geométrica se traduzcan en mejores rendimientos y productividad en la construcción.

## REFERENCIAS

- Aceros Arequipa. (2025). *Peso nominal del acero de acuerdo al diámetro del fierro*. Aceros Arequipa: <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/el-acer>
- Ammar, T., Abdel-Momen, M., & El-Dash, K. (2022). Risk factors causing cost overruns in road networks. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(5), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101720>
- Anchuela, O. P., Julián, P. L., Benedicto, J. Á., Batolomé, J. I., & Juan, A. P. (2016). Evaluación sobre la caracterización de distintos tipos de cimentaciones superficiales por medio de georradar. *Geogaceta*, 60(1), 123-126. [https://zaguan.unizar.es/record/57893/files/texto\\_completo.pdf?version=1](https://zaguan.unizar.es/record/57893/files/texto_completo.pdf?version=1)
- Becerra, B. S. (2022). *Determinación de rendimientos de mano de obra de actividades menores de cimentación y estructura que sirvan de referencia para el adecuado cálculo de mano de obra en la elaboración de presupuestos y de la duración de las actividades en programación*. [Trabajo dirigido para certificación de énfasis, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2080>
- Becker, D. E. (1997). Eighteenth Canadian geotechnical colloquium: Limit states design for foundations. Part I. An overview of the foundation design process. *Canadian Geotechnical Journal*, 33(6), 956-983. <https://doi.org/10.1139/t96-124>
- Berrios, B. (2025). *Relación entre el rendimiento de mano de obra real y fijados por CAPECO en la construcción del palacio municipal del distrito de Santo Domingo de Anda - Huánuco - 2024*. [Tesis de grado, Universidad De Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/6132/Berrios%20Crist%20Crist%20Boumedienne.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bos, F. P., Menna, C., Pradena, M., Kreiger, E., da Silva, W. L., Rehman, A. U., & Mechtcherine, V. (2022). The realities of additively manufactured concrete structures in practice. *Cement and Concrete Research*, 156(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2022.106746>
- Botero, L. F. (2002). *Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de*. Universidad EAFIT.
- Burga, J. (2022). *Evaluación del rendimiento y productividad de la mano de obra en la partida de asentado de ladrillo en la construcción de viviendas de la ciudad de Chota*. [Tesis

- de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].  
<https://hdl.handle.net/20.500.14142/204>
- CAPECO. (2006). *Costos y presupuestos en edificaciones*. Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO).
- Castillo, C. F. (2021). *Productividad y rendimiento de la mano de obra en el proeyecto de mejoramiento de la I.E. César A. Vallejo, de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].  
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/4151>
- Cevallos, D. A. (2025). *Elaboración y desarrollo de los Análisis de Precios Unitarios (APU's) para un presupuesto referencial de la construcción de una cimentación con zapatas aisladas y cronograma valorado de ejecución de obra*. [Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manbí].  
<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/9465/1/ULEAM-CONST-SISMORR-03.pdf>
- Chacón, C. A., & Zambrano, E. L. (2025). *Análisis del rendimiento de la mano de obra para construcción de edificaciones en la ciudad de Pasto: Etapa estructuras, utilizando la filosofía de trabajo Lean Construction*. [Tesis de grado, Universidad Mariana].  
<https://repositorio.umariana.edu.co/server/api/core/bitstreams/4f5e0402-1e1c-43b5-8b81-5fe3c5f95b50/content>
- Collantes, L. B., & Ramirez, L. A. (2022). *Evaluación de la productividad en la obra del edificio comercial Rímac en Trujillo usando la carta balance - 2022*. [Tesis de grado, Universidad Privada Anteonor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/9679>
- Crespo, C. (2007). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Editorial Limusa.  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Db2SQbBHVPQC&oi=fnd&pg=PA13&dq=CIMENTACIONES&ots=amUMpTvQ3m&sig=D0q2tnf7-PxzPf-BzH6DnsbtZc0#v=onepage&q=CIMENTACIONES&f=false>
- Cruzado, R. E. (2020). *Distribución de trabajo según la carta balance y el rendimiento en la construcción de viviendas unifamiliares - Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/24768>
- De la Rica, S., & Padilla, A. I. (1999). Capital humano, productividad y crecimiento: teorías y contrastes. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*, 1(45), 266-283.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=265884>

- Deepa, G., Niranjana, A. J., & Balu, A. S. (2023). A hybrid machine learning approach for early cost estimation of pile foundations. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 1-10. <https://doi.org/10.1108/JEDT-03-2023-0097>
- Delgado, M. F., & Grados, M. A. (2022). *Aplicación de la metodología Lean Construction en un proyecto de infraestructura educativa para optimizar los rendimientos ante las medidas sanitarias impuestas por Covid-19, Trujillo*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/9709>
- Díaz, E. D. (2023). *Análisis del rendimiento de mano de obra en la ejecución del casco estructural de las viviendas del programa Techo Propio*. [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/2281>
- Fernandes, L., Alreshoodi, M., Melo, R., Hastak, M., & Bastos, D. (2025). Analysis of Labor Productivity for Steel Assembly in Construction Projects in Hot and Humid Climate Zones Based on the RUP Methodology. *In CIB Conferences*, 1(1), 151. <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1994&context=cib-conferences>
- Garza, L. (2004). *Diseño y construcción de cimentaciones*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75349>
- Golembiewski, R. T. (1979). Organizational Learning: A Theory of Action Perspective. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 15(4), 542-548. <https://doi.org/10.1177/002188637901500410>
- Gomel, A. J. (2021). *Análisis y formulación comparativa de rendimientos en la construcción de edificios multifamiliares en el distrito de Tacna*. [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna].
- Gonzales, C. S. (2021). *Rendimiento y productividad en la ejecución de obras de viviendas familiares en la ciudad de Cajamarca - 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4540>
- Graux, D. (1975). *Fundamentos de mecánica del suelo, proyecto de muros y cimentaciones (Vol. 1)*. Reverte. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=96EEoaVynI4C&oi=fnd&pg=PR7&dq=suelos+en+cimentaciones&ots=9AQ2LhYLFd&sig=wo3dc54C1AhPXVNi4MtRVv pY0Ic#v=onepage&q=suelos%20en%20cimentaciones&f=false>
- Gualdrón, K. A. (2013). *Estudio de los riesgos técnicos aplicados al diseño y construcción de cimentaciones para máquinas*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/21368/>

