

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

Medición de rendimientos de mano en obra para las actividades de construcción de vigas, repello, pintura, y losas de concreto de residencias en Costa Rica y determinación de factores de ajuste para los publicados por el RSMeans

Proyecto de Graduación

para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Daniel Flórez Azuola

Director de proyecto:

Ing. Robert Anglin Fonseca

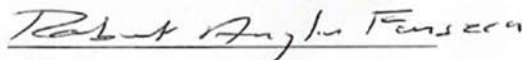
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

HOJA DE APROBACIÓN

El Tribunal de Graduación declara que:

El estudiante Daniel Flórez Azuola, carné B52755 aprobó la defensa pública de su proyecto de graduación "Medición de rendimientos de mano en obra para las actividades de construcción de vigas, repello, pintura, y losas de concreto de residencias en Costa Rica y determinación de factores de ajuste para los publicados por el RSMeans" y que realizó las correcciones solicitadas en tiempo y forma en el informe final del mismo.

Para constancia, los Miembros del Tribunal y el graduando firman este documento.




Ing. Robert Anglin Fonseca, MSc.

Director del Proyecto de Graduación




Daniel Flórez Azuola

Estudiante



Ing. Mauricio Jiménez Bolaños, MBA
Asesor del Proyecto de Graduación



Ing. Allan Rojas Ramírez
Asesor del Proyecto de Graduación

DERECHOS DE AUTOR

Fecha: 2021, diciembre, 16

El suscrito, Daniel Flórez Azuola, cédula 1-1669-0646, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné B52755, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación "Medición de rendimientos de mano en obra para las actividades de construcción de vigas, repello, pintura, y losas de concreto de residencias en Costa Rica y determinación de factores de ajuste para los publicados por el RSMMeans", bajo la Dirección del MSc. Robert Anglin Fonseca, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este gran logro a mi mamá, quien siempre ha luchado por darme la mejor educación y valores posibles. Y a Dios, que me ha bendecido con las grandes oportunidades y experiencias a lo largo de mi carrera y mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis compañeros de carrera, y grandes amigos, Ari y Lucho, quienes trabajaron incansables horas junto conmigo para terminar proyectos y pasar exámenes. Sin ellos no estaría aquí.

A mi novia y mejor amiga Sofi, quien siempre me ha inspirado y motivado a ser el mejor en lo que sea que me proponga y a dar lo mejor de mi incluso en los momentos difíciles.

A mis amigos y compañeros de universidad, Luis Mi y Cheki, con quienes estudié para todos los exámenes de las materias generales de ingeniería en la biblioteca de Agronomía. De los mejores momentos de mi carrera.

A mi amiga Vero, quien fue mi compañera desde el día 1 de humanidades, y siempre mejoró los momentos de estrés con galletas caseras.

A mis amigos del colegio Ricardo, Rodri, Sol y Ugalde, quienes siempre han sido incondicionales. Están ahora para verme graduarme y estarán para el resto de los momentos importantes que vendrán a mi vida.

A mi familia, mi papá, mi hermano, y mi mamá, quienes me han apoyado motivado y aconsejado a lo largo del camino.

Finalmente, a los profesores que hicieron este proyecto posible. Al Ing. Robert Anglin, director del trabajo, uno de los mejores profesores que he tenido. Y a mis asesores de trabajo, el Ing. Allan Rojas, y el Ing. Mauricio Jiménez, quienes me apoyaron y guiaron durante la investigación para lograr el mejor resultado posible.

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. Prólogo	1
1.2. Justificación	2
1.2.1. Problema específico.....	2
1.2.2. Importancia	3
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Delimitación del problema	5
1.4.1. Alcance	5
1.4.2. Limitaciones.....	7
1.5. Antecedentes e información existente	7
1.6. Metodología.....	9
2. Marco teórico e hipótesis	13
2.1. La productividad y su medición.....	13
2.1.1. Mano de obra	13
2.1.2. Productividad de mano de obra	13
2.1.3. Técnicas de medición de productividad	13
2.1.4. Factores que afectan la productividad	15
2.2. RSMMeans	15
2.3. Ley de Pareto	16
2.4. Estadística	16
2.4.1. Definiciones generales	16
2.4.2. Distribución normal	17
2.4.3. Intervalos de confianza y tamaños de muestra	18

2.4.4. Distribución t de Student	19
3. Determinación de rendimientos	21
3.1. Trabajo previo a la medición en campo	21
3.1.1. Validación de actividades aplicando la Ley de Pareto	21
3.1.2. Hojas de medición en campo.....	25
3.2. Descripción de proyectos visitados.....	27
3.2.1. Proyecto A.....	27
3.2.2. Proyecto B.....	29
3.2.3. Proyecto C.....	32
3.2.4. Proyecto D.....	34
3.2.5. Proyecto E.....	36
3.3. Tabulación de resultados	38
3.3.1. Corte de varillas	38
3.3.2. Doblado de varillas para vigas	39
3.3.3. Armado de vigas	40
3.3.4. Acarreo y montaje de armaduras de vigas.....	41
3.3.5. Fabricado de formaleta	42
3.3.6. Colocado de cargadores para vigas.....	42
3.3.7. Colocado de formaleta para vigas	43
3.3.8. Refuerzo de formaleta para vigas	44
3.3.9. Fabricado de concreto para vigas corona.....	45
3.3.10. Acarreo de concreto para vigas corona.....	45
3.3.11. Colocado y vibrado de concreto para vigas corona	46
3.3.12. Instalado de láminas de Metaldeck.....	46
3.3.13. Apuntalado de Metaldeck	47
3.3.14. Instalación de viguetas de entrepiso	47

3.3.15. Instalación de bloques de entrepiso	48
3.3.16. Armado de acero de entrepiso con varilla	48
3.3.17. Colado de concreto de entrepiso.....	49
3.3.18. Armado de acero contrapiso con varilla	50
3.3.19. Colado de concreto de contrapiso	51
3.3.20. Acabado de concreto para losa	52
3.3.21. Aplicación de repello (1era capa)	52
3.3.22. Aplicación de repello y acabado (2da capa).....	53
3.3.23. Empaste de pared (cada capa)	54
3.3.24. Lijado de pared entre capas de pasta	55
3.3.25. Aplicación de sellador	55
3.3.26. Aplicación de pintura (1era capa).....	56
3.3.27. Aplicación de pintura (2da capa).....	57
3.4. Análisis estadístico de los resultados	57
3.4.1. Corte de varillas	57
3.4.2. Doblado de varillas para vigas	58
3.4.3. Armado de vigas	59
3.4.4. Acarreo y montaje de armaduras de vigas.....	60
3.4.5. Fabricado de formaleta	61
3.4.6. Colocado de cargadores para vigas.....	61
3.4.7. Colocado de formaleta para vigas	62
3.4.8. Refuerzo de formaleta para vigas	63
3.4.9. Fabricado de concreto para vigas corona.....	64
3.4.10. Acarreo de concreto para vigas corona.....	65
3.4.11. Colocado y vibrado de concreto para vigas corona	66
3.4.12. Instalado de láminas de Metaldeck.....	66

3.4.13. Apuntalado de Metaldeck	67
3.4.14. Instalación de viguetas de entrepiso	68
3.4.15. Instalación de bloques de entrepiso	69
3.4.16. Armado de acero de entrepiso	70
3.4.17. Colado de concreto de entrepiso.....	71
3.4.18. Armado de acero contrapiso.....	71
3.4.19. Colado de concreto de contrapiso	72
3.4.20. Acabado de concreto para losa	73
3.4.21. Aplicación de repello (1era capa)	74
3.4.22. Aplicación de repello y acabado (2da capa).....	75
3.3.23. Empaste de pared (cada capa)	76
3.4.24. Lijado de pared entre capas de pasta	76
3.4.25. Aplicación de sellador	77
3.4.26. Aplicación de pintura (1era capa).....	78
3.4.27. Aplicación de pintura (2da capa).....	79
3.5. Rendimientos obtenidos.....	80
3.5.1. Cálculo del factor de incremento.....	80
3.5.2. Acero de refuerzo para vigas.....	83
3.5.3. Fabricado de concreto para vigas corona.....	83
3.5.4. Colado de vigas corona.....	84
3.5.5. Formaleta lateral de vigas	84
3.5.6. Formaleta cargador de vigas	84
3.5.7. Instalado de Metaldeck.....	85
3.5.8. Apuntalado de Metaldeck.....	85
3.5.9. Sistema de entrepiso vigueta pretensada y bloques de concreto.....	85
3.5.10. Acero de refuerzo para entrepiso	86

3.5.11. Colado de entrepiso.....	86
3.5.12. Acero de refuerzo para contrapiso.....	86
3.5.13. Colado de contrapiso	87
3.5.14. Repello de paredes dos capas.....	87
3.5.15. Empaste de paredes tres capas	87
3.5.16. Pintado de paredes dos capas con sellador	88
3.6. Comparación con RSMeans	88
4. Guía de uso de factores de ajuste.....	92
5. Conculsiones y recomendaciones.....	95
5.1. Conclusiones.....	95
5.2. Recomendaciones	98
4. Bibliografía	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología propuesta para el desarrollo del proyecto.....	11
Figura 2. Hoja de mediciones en campo.....	26
Figura 3. Armado de vigas en proyecto A	27
Figura 4. Repello de paredes en proyecto A.....	28
Figura 5. Pintado de paredes en proyecto A	28
Figura 6. Proyecto A en etapas finales	29
Figura 7. Repello de paredes en proyecto B.....	30
Figura 8. Armado de contrapiso en proyecto B.....	30
Figura 9. Colado de entrepiso en proyecto B.....	31
Figura 10. Proyecto B en etapas finales.....	31
Figura 11. Armado de entrepiso en proyecto C	32
Figura 12. Acumulación de armaduras en proyecto C	33