- Hamza, M., Shahid, S., Bin, M. R., & Nashwan, M. S. (2022). Construction labour productivity: review of factors identified. *International Journal of Construction Management*, 22(3), 413-425. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1627503>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta · Parte 1. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrawHill Education. <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Ibáñez, W. (2023). *Casa habitación*. Presupuestos.pe. <https://presupuestos.pe/>
- Ibayevich, M. Q. (2023). Design of Foundations in Extremely Solid Soils. *Texas Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 16(1), 11-15. <https://zienjournals.com/index.php/tjabs/article/view/3875/3211>
- Jacobsen, E. L., Teizer, J., Wandahl, S., & Brilakis, I. (2024). Probabilistic forecasting of construction labor productivity metrics. *Journal of Information Technology in Construction*, 24(1), 58-83. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2024.004>
- Jiménez, G. K. (2020). *Rendimientos de mano de obra en obra gris para losas postensadas en edificios tipo ofi-centro para el caso de estudio, 100 Calle Blancos Corporate Business Center*. [Trabajo de grado para optar el grado de Ingeniero Civil, Universidad Latina de Costa Rica].
- Kalantari, B. (2012). Foundations on expansive soils: a review. *Research journal of applied sciences, engineering and technology*, 4(18), 3231-3237. [https://www.researchgate.net/profile/Behzad-Kalantari/publication/268061218\\_Foundations\\_on\\_Expansive\\_Soils\\_A\\_Review/links/5ad7c1b8aca272fdaf802b1c/Foundations-on-Expansive-Soils-A-Review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Behzad-Kalantari/publication/268061218_Foundations_on_Expansive_Soils_A_Review/links/5ad7c1b8aca272fdaf802b1c/Foundations-on-Expansive-Soils-A-Review.pdf)
- Koseoglu, O., & Nurtan-Gunes, E. T. (2018). Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: A case study of a complex airport project. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1298-1321. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0188>
- Lazear, E. P. (1999). Globalisation and the market for team-mates. *The Economic Journal*, 109(454), 15-40. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00414>
- Łupieżowiec, M., Rybak, J., Róžański, Z., Dobrzycki, P., & Jędrzejczyk, W. (2022). Design and construction of foundations for industrial facilities in the areas of former post-mining waste dumps. *Energies*, 15(16), 1-10. <https://doi.org/10.3390/en15165766>
- Manoharan, K., Dissanayake, P., Pathrana, C., Deegahawature, D., & Silva, R. (2023). A guiding model for developing construction training programmes focusing on

- productivity and performance improvement for different qualification levels. *Construction Innovation*, 23(4), 733-756. <https://doi.org/10.1108/CI-10-2021-0194>
- Memon, A. H., Khahro, S. H., Memon, N. A., Memon, Z. A., & Mustafa, A. (2023). Relationship between Job Satisfaction and Employee Performance in the Construction Industry of Pakistan. *Sustainability*, 15(11), 1-10. <https://doi.org/10.3390/su15118699>
- Mojica, J. M. (2011). *Análisis comparativo entre los sistemas de cimentación profunda de pilotes preexcavados y pilas de agregado compactado*. [Tesis de grado, Universidad De Los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/24665/u608013.pdf?sequence=1>
- MVCS. (2009). Norma E.060 Concreto armado. En Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS), *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-201). Instituto de Construcción y Gerencia. [https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/RNE2009\\_E\\_060.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2009_E_060.pdf)
- MVCS. (2018). Norma E.050 Suelos y cimentaciones. En Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 23-68). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).
- Niebel, B. (2009). *Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño de trabajo*. Mc Graw Hill. [http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/a9p7r9\\_Metodos%20estandares%20y%20diseno%20del%20trabajo.pdf](http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/a9p7r9_Metodos%20estandares%20y%20diseno%20del%20trabajo.pdf)
- Nij, J. E. (2009). *Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas*. [Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60832306/cimentaciones\\_en\\_taludes20191008-60565-1oul0e1-libre.pdf?1570520818=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGUIA\\_PRACTICA\\_PARA\\_EL\\_CALCULO\\_DE\\_CAPACID.pdf&Expires=1691774564&Signature=D8k85ONKxzpg3w6](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60832306/cimentaciones_en_taludes20191008-60565-1oul0e1-libre.pdf?1570520818=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DGUIA_PRACTICA_PARA_EL_CALCULO_DE_CAPACID.pdf&Expires=1691774564&Signature=D8k85ONKxzpg3w6)
- Ortiz, J. J. (2023). *Análisis comparativo de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades básicas de la edificación de viviendas, entre los precios de la Gobernación del Valle del Cauca y Buenaventura*. [Tesis de grado para optar el título de Tecnólogo en Construcciones Civiles, Universidad Del Pacífico]. <https://repositorio.unipacifico.edu.co/handle/unipacifico/789>