Figura 13. Armado de vigas en proyecto C	33
Figura 14. Montado de armaduras en proyecto C	34
Figura 15. Proyecto C en etapas finales.....	34
Figura 16. Colocación y refuerzo de formaleta en proyecto D	35
Figura 17. Instalación de sistema de viguetas en proyecto D	35
Figura 18. Fabricación de concreto proyecto D.....	36
Figura 19. Proyecto D totalmente terminado.....	36
Figura 20. Instalado de láminas de Metaldeck en proyecto E.....	37
Figura 21. Sistema Metaldeck en proyecto E.....	37
Figura 22. Apuntalado de Metaldeck en proyecto E	38
Figura 23. Ejemplo de datos encontrados en <i>RSM</i>	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de presupuesto 1 con el principio de Pareto.....	21
Cuadro 2. Análisis de presupuesto 2 con el principio de Pareto.....	22
Cuadro 3. Análisis de presupuesto 3 con el principio de Pareto.....	23
Cuadro 4. Análisis de presupuesto 4 con el principio de Pareto.....	24
Cuadro 5. Resumen medición de rendimientos para corte de varilla.....	39
Cuadro 6. Resumen medición de rendimientos para doblado de varillas para vigas	39
Cuadro 7. Resumen medición de rendimientos para armado de vigas	40
Cuadro 8. Resumen medición de rendimientos para acarreo y montaje de vigas.....	41
Cuadro 9. Resumen medición de rendimientos para construcción de formaleta.....	42
Cuadro 10. Resumen medición de rendimientos para colocado de cargadores para vigas	43
Cuadro 11. Resumen medición de rendimientos para colocado de formaleta para vigas.....	43
Cuadro 12. Resumen medición de rendimientos para refuerzo de formaleta para vigas	44
Cuadro 13. Resumen medición de rendimientos para fabricación de concreto.....	45

Cuadro 14. Resumen medición de rendimientos para acarreo de concreto.....	45
Cuadro 15. Resumen medición de rendimientos para colocado de concreto de vigas.....	46
Cuadro 16. Resumen medición de rendimientos para instalado de Metaldeck	46
Cuadro 17. Resumen medición de rendimientos para apuntalado de Metaldeck	47
Cuadro 18. Resumen medición de rendimientos para instalación de viguetas de entrepiso...	48
Cuadro 19. Resumen medición de rendimientos para instalación de bloques de entrepiso ..	48
Cuadro 20. Resumen medición de rendimientos para armado de acero de entrepiso	49
Cuadro 21. Resumen medición de rendimientos para colado de entrepiso	49
Cuadro 22. Resumen medición de rendimientos para armado de acero de contrapiso	50
Cuadro 23. Resumen medición de rendimientos para colado de contrapiso.....	51
Cuadro 24. Resumen medición de rendimientos para acabado de concreto para losa	52
Cuadro 25. Resumen medición de rendimientos para aplicación de repello (1era capa)	52
Cuadro 26. Resumen medición de rendimientos para aplicación de repello (2da capa)	53
Cuadro 27. Resumen medición de rendimientos para empaste de pared	54
Cuadro 28. Resumen medición de rendimientos para lijado de pared.....	55
Cuadro 29. Resumen medición de rendimientos para aplicación de sellador	56
Cuadro 30. Resumen medición de rendimientos para aplicación de pintura (1era capa).....	56
Cuadro 31. Resumen medición de rendimientos para aplicación de pintura (2da capa).....	57
Cuadro 32. Análisis estadístico para corte de varilla.....	58
Cuadro 33. Análisis estadístico para doblado de varillas para vigas	58
Cuadro 34. Análisis estadístico para armado de vigas	59
Cuadro 35. Análisis estadístico para acarreo y montaje de armaduras de vigas.....	60
Cuadro 36. Análisis estadístico para construcción de formaleta.....	61
Cuadro 37. Análisis estadístico para colocado de cargadores para vigas	62
Cuadro 38. Análisis estadístico para colocado de formaleta para vigas	62
Cuadro 39. Análisis estadístico para refuerzo de formaleta para vigas.....	63