- Ovalle-Castiblanco, A. M., & Cárdenas, D. M. (2016). ¿Qué ha pasado con la aplicación del estudio de tiempos y movimientos en las últimas dos décadas?: Revisión de la literatura. *Revista ingeniería, investigación y desarrollo*, 16(2), 12-31. [https://www.researchgate.net/profile/Alex-Ovalle/publication/308692079\\_Que\\_ha\\_pasado\\_con\\_la\\_aplicacion\\_del\\_estudio\\_de\\_tiempos\\_y\\_movimientos\\_en\\_las\\_ultimas\\_dos\\_decadas\\_Revision\\_de\\_la\\_literatura\\_What\\_happened\\_with\\_the\\_application\\_of\\_time\\_and\\_motion\\_study\\_in](https://www.researchgate.net/profile/Alex-Ovalle/publication/308692079_Que_ha_pasado_con_la_aplicacion_del_estudio_de_tiempos_y_movimientos_en_las_ultimas_dos_decadas_Revision_de_la_literatura_What_happened_with_the_application_of_time_and_motion_study_in)
- Palacios, L. C. (2009). *Ingeniería de métodos movimientos y tiempos*. Ecoe ediciones. <https://fdiazca.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/06/ingeniericc81a-de-mecc81todos-movimientos-y-tiempos.pdf>
- Pan, W., Chen, L., & Zhan, W. (2019). PESTEL analysis of construction productivity enhancement strategies: A case study of three economies. *Journal of Management in Engineering*, 35(1), 1-10. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000662](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000662)
- Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103517>
- Polanco, L., & Remolina, A. (2014). Estudio de rendimientos para las actividades estructura y mampostería para un proyecto de construcción en el campus de la UPB. *Prospect*, 12(2), 105-112.
- Quispe, J. E., & Vasquez, J. A. (2019). *Planificación de mano de obra para mejorar la productividad en el desarrollo de la estructura de un edificio multifamiliar, Lince año-2019*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma].
- Rathnayake, A., Murguía, D., & Middleton, C. (2024). Measuring activity-level construction productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(8), 1-34. <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-146>
- Revista Perú Construye. (2016). *Directorio Proveedores de construcción 2016 su mejor herramienta de negocios en construcción*. Revista Perú Construye.
- Sanchez, K. (2023). *Determinación del Rendimiento, Productividad de la Mano de Obra y su Incidencia Directa Sobre el Tiempo en la Ciudad de Pucallpa con Respecto a Capeco*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/6061>
- Santos, O. (2024). *Rendimiento de mano de obra en ejecución de proyectos del Programa Nacional de Vivienda Rural, La Peca 2023*. [Tesis de grado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/2855>

- Sota, C. E. (2017). *Análisis de la productividad de la mano de obra en la etapa de cimentaciones en la residencial Firenze - Cusco - 2016*. [Tesis de grado, Unviuersidad Andina del Cusco]. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/1451>
- Tellez, L. C., & Medina, M. N. (2024). *Estudio de los factores que influyen el rendimiento de mano de obra en las obras públicas de la provincia de Tacna, 2023*. [Tesis de grado, Universidad de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/3666/Tellez-Vilca-Medina-Sina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tinoco, C. M., & Espinoza, R. E. (2022). *Evaluacion de Rendimientos de Mano de Obra en las Principales Partidas de las Construcciones Informales en el Sector Los Aromos de la Ciudad de Jaen*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Unviuersidad Nacional de Jaén]. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/444>
- Toledo, R. (14 de julio de 2010). Aspectos éticos en las publicaciones científicas. <http://www.infodoctor.org/rafabravo/fraude.htm>
- Tomlinson, M. J. (2002). *Cimentaciones: diseño y construcción*. Trillas. [http://biblioteca.especializada.unjbg.edu.pe/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=14882](http://biblioteca.especializada.unjbg.edu.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=14882)
- Ulloa, D. (1 de Octubre de 2021). *El tiempo de trabajo: Algunas ideas para su definición*. Spdtss: <https://www.spdtss.org.pe/wp-content/uploads/2021/10/Mario-Pasco-Homenaje-full-861-874.pdf>
- Vanegas, Y. E. (2020). *Determinación de factores de resistencia para cimentaciones superficiales y profundas a nivel local*. [Tesis de maestría, Escuela Colombiana de ingeniería Julio Garavito]. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1113>
- Velandia, J. A. (2022). *Estudio de rendimientos y consumos de la mano de obra en actividades de cimentación en la construcción de vivienda unifamiliar en el municipio de Tame, departamento de Arauca*. [Tesis de maestría en construcción, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82694>
- Velasquez, F. A. (2018). *Eficiencia teórica de cuatro tipos de cimentación superficial para una institución educativa*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://files01.core.ac.uk/download/pdf/158341256.pdf>
- Yepes, V. (2000). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. Editorial Universitat Politècnica de València. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/149852/TOC\\_0328\\_09\\_02.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/149852/TOC_0328_09_02.pdf)

ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Tesis: Análisis del rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024

Tesista(s): Miguel Ángel Cusma Pérez, Cervando Mundaca Reyes

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología				
¿Cuánto es el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024?	<b>Objetivo general</b> Analizar el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024.	El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024, presentan variaciones significativas asociadas a las características de la cimentación y la organización de las cuadrillas, lo que refleja niveles de desempeño inferiores en 2% a los valores referenciales establecidos por CAPECO (2006).	VI Cimentaciones en edificaciones	Tipología de la cimentación	Tipo de cimentación	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional Diseño: No experimental  Muestra: La mano de obra 14 viviendas en construcción en la ciudad de Chota, en las que, la mano de obra esté realizando labores en las partidas de cimentaciones (excavaciones, solado (opcional), encofrado (opcional), habilitación y colocación de acero, preparación y vaciado de concreto) en la ciudad de Chota.				
				Condición estructural						
	<b>Objetivos específicos</b>  Caracterizar las condiciones técnicas y operativas de la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, considerando la tipología de cimentación, las condiciones del terreno y excavación (profundidad, distancia de acarreo, tipo de suelo y condición de entibado), las dimensiones geométricas de la cimentación, las características del concreto y su forma de producción y colocación, el acero de refuerzo empleado, así como los factores del entorno relacionados con accesibilidad y clima.			Determinar el rendimiento de la mano de obra en las partidas de excavación, habilitación y colocación de acero y vaciado de concreto en cimentaciones, comparando los resultados obtenidos con los valores referenciales del compendio CAPECO (2006).	El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024, presentan variaciones significativas asociadas a las características de la cimentación y la organización de las cuadrillas, lo que refleja niveles de desempeño inferiores en 2% a los valores referenciales establecidos por CAPECO (2006).		VI Cimentaciones en edificaciones	Dimensiones	Largo	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional Diseño: No experimental  Muestra: La mano de obra 14 viviendas en construcción en la ciudad de Chota, en las que, la mano de obra esté realizando labores en las partidas de cimentaciones (excavaciones, solado (opcional), encofrado (opcional), habilitación y colocación de acero, preparación y vaciado de concreto) en la ciudad de Chota.
									Ancho	
									Altura	
									Profundidad de desplante	
									Sobreancho por mala excavación	
								Condiciones del terreno y excavación	Forma del terreno	
									Tipo de suelo	
									Distancia de acarreo	
									Condición de entibado	
								Concreto y forma de producción	Mezclado	
	Forma de colocación									
	F'c esperado del concreto									
				Vibrado						
				Secuencia de vaciado						
	Acero de refuerzo			Diámetro del acero						
				Tipo de habilitación						
	Factores del entorno de obra			Tipo de amarre						
				Accesibilidad						
Clima										
Determinar la distribución de los tiempos productivo, contributivo y no contributivo de la mano de obra en las partidas de excavación, habilitación y colocación de acero y vaciado de concreto en la construcción de cimentaciones.	Determinar la distribución de los tiempos productivo, contributivo y no contributivo de la mano de obra en las partidas de excavación, habilitación y colocación de acero y vaciado de concreto en la construcción de cimentaciones.	El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024, presentan variaciones significativas asociadas a las características de la cimentación y la organización de las cuadrillas, lo que refleja niveles de desempeño inferiores en 2% a los valores referenciales establecidos por CAPECO (2006).	VD Rendimiento de la mano de obra	Excavación de cimentaciones	Número de trabajadores	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional Diseño: No experimental  Muestra: La mano de obra 14 viviendas en construcción en la ciudad de Chota, en las que, la mano de obra esté realizando labores en las partidas de cimentaciones (excavaciones, solado (opcional), encofrado (opcional), habilitación y colocación de acero, preparación y vaciado de concreto) en la ciudad de Chota.				
					Volumen excavado					
					Tiempo de trabajo					
					Aporte unitario					
					Rendimiento					
				Actividades ocasionales	Solado					
					Encofrado					
				Habilitación de acero	Número de trabajadores					
					Cantidad de acero					
					Tiempo de trabajo					
Aporte unitario										
Rendimiento										
Preparación y vaciado de concreto	Número de trabajadores									
	Volumen vaciado									
	Tiempo de trabajo									
	Aporte unitario									
	Rendimiento									
VD Productividad de la mano de obra	Uso de los tiempos de producción	El rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024, presentan variaciones significativas asociadas a las características de la cimentación y la organización de las cuadrillas, lo que refleja niveles de desempeño inferiores en 2% a los valores referenciales establecidos por CAPECO (2006).	VD Productividad de la mano de obra		Tiempo productivo	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional Diseño: No experimental  Muestra: La mano de obra 14 viviendas en construcción en la ciudad de Chota, en las que, la mano de obra esté realizando labores en las partidas de cimentaciones (excavaciones, solado (opcional), encofrado (opcional), habilitación y colocación de acero, preparación y vaciado de concreto) en la ciudad de Chota.				
					Tiempo contributorio					
					Tiempo no contributorio					

*Anexo B. Panel fotográfico*

<p>Fotografía 1. Evaluación de la vivienda 1</p>	<p>Fotografía 2. Recolección de datos de la vivienda 1</p>
	
<p>Fotografía 3. Excavación de zapatas de la vivienda 1</p>	<p>Fotografía 4. Solado en zapatas de la vivienda 1</p>
	
<p>Fotografía 5. Habilitación y colocación de acero, Vivienda 1</p>	<p>Fotografía 6. Vaciado de concreto de la vivienda 1</p>
	