Cuadro 40. Análisis estadístico para fabricación de concreto	64
Cuadro 41. Análisis estadístico para acarreo de concreto	65
Cuadro 42. Análisis estadístico para colocado de concreto de vigas corona.....	66
Cuadro 43. Análisis estadístico para instalado de Metaldeck.....	67
Cuadro 44. Análisis estadístico para apuntalado de Metaldeck.....	67
Cuadro 45. Análisis estadístico para instalación de viguetas de entrepiso	68
Cuadro 46. Análisis estadístico para instalación de bloques de entrepiso	69
Cuadro 47. Análisis estadístico para armado de acero de entrepiso.....	70
Cuadro 48. Análisis estadístico para colado de entrepiso.....	71
Cuadro 49. Análisis estadístico para armado de acero de contrapiso	72
Cuadro 50. Análisis estadístico para colado de contrapiso	72
Cuadro 51. Análisis estadístico para acabado de concreto para losa.....	73
Cuadro 52. Análisis estadístico para aplicación de repello (1era capa).....	74
Cuadro 53. Análisis estadístico para aplicación de repello (2da capa).....	75
Cuadro 54. Análisis estadístico para empaste de pared.....	76
Cuadro 55. Análisis estadístico para lijado de pared	77
Cuadro 56. Análisis estadístico para aplicación de sellador	77
Cuadro 57. Análisis estadístico para aplicación de pintura (1era capa)	78
Cuadro 58. Análisis estadístico para aplicación de pintura (2da capa)	79
Cuadro 59. Distribución de tiempo diario de trabajadores según RSMeans.	81
Cuadro 60. Tiempo invertido en otras actividades de trabajadores en Costa Rica.....	82
Cuadro 61. Cálculo de rendimiento total para el acero de refuerzo de vigas	83
Cuadro 62. Cálculo de rendimiento total para el fabricado de concreto de vigas corona.....	83
Cuadro 63. Cálculo de rendimiento total para el colado de vigas corona.....	84
Cuadro 64. Cálculo de rendimiento total para la formaleta de vigas	84
Cuadro 65. Cálculo de rendimiento total para la formaleta cargador de vigas	84

Cuadro 66. Cálculo de rendimiento total para el instalado de Metaldeck.....	85
Cuadro 67. Cálculo de rendimiento total para el apuntalado de Metaldeck.....	85
Cuadro 68. Cálculo de rendimiento total para el sistema de entrepiso de viguetas	85
Cuadro 69. Cálculo de rendimiento total para el acero de refuerzo de entrepiso	86
Cuadro 70. Cálculo de rendimiento total para el colado de entrepiso.....	86
Cuadro 71. Cálculo de rendimiento total para el acero de refuerzo de contrapiso	86
Cuadro 72. Cálculo de rendimiento total para el colado de contrapiso	87
Cuadro 73. Cálculo de rendimiento total para el repello de paredes	87
Cuadro 74. Cálculo de rendimiento total para el empaste de paredes	87
Cuadro 75. Cálculo de rendimiento total para el pintado de paredes	88
Cuadro 76. Comparación entre rendimientos obtenidos y RSMMeans.	90
Cuadro 77. Lista de factores de ajuste recopilados en ambas investigaciones	94

RESUMEN

Flórez Azuola, Daniel (2021). *Medición de rendimientos de mano en obra para las actividades de construcción de vigas, repello, pintura, y losas de concreto de residencias en Costa Rica y determinación de factores de ajuste para los publicados por el RSMeans*. Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil, San José, Costa Rica.

Actualmente, una gran cantidad de países, la mayoría muy desarrollados, cuentan con bases de datos de rendimientos de mano de obra para la industria de la construcción. Esto les permite planificar, programar y presupuestar todo tipo de proyectos de construcción de una manera más eficiente y simple. En Costa Rica, por otro lado, no se cuenta con este tipo de bases de datos oficiales, haciendo que programar y presupuestar un proyecto de manera precisa y minuciosa requiera de más recursos de lo necesario o resulte en una planificación deficiente.

Esta investigación pretendió aportar una base de datos de rendimientos para un grupo significativo de actividades de construcción de vivienda unifamiliar y, además, comparar estos con los publicados por el libro *RSMeans*, una amplia base de datos de rendimientos de Estados Unidos. El objetivo final fue obtener coeficientes, o factores de ajuste, entre los rendimientos medidos, los cuales puedan ser multiplicados por los datos del *RSMeans*, para utilizar estos últimos en proyectos de vivienda unifamiliar en Costa Rica.

Las actividades medidas se seleccionaron tomando en cuenta el peso económico que representan en proyecto de vivienda unifamiliar y las mediciones de las mismas se realizaron utilizando el método de observación directa. Por último, se realizaron análisis estadísticos para verificar que las muestras fueran representativas.

Al finalizar el trabajo, se obtuvo un valor promedio de ajuste igual a 1,35. Lo anterior indica que, en promedio, para las actividades medidas, en Costa Rica se invierte aproximadamente un 35 % más de horas-hombre por unidad de medida que en Estados Unidos de Norteamérica.