Fotografía 7. Evaluación de la vivienda 2



Fotografía 8. Datos de la vivienda 2



Fotografía 9. Solado en zapatas de la vivienda

2



Fotografía 10. Habilitación y colocación

de acero, Vivienda 2



Fotografía 11. Encofrado en la Vivienda 2



Fotografía 12. Vaciado de concreto de la

vivienda 2



Fotografía 13. Evaluación de la vivienda 3



Fotografía 14. Excavación de la vivienda 3



Fotografía 15. Solado en zapatas de la vivienda 3



Fotografía 16. Habilitación de acero, Vivienda 3



Fotografía 17. Colocación de acero, Vivienda 3



Fotografía 18. Vaciado de concreto de la vivienda 3



Fotografía 19. Evaluación de la vivienda 4



Fotografía 20. Excavación de la vivienda 4



Fotografía 21. Habilitación de acero, Vivienda 4



Fotografía 22. Colocación de acero, Vivienda 4



Fotografía 23. Encofrado en la Vivienda 4



Fotografía 24. Vaciado de concreto de la vivienda 4



Fotografía 25. Evaluación de la vivienda 5



Fotografía 26. Datos de la vivienda 5



Fotografía 27. Excavación en zapatas de la vivienda 5



Fotografía 28. Habilitación y colocación de acero, Vivienda 5



Fotografía 29. Encofrado en la Vivienda 5



Fotografía 30. Vaciado de concreto de la vivienda 5



Fotografía 31. Evaluación de la vivienda 6



Fotografía 32. Datos de la vivienda 6



Fotografía 33. Excavación en la vivienda 6



Fotografía 34. Habilitación y colocación de acero, Vivienda 6



Fotografía 35. Encofrado en la Vivienda 6



Fotografía 36. Vaciado de concreto de la vivienda 6



Fotografía 37. Evaluación de la vivienda 7



Fotografía 38. Datos de la vivienda 7



Fotografía 39. Excavación en la vivienda 7



Fotografía 40. Habilitación y colocación de acero, Vivienda 7



Fotografía 41. Verificación en la excavación, Vivienda 7



Fotografía 42. Vaciado de concreto de la vivienda 7



Fotografía 43. Habilitación y colocación de acero, Vivienda 8



Fotografía 44. Vaciado de concreto de la vivienda 8



Fotografía 45. Preparación y vaciado de concreto en cimentación, vivienda 9



Fotografía 46. Registro de rendimiento y productividad de la mano de obra, vivienda 9



Fotografía 47. Excavación de cimentación, vivienda 10



Fotografía 48. Preparación y vaciado de concreto en cimentación, vivienda 10



Fotografía 49. Excavación de cimentación, vivienda 11



Fotografía 50. Preparación y vaciado de concreto en cimentación, vivienda 11



Fotografía 51. Excavación de cimentación, vivienda 12



Fotografía 52. Habilitación de acero en cimentación, vivienda 12



Fotografía 53. Colocación de acero en cimentación, vivienda 12



Fotografía 54. Preparación y vaciado de concreto en cimentación, vivienda 12



Fotografía 55. Excavación de cimentación, vivienda 13



Fotografía 56. Habilitación de acero en cimentación, vivienda 13



Fotografía 57. Preparación y vaciado de concreto en cimentación, vivienda 13



Fotografía 58. Registro de rendimiento y productividad, vivienda 13



Fotografía 59. Excavación, vivienda 14



Fotografía 60. Habilitación de acero, VIV14



Fotografía 61. Preparación y vaciado de concreto en cimentación, vivienda 14



Fotografía 62. Registro de rendimiento y productividad, vivienda 14



**Anexo C. Resumen de resultado de rendimiento y productividad de la mano de obra en la ejecución de cimentaciones**

**Tabla 52**

*Resumen de rendimientos en la excavación de cimentaciones*

Nº de Viv.	Día	OP	PE	Partida según CAPECO	Profundidad de desplante	Volumen parcial (m3)	Factor de esponjamiento	Volumen total (m3)	Horas de trabajo	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total (hh)	Rendimiento (m3/día)	Rendimiento para comparar con CAPECO (m3/día)	CAPECO (m3/día)
1	1		4	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.60	7.49	1.10	8.24	8.00	0.00	3.89	3.89	8.24	2.27	2.50
1	2		4	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.60	7.49	1.10	8.24	7.50	0.00	3.64	3.64	8.79	2.42	2.50
1	3		4	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.60	7.49	1.10	8.24	9.00	0.00	4.37	4.37	7.32	2.01	2.50
1	4		4	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.60	3.74	1.10	4.12	4.00	0.00	3.89	3.89	8.24	2.27	2.50
1	5		4	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.60	5.20	1.10	5.72	5.00	0.00	3.50	3.50	9.15	2.52	2.50
2	1	2	2	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	1.35	15.16	1.05	15.92	9.00	1.13	1.13	2.26	14.15	3.89	3.50
2	2	2	2	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	1.35	14.00	1.05	14.70	9.00	1.22	1.22	2.45	13.06	3.59	3.50
2	3	2	2	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	1.35	5.53	1.05	11.70	7.00	1.20	1.20	2.39	13.37	3.68	3.50
2	4	2	2	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.40 m de profundidad	1.35	7.46	1.05	15.94	9.00	1.13	1.13	2.26	14.17	3.90	3.50
3	1	1	4	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 de profundidad	2.00	8.32	1.10	9.15	4.00	0.44	1.75	2.19	18.30	4.03	3.00
4	2		3	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad	1.00	1.96	1.15	6.62	5.00	0.00	2.26	2.26	10.60	3.89	4.00
5	1		5	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	13.50	1.20	16.20	8.00	0.00	2.47	2.47	16.20	3.56	2.50
5	2		5	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.58	7.11	1.20	8.53	4.00	0.00	2.34	2.34	17.06	3.75	2.50
5	3		5	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.51	3.62	1.20	10.59	6.00	0.00	2.83	2.83	14.12	3.11	2.50
6	1		2	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 de profundidad	1.50	4.00	1.20	4.80	8.00	0.00	3.33	3.33	4.80	2.64	3.00
7	1	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.65	17.16	1.10	18.88	10.00	0.53	1.59	2.12	15.10	4.15	2.50
7	2	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.65	17.16	1.10	18.88	10.00	0.53	1.59	2.12	15.10	4.15	2.50
7	3	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.65	17.16	1.10	18.88	10.00	0.53	1.59	2.12	15.10	4.15	2.50
7	4	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.65	17.16	1.10	18.88	10.00	0.53	1.59	2.12	15.10	4.15	2.50
7	5	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.65	17.16	1.10	18.88	10.00	0.53	1.59	2.12	15.10	4.15	2.50
7	6	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.65	14.59	1.10	16.04	9.00	0.56	1.68	2.24	14.26	3.92	2.50
7	7	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.65	4.77	1.10	9.33	6.00	0.64	1.93	2.57	12.44	3.42	2.50
8	1	1	1	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 de profundidad	1.50	6.00	1.05	6.30	10.00	1.59	1.59	3.17	5.04	2.77	3.00
9	1	2	2	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	2.16	1.10	4.75	8.00	3.37	3.37	6.73	4.75	1.31	2.50
9	2	2	2	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	2.16	1.10	4.75	8.00	3.37	3.37	6.73	4.75	1.31	2.50
9	3	2	2	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	2.16	1.10	4.75	8.00	3.37	3.37	6.73	4.75	1.31	2.50
9	4	2	2	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	2.16	1.10	4.75	8.00	3.37	3.37	6.73	4.75	1.31	2.50
9	5	2	2	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	2.16	1.10	4.75	8.00	3.37	3.37	6.73	4.75	1.31	2.50
9	6	2	2	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	2.16	1.10	4.75	8.00	3.37	3.37	6.73	4.75	1.31	2.50
10	1	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	4.32	1.05	9.07	8.00	0.88	2.65	3.53	9.07	2.49	2.50
10	3	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	4.32	1.05	7.69	8.00	1.04	3.12	4.16	7.69	2.11	2.50
10	5	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.50	3.00	1.05	6.30	6.00	0.95	2.86	3.81	8.40	2.31	2.50
11	1	1	3	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 de profundidad	1.50	6.00	1.20	7.20	6.00	0.83	2.50	3.33	9.60	2.64	3.00
12	1	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.70	2.45	1.10	5.39	8.00	1.49	4.46	5.94	5.39	1.48	2.50
12	3	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.70	2.45	1.10	5.39	8.00	1.49	4.46	5.94	5.39	1.48	2.50
12	5	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.70	2.45	1.10	5.39	8.00	1.49	4.46	5.94	5.39	1.48	2.50
12	7	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.70	2.45	1.10	5.39	8.00	1.49	4.46	5.94	5.39	1.48	2.50
12	9	1	3	Excavación para zapatas aisladas de 1.40 m a 1.70 m de profundidad	1.70	2.45	1.10	2.69	5.00	1.86	5.57	7.43	4.31	1.18	2.50
13	1	1	2	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.00 m de profundidad	1.00	3.00	1.05	3.15	8.00	2.54	5.08	7.62	3.15	3.26	4.00
14	1	1	1	Excavación de zanjas para cimientos hasta 1.70 m de profundidad	1.50	5.00	1.05	5.25	8.00	1.52	1.52	3.05	5.25	2.89	3.00

**Tabla 53***Resumen de rendimiento en el solado de cimentaciones*

N° de Viv.	Día	OP	PE	Largo	Ancho	Altura	Espesor solado (m)	Metrado (m2)	Horas de trabajo	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total (hh)	Rendimiento (m2/día)	Rendimiento para comparar con CAPECO (m2/día)	CAPECO (m2/día)
1	6	1	3	1.80	1.30	0.50	0.10	16.38	5.00	0.00	0.92	0.92	34.94	80.37	80
1	6	1	3	2.50	1.30	0.50	0.10	3.25	1.00	0.00	0.92	0.92	34.67	79.73	80
2	1	1	3	8.64	1.30	0.35	0.30	21.60	8.00	0.37	1.11	1.48	21.60	49.68	80
2	2	1	3	18.55	1.30	0.35	0.30	24.12	8.00	0.33	1.00	1.33	24.12	55.46	80
2	3	1	3	15.00	1.30	0.35	0.30	19.50	8.00	0.41	1.23	1.64	19.50	44.85	80
2	4	1	3	3.15	1.30	0.35	0.30	19.50	8.00	0.41	1.23	1.64	19.50	44.85	80
3	1	1	4	8.50	1.20	2.00	0.10	27.16	5.50	0.20	0.81	1.01	39.51	72.69	80
4	1	1	2	9.00	0.50	0.70	0.10	24.06	8.00	0.33	0.67	1.00	24.06	73.78	80
5	1	1	2	1.50	1.50	0.60	0.10	19.30	6.00	0.31	0.62	0.93	25.73	78.92	80
6	1	2	5	11.30	2.00	0.60	0.10	64.20	9.00	0.28	0.70	0.98	57.07	75.00	80
6	2	2	5	8.20	2.00	0.60	0.10	37.42	5.00	0.27	0.67	0.94	59.87	78.69	80
7	1	1	3	2.00	2.60	1.65	0.05	10.40	3.00	0.29	0.87	1.15	27.73	63.79	80
7	2	1	3	2.00	2.60	1.65	0.05	31.20	8.00	0.26	0.77	1.03	31.20	71.76	80
7	4	1	3	2.00	2.60	1.65	0.05	10.40	3.00	0.29	0.87	1.15	27.73	63.79	80
7	5	1	3	2.00	2.60	1.65	0.05	24.38	6.00	0.25	0.74	0.98	32.51	74.77	80
11	1	1	3	1.50	1.50	0.60	0.10	27.00	6.00	0.22	0.67	0.89	36.00	82.80	80