D. Flórez. A., 2021

Palabras clave: Rendimientos, Productividad, Construcción, Mano de obra, RSMeans

ABSTRACT

Flórez Azuola, Daniel (2021). *Measurement of labor performance for the activities of beam construction, plastering, painting and concrete slab construction in costarican houses and determination of adjustment factors for comparison with the RSMeans*. University of Costa Rica, Civil Engineering, San José, Costa Rica.

Currently, a lot of countries, mostly developed ones, have databases about labor performance for the construction industry. This allows them to plan, program and budget all kinds of construction projects in a more efficient and simple way. In Costa Rica, on the contrary, there are no databases of this sorts, making programing and budgeting a project, in a precise and detailed way, more resource demanding and may result in a deficient planning.

This investigation tried to generate a labor performance database that included a number of activities for the construction of a single-family house, and also a comparison with the labor performance factors published by *RSMeans* in their book, the leading construction database in the USA. The final objective was to obtain coefficients or adjustment factor between the labor performances, which could be multiplied by the values on *RSMeans* so they can be applied in single-family construction projects in Costa Rica.

The activities measured were selected taking in account the economic impact that they represented in a construction project, and the samples were measured by using the direct observation method. Finally, a statistical analysis was made to verify that the samples were representatives of the population.

Once the investigation was done, the average value of 1,35 por the adjustment factors was obtained. This means that on average, for the activities measured, in Costa Rica workers invest approximately 35 % more of man hours per measure unit of work than the USA.

D. Flórez. A., 2021

Key words: Performance, Productivity, Construction, labor, RSMeans.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Prólogo

Este proyecto se realizó como continuación a la investigación del Ing. Ronald Mena del año 2020 "Medición de rendimientos de mano en obra para la construcción de residencias en Costa Rica y determinación de factores de ajuste para los publicados por el *RSMeans*" con el fin de aumentar la robustez y cantidad de información relacionada con el tema. Este consiste en la determinación de factores de ajuste que permitan comparar los rendimientos de mano de obra publicados por el *RSMeans*, con los rendimientos de la mano de obra costarricense en proyectos de vivienda unifamiliar y, de esta manera, poder realizar estimaciones de tiempo y costos con mayor facilidad.

Esta investigación se llevó a cabo debido a la necesidad que existe de contar con información pública sobre rendimientos de mano de obra para proyectos realizados en el territorio nacional. Esta falta de información dificulta el proceso de planificación y estimación de costos, especialmente en empresas constructoras pequeñas, las cuales no necesariamente poseen la experiencia para planificar y presupuestar con exactitud. Sabiendo esto, se podría recurrir a una base de datos de rendimientos publicada en el extranjero, sin embargo, utilizar una de otro país podría ser poco confiable y hasta riesgoso debido a las diferencias que existen entre los países debido a factores como cultura, economía, clima, entre otros. Tomando esto en cuenta, es posible utilizar información publicada en el extranjero, como lo es la base de datos *RSMeans*, para realizar una comparación directa con rendimientos medidos en campo en proyectos de vivienda unifamiliar de Costa Rica, y determinar factores de ajuste que permitan utilizar esta base de datos estadounidense. Tener acceso a la información producida por esta investigación podría afectar positivamente la industria de la construcción costarricense, no solo a nivel profesional en la planificación y estimación de presupuestos, sino también a nivel académico, en futuras investigaciones que amplíen el tema, o que hagan uso de la información.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se optó por utilizar la base de datos *RSMeans* publicada por Grupo Gordian, debido a que es ampliamente utilizada en Estados Unidos; un país que tiene gran influencia sobre Costa Rica en muchos ámbitos, incluyendo la industria de la construcción. *RSMeans* contiene varios libros para cada área de construcción, los cuales contienen costos y rendimientos de mano de obra para cuadrillas específicas en cada actividad.

Las actividades consideradas para ser comparadas con el *RSMMeans*, tanto las abordadas por Mena (2020), como las que se incluyen en esta investigación, fueron seleccionadas realizando un análisis de Pareto en diferentes proyectos de construcción de viviendas unifamiliares ubicadas en la Gran Área Metropolitana, seleccionando así las actividades que representaban mayor costo en los presupuestos. Posteriormente se realizaron visitas a proyectos para así medir rendimientos de las actividades propuestas y finalmente ser comparados con los rendimientos publicados por *RSMMeans*.

1.2. Justificación

1.2.1. Problema específico

En la actualidad, las empresas constructoras compiten por proyectos ofreciendo a los clientes el mejor precio posible por generar el mismo producto. Sabiendo esto, es vital para la empresa el tener la capacidad de realizar un presupuesto detallado, minucioso, en el cual se reduzca el riesgo de perder dinero, permita ofrecerle al cliente el mejor precio posible, y garantice la utilidad que se planeó desde un inicio. Uno de los factores más importantes para obtener la precisión deseada en el proceso de planificación y estimación de costos para un proyecto, es la determinación correcta del costo asociado a la mano de obra. Según Álvarez Parajeles (2011), en su trabajo final de graduación realizado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, la mano de obra representa un 27,1 % del costo total de un proyecto de construcción habitacional. Si se cometiera algún error con respecto a la cantidad de trabajo o de esfuerzo necesario para llevar a cabo el proyecto, se obtendría un presupuesto erróneo. Esto puede perjudicar a la empresa financieramente, además de hacerla perder los recursos invertidos en una actividad realizada incorrectamente.

Dada la dificultad que presenta elaborar un presupuesto detallado preciso sin información confiable, muchas veces se opta por herramientas que facilitan el proceso y reducen la posibilidad de cometer errores al hacerlo. Un ejemplo de estas herramientas es el *RSMMeans*, del grupo *Gordian*, el cual ha permitido a profesionales en Estados Unidos y Canadá acceder a información de costos, duraciones, y rendimientos de mano de obra en el área de la construcción por más de 70 años. Esta base de datos contiene información de costos y rendimientos aplicables en las regiones mencionadas y brinda una ventaja muy significativa sobre los competidores que no tienen acceso a esta información. Además del *RSMMeans*, existen publicaciones similares sobre costos y rendimientos de actividades construcción en Europa,

Australia y Asia, como por ejemplo la ECC (European Construction Costs), la cual es una plataforma en línea que maneja bases de datos de costos de construcción de países europeos; y BCD (Building Construction Database) de Veritas Contracts, que ofrece la misma información para el mercado de Malasia, entre otros.

Profundizando sobre el problema asociado a este proyecto, se conoce que, a nivel mundial, las condiciones en la industria de la construcción varían considerablemente entre los países y regiones. Factores como lo son: el clima, la economía, la educación y la cultura, provocan que llevar a cabo la planificación y el presupuesto de un proyecto sea totalmente diferente cuando se varía la ubicación. Esto causa que la información recopilada en bases de datos como lo es *RSMMeans*, pueda no ser aplicable a otras y, por lo tanto, debe ser ajustada o corregida.

Costa Rica, a diferencia de muchas de las regiones mencionadas anteriormente, no posee suficientes registros ni publicaciones de acceso público robustas sobre rendimientos de mano de obra en la construcción. Muchas veces, las empresas deben generar su propia base de datos de rendimientos basándose en su experiencia. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, es muy difícil para un profesional en Costa Rica, utilizar herramientas de otras regiones ya que es necesario adaptarlas o corregirlos. Además de esto, actualmente, no se cuenta con muchos de estos factores de ajuste para adaptar rendimientos extranjeros a rendimientos de la mano de obra costarricense. Toda esta situación afecta a las empresas en su proceso de planificación de proyectos, especialmente a las empresas pequeñas, las cuales no siempre son capaces de generar una base de datos propia debido a su falta de experiencia. Para estas empresas, el riesgo es mayor cuando se desea realizar un presupuesto detallado de un proyecto.

Las limitaciones que se tienen a nivel nacional debido a la falta de información y de investigación en esta área, afectan a la industria de la construcción desde un punto de vista económico, provocando que empresas deban tomar más riesgos, y en ocasiones, que vean comprometido su futuro por errores cometidos en el proceso de estimación de costos.

1.2.2. Importancia

En Costa Rica actualmente existen muchas actividades e industrias del mercado que se desarrollan de manera poco eficiente y, por ende, no se aprovecha todo el potencial socioeconómico. La industria de la construcción no es una excepción. Inclusive, según Mora Valverde (2012), el poco aprovechamiento del desarrollo tecnológico actual ha provocado que Costa Rica muestre índices de menor productividad en la construcción en comparación con

otros sectores económicos. Mientras tanto, una gran cantidad de países, en los últimos años, han adoptado nuevas prácticas y metodologías que facilitan procesos dentro del contexto de un proyecto de construcción, como lo son: la modulación, la sistematización de procesos, la implementación de BIM, entre otros. Con respecto a esto, Costa Rica debe tomar iniciativa y no quedarse atrás.

En este proyecto de investigación se buscó dar un paso en beneficio de la industria de la construcción costarricense. Se le dio seguimiento al trabajo final de graduación elaborado por el Ingeniero Ronald Mena Solís en el 2020, identificando la relación que existe entre los rendimientos de mano de obra obtenidos del libro *Residential Costs Book* del *RSMMeans 2014*, y los rendimientos promedio de Costa Rica para las actividades de construcción de vigas, repello, pintura, y construcción de losas de concreto, y se determinó si estos rendimientos de la industria norteamericana son aplicables a Costa Rica o, si es necesario, realizar un ajuste. A partir de esto, se generó una herramienta que permite a profesionales adaptar los rendimientos publicados por el RSMMeans a sus proyectos específicos ubicados en el territorio nacional de manera sencilla, facilitando así el proceso de planificación de proyectos.

Por otro lado, al realizar esta investigación, en conjunto con la investigación de Mena Solís (2020), se contribuyó a la creación de bases de datos de mediciones de rendimientos de mano de obra en la construcción costarricense, lo cual beneficia en gran manera la elaboración de trabajos académicos de estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil, además del desarrollo de posteriores investigaciones y proyectos relacionados al tema.

Las actividades analizadas en esta investigación fueron escogidas con base en su relevancia económica, a partir de presupuestos de proyectos de vivienda unifamiliar, y también partiendo de la investigación de Mena (2020). De esta manera fue posible complementar las actividades estudiadas por éste, dándole robustez a la base de datos. Mena, en su investigación, analizó las actividades de pega de mampostería, construcción de columnas y construcción de cimentaciones. Se pretende que, posterior a esta investigación, se realicen otras que agreguen más actividades de construcción a la lista.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Identificar factores de ajuste para los rendimientos de mano de obra publicados en el libro *Building Construction Costs Data 2014* del RSMeans de las actividades de vigas, repellos, pintura, y losas de concreto en construcción residencial, mediante la comparación con los rendimientos de productividad medidos en proyectos de Costa Rica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Validar el impacto, en aporte económico y consumo de mano de obra, de las actividades de vigas, repellos, pintura, y losas de concreto en construcción residencial mediante un análisis utilizando el principio de Pareto.
- Determinar los rendimientos de mano de obra de las actividades de vigas, repellos, pintura, y losas de concreto, mediante mediciones en campo en proyectos de construcción residencial en la GAM.
- Determinar factores de ajuste que permitan aplicar los rendimientos publicados por el *RSMeans* en el libro *Building Construction Costs Data 2014*, en Costa Rica.
- Ampliar la guía de uso elaborada en el trabajo final de graduación de Mena, 2020, para la aplicación en el marco laboral profesional y académico.

1.4. Delimitación del problema

1.4.1. Alcance

Esta investigación se centró en la medición exclusiva de las actividades de elaboración de vigas de concreto armado, elaboración de losas de concreto armado, y el repellido y pintado de paredes. Para todas las actividades se incluyeron las subactividades que las componen.

Con respecto al alcance de estas actividades, es importante aclarar algunos puntos: Para la actividad de elaboración de losas, solamente se midieron contrapisos de losa flotante o losa de fundación, y entrepisos de concreto, ya sea sobre un sistema de viguetas pretensadas, o sistema Metaldeck. Esto debido a que estos fueron los sistemas utilizados en la mayoría de los proyectos visitados. Por otro lado, para la actividad de colado de concreto de vigas, solamente se midió el colado de vigas corona, debido a que las de entrepiso se colaban al mismo tiempo

que la losa de entepiso en todos los casos. Por últimos, para el pintado de paredes, solamente se incluyeron mediciones de pintado de interiores dado que, en la mayoría de los proyectos, el método de trabajo y productos utilizados para el acabado exterior variaba, y por lo tanto no hubiera sido posible obtener una muestra representativa. Cabe mencionar que es posible utilizar un método similar al de empaste y pintura de interiores en las paredes exteriores los cuales poseen rendimientos muy similares. Sin embargo, debido a la variación entre el tipo de pasta y pintura utilizada, Gordian (2013) asegura que la diferencia entre estos rendimientos es alrededor del 11%.

Las mediciones realizadas durante la investigación se llevaron a cabo en proyectos de viviendas unifamiliares, esto debido a que este tipo de construcción es una de los más predominantes en el país. Entre enero del 2021 y agosto del 2021, del total de proyectos tramitados ante el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), la construcción de viviendas unifamiliares representó un 50,6 % (Cámara Costarricense de la Construcción, 2021). Por esta razón, los rendimientos que se obtuvieron en esta investigación, y los factores de ajuste para los publicado en el *RMeans*, no son aplicables a actividades realizadas en proyectos que no sean de vivienda unifamiliar en Costa Rica, ya que estos pueden variar.

El *RMeans* publica sus rendimientos especificando una cuadrilla asignada a la actividad, lo cual es de utilidad porque de esta manera se facilita la estimación de costos y la programación de actividades. Sin embargo, se descubrió a lo largo de la investigación, que en Costa Rica la composición de las cuadrillas en proyectos de vivienda unifamiliar, en la mayoría de los casos estudiados, no se decide tomando en cuenta la actividad que se vaya a realizar, sino por disponibilidad de peones y trabajadores. Por esta razón, en esta investigación no se clasificaron las horas trabajadas como horas peón, horas operario, entre otras; sino se expresaron los rendimientos exclusivamente en términos de horas hombre o horas trabajador, para que así, la persona que desee hacer uso de la información pueda signar las horas hombre a la cuadrilla disponible que posean en su proyecto específico.