**Tabla 54***Resumen de rendimiento en el encofrado de cimentaciones*

N° de Viv.	Día	OP	PE	Largo	Ancho	Altura	Metrado (m2)	Horas de trabajo	Aporte OP	Aorte PE	Aporte total (hh)	Rendimiento (m2/día)	Rendimiento para comparar con CAPECO (m2/día)	CAPECO (m2/día)
2	1	1	2	8.64	0.00	0.35	15.75	8.00	0.51	1.02	1.52	15.75	11.03	14.00
2	2	1	2	15.85	0.00	0.35	20.21	10.00	0.49	0.99	1.48	16.17	11.32	14.00
3	1	1	1	0.00	2.60	0.60	3.12	2.00	0.64	0.64	1.28	12.48	13.10	14.00
4	1	1	2	1.20	0.00	0.70	8.33	3.50	0.42	0.84	1.26	19.04	13.33	14.00
6	1	2	5	11.30	0.00	0.60	30.49	6.00	0.39	0.98	1.38	40.65	12.19	14.00
11	1	1	3	1.50	0.00	0.60	10.80	3.00	0.28	0.83	1.11	28.80	15.12	14.00
13	1	1	2	8.65	0.00	0.35	3.03	3.00	0.99	1.98	2.97	8.07	5.65	14.00

**Tabla 55**

*Resumen de rendimiento en la habilitación y colocación de acero en cimentaciones*

N° de Viv.	Día	OP	PE	N° de elemento	Diámetro (Ø)	Peso nominal (kg)	N° de varillas	Longitud del acero (m)	Metrado parcial (kg)	Metrado total (kg)	Horas de trabajo	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total (hh)	Rendimiento (kg/día)	Rendimiento para comparar con CAPECO (m2/día)	CAPECO (kg/día)
1	1	1	1	6	1/2	0.994	8	1.30	62.03	180.11	6.50	0.04	0.04	0.07	221.68	232.76	250.00
1	2	1	1	1	1/2	0.994	8	1.30	10.34	80.12	3.00	0.04	0.04	0.07	213.64	224.33	250.00
2	1	2	2	1	3/8	0.56	6	19.11	64.21	434.49	8.00	0.04	0.04	0.07	434.49	228.11	250.00
2	2	2	2	1	3/8	0.56	6	9.20	30.91	269.54	5.00	0.04	0.04	0.07	431.27	226.42	250.00
3	1	1	1	2	1/2	0.99	5	9.06	89.69	239.64	10.00	0.04	0.04	0.08	191.71	201.30	250.00
3	2	1	1	1	1/2	0.994	12	1.96	23.38	169.74	7.00	0.04	0.04	0.08	193.99	203.69	250.00
4	1	2	1	2	1/2	0.99	2	7.16	28.35	280.10	7.00	0.05	0.02	0.07	320.12	224.08	250.00
5	1	2	1	6	5/8	1.552	7	1.36	88.65	283.59	7.00	0.05	0.02	0.07	324.10	226.87	250.00
6	1	2	2	1	1/2	0.994	9	11.86	106.10	523.43	10.00	0.04	0.04	0.08	418.74	219.84	250.00
6	2	2	2	1	1/2	0.994	9	11.07	99.03	404.39	8.00	0.04	0.04	0.08	404.39	212.30	250.00
6	3	2	2	1	1/2	0.994	38	2.56	96.70	330.80	6.50	0.04	0.04	0.08	407.14	213.75	250.00
7	1	1	3	5	5/8	1.552	25	1.86	360.84	593.14	8.00	0.01	0.04	0.05	593.14	311.40	250.00
7	2	1	3	5	5/8	1.552	25	1.86	360.84	593.14	8.00	0.01	0.04	0.05	593.14	311.40	250.00
7	3	1	2	1	5/8	1.552	16	1.56	38.74	311.33	8.00	0.03	0.05	0.08	311.33	217.93	250.00
8	1	1	1	12	1/2	0.994	9	0.85	91.68	352.32	8.00	0.02	0.02	0.05	352.32	369.94	250.00
9	1	1	3	12	1/2	0.994	11	1.06	139.08	356.24	6.00	0.02	0.05	0.07	474.98	249.37	250.00
10	1	1	2	6	5/8	1.552	11	1.06	108.58	180.65	5.00	0.03	0.06	0.08	289.04	202.33	250.00
11	1	1	3	12	1/2	0.994	14	1.71	285.56	285.56	5.00	0.02	0.05	0.07	456.89	239.87	250.00
11	2	1	3	12	1/2	0.994	14	1.71	285.56	285.56	5.00	0.02	0.05	0.07	456.89	239.87	250.00
12	1	1	3	9	1/2	0.994	11	1.06	104.31	267.18	6.00	0.02	0.07	0.09	356.24	187.02	250.00
13	1	1		1	3/8	0.56	6	19.91	66.90	134.68	8.00	0.06	0.00	0.06	134.68	282.83	250.00
13	2	1		1	3/8	0.56	6	19.91	66.90	134.68	8.00	0.06	0.00	0.06	134.68	282.83	250.00
14	1	1	1	10	1/2	0.994	9	0.85	76.40	293.60	8.00	0.03	0.03	0.05	293.60	308.28	250.00