Por otro lado, se realizaron mediciones exclusivamente dentro de la Gran Área Metropolitana (GAM), esto debido a que es la zona dentro del territorio nacional donde se realizan más proyectos de construcción. Según la Cámara Costarricense de la Construcción, de enero del 2021 a agosto del 2021, los proyectos tramitados ante el CFIA ubicados en las 4 provincias que poseen territorio dentro de la GAM representaron un 73 % del total. Otra de las razones

para realizar exclusivamente mediciones dentro de la GAM es que los rendimientos medidos pueden variar considerablemente debido a variaciones en la economía, herramientas, clima, entre otras características.

1.4.2. Limitaciones

Para el desarrollo de esta investigación, existieron algunas limitaciones. Primeramente, La cantidad de proyectos en los cuales se realizaron los estudios corresponden a una cantidad limitada de empresa constructoras. Además, todos los proyectos visitados son de construcción en serie, o condominio. Esto pudo haber afectado los rendimientos medidos debido a que los trabajadores están acostumbrados a realizar las mismas actividades de manera repetitiva.

Las medidas de sanidad contra el COVID-19 pudieron haber afectado el avance de proyectos, e inclusive, llegar a disminuir los rendimientos en ciertas actividades. Esto debido a que los trabajadores deben utilizar equipo de protección incómodo, o por el distanciamiento que se debe respetar entre los mismos trabajadores. Esto pudo haber afectado el trabajo que se realiza por más de una persona y, por ende, afectado las mediciones realizadas.

Por otro lado, la gran variación entre rendimientos alrededor del territorio nacional, debido a factores ya mencionados, limitó la posibilidad realizar factores de ajuste para aplicarse en todo Costa Rica. Debido a esto, como se mencionó en el alcance, los resultados de esta investigación solo se aplican a proyectos en la GAM.

Por último, otra limitación radicó en que los métodos de medición, por sí mismos, pudieron afectar los resultados de dichas mediciones, debido a que la presencia de un observador pudo propiciar una modificación en el comportamiento de los trabajadores.

1.5. Antecedentes e información existente

Durante la búsqueda de antecedentes relacionados a este proyecto, se concluyó que, previo a la investigación realizada por Mena (2020), no se realizaron otros proyectos que trataran de comparar los rendimientos medidos con los publicados por fuentes como el *RSMMeans*, ni tampoco consideraran la opción de determinar factores de ajuste para adaptar estos, a la industria de la construcción en Costa Rica. Esto evidencia la importancia de llevar a cabo esta investigación, y que se continúen realizando análisis similares variando las actividades de construcción estudiadas.

Por otro lado, fue relevante para la investigación encontrar fuentes que trataran sobre las mediciones de rendimientos de mano de obra, y determinación de impacto económico de actividades de construcción en proyectos de viviendas unifamiliares. A continuación, se mencionan algunas de estas investigaciones.

Como se puede esperar, la referencia con mayor valor para esta investigación fue el trabajo realizado por Mena Solís (2020), ya que comparten el objetivo general, el cual se resume en determinar los factores de ajuste para los rendimientos de las actividades propuestas. Mena, en su investigación, determinó mediante la Ley de Pareto, algunas de las actividades con mayor impacto económico en los proyectos de vivienda unifamiliar. Como ya se mencionó anteriormente, se enfocó en las actividades de cimentaciones, pega de bloques de mampostería, y columnas. Posteriormente, mediante mediciones en campo en 4 proyectos de construcción, obtuvo los rendimientos reales de dichas actividades, para así compararlos con los rendimientos publicados por el *RSM* means. Finalmente, generó factores de ajuste para dichos rendimientos y elaboró una guía de uso para poder utilizar esta herramienta de una manera sencilla. Es importante mencionar que en esta investigación se logró llevar a cabo un proceso y metodología similar, enfocándose en actividades que no fueron analizadas por Mena, pero que tienen un impacto económico alto en proyectos de construcción residencial.

Otra investigación relevante para este proyecto fue el trabajo final de graduación de la Ingeniera Alejandra Amada Padilla Bonilla (2016). En su investigación, Padilla mide los rendimientos de 13 actividades de construcción llevadas a cabo durante la ejecución del edificio ISLHA del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) mediante la técnica de muestreo de trabajo. Los métodos de medición utilizados y los datos finales obtenidos por Padilla fueron de mucho valor para esta investigación, sin embargo, este no fue el único aspecto que aportó el trabajo de Padilla. En su proyecto, la autora define las actividades que medirá mediante un análisis utilizando la Ley de Pareto. De esta manera logra determinar las actividades con mayor aporte económico en el proyecto. Esto posee relevancia ya que es la única investigación sobre el tema que se logró identificar, adicionalmente a la tesis de Mena antes mencionada, que utilizara la Ley de Pareto dentro de su desarrollo.

Adicionalmente, una investigación realizada en la Universidad