**Tabla 56***Resumen de rendimiento en la preparación y vaciado de concreto en cimentaciones*

N° de Viv.	Día	OP	PE	N° de elemento	Largo	Ancho	Altura	Metrado (m3)	Horas de trabajo	Aporte OP	Aporte PE	Aporte total (hh)	Rendimiento (m3/día)	Rendimiento para comparar con CAPECO (m3/día)	CAPECO (m3/día)
1	1	1	3	4	1.80	1.30	0.60	5.62	6.50	1.16	3.47	4.63	6.91	21.08	25
1	2	1	3	3	1.80	1.30	0.60	6.16	6.50	1.05	3.16	4.22	7.58	23.13	25
2	1	1	4	1	8.64	1.30	0.35	9.56	8.00	0.84	3.35	4.18	9.56	23.33	25
2	2	1	4	1	18.55	1.30	0.35	8.44	8.00	0.95	3.79	4.74	8.44	20.59	25
2	3	1	4	1	15.00	1.30	0.35	11.65	10.00	0.86	3.43	4.29	9.32	22.74	25
3	1	1	4	1	8.50	1.20	0.60	12.24	10.00	0.82	3.27	4.08	9.79	23.89	25
3	2	1	4	3	2.60	0.40	0.60	4.06	3.50	0.86	3.45	4.31	9.27	22.62	25
4	1	1	6	1	6.20	1.50	0.70	6.51	4.00	0.61	3.69	4.30	13.02	22.69	25
4	2	1	6	2	9.00	0.50	0.70	10.33	6.00	0.58	3.48	4.07	13.78	24.01	25
5	1	1	5	4	1.50	1.50	0.60	11.58	8.00	0.69	3.45	4.15	11.58	23.55	25
6	1	2	5	1	11.30	2.00	0.60	13.56	8.00	1.18	2.95	4.13	13.56	23.63	25
6	2	2	5	1	13.03	2.00	0.60	15.64	8.00	1.02	2.56	3.58	15.64	27.25	25
6	3	2	5	1	7.77	2.00	0.60	19.16	9.00	0.94	2.35	3.29	17.03	29.69	25
6	4	2	5	1	10.51	2.00	0.60	12.61	8.00	1.27	3.17	4.44	12.61	21.98	25
7	1	1	6	1	2.00	2.60	0.35	12.45	6.00	0.48	2.89	3.37	16.59	28.92	25
8	1	1	6	12	1.30	1.30	0.35	7.10	3.50	0.49	2.96	3.45	16.22	28.28	25
9	1	1	5	12	1.20	1.20	0.60	10.37	6.00	0.58	2.89	3.47	13.82	28.11	25
10	1	1	3	6	1.20	1.20	0.50	7.92	8.00	1.01	3.03	4.04	7.92	24.16	25
11	1	1	3	6	1.50	1.50	0.60	8.10	8.00	0.99	2.96	3.95	8.10	24.71	25
11	2	1	3	6	1.50	1.50	0.60	8.10	8.00	0.99	2.96	3.95	8.10	24.71	25
12	1	1	5	9	1.20	1.20	0.50	6.48	6.00	0.93	4.63	5.56	8.64	17.57	25
13	1	1	2	1	8.00	1.50	0.70	8.40	10.00	1.19	2.38	3.57	6.72	27.33	25
13	2	1	2	1	8.00	1.20	0.35	4.73	6.00	1.27	2.54	3.81	6.30	25.62	25
14	1	1	6	10	1.30	1.30	0.35	5.92	3.00	0.51	3.04	3.55	15.77	27.49	25

***Anexo D. Resultado de las características de las viviendas, la cimentación, los trabajadores, el rendimiento y la productividad de la mano de obra***

El presente anexo compila de manera sistemática la totalidad de los datos primarios recolectados en campo durante la investigación “*Análisis del rendimiento y productividad de la mano de obra en la construcción de cimentaciones en edificaciones de la ciudad de Chota, 2024*”, correspondientes a las 14 viviendas seleccionadas para el estudio. Los registros se encuentran organizados por vivienda, e incluyen:

- Formato de características generales de la vivienda.
- Ficha de características técnicas y geométricas de la cimentación.
- Formato de cálculo del rendimiento de la mano de obra por partida.
- Carta balance para la determinación de los tiempos productivos, contributorios y no contributorios.
- Resultados del cuestionario aplicado a la mano de obra

La versión electrónica completa del Anexo D, con los resultados desagregados por vivienda, se encuentra disponible en la carpeta virtual de Google Drive, accesible mediante el siguiente enlace:

[https://drive.google.com/drive/folders/1IjI\\_JRM2aziAD17o4yb7-cODrg\\_e9d-D](https://drive.google.com/drive/folders/1IjI_JRM2aziAD17o4yb7-cODrg_e9d-D)

Asimismo, el contenido del anexo puede ser consultado a través del código QR adjunto, facilitando el acceso digital a la información de respaldo del estudio.

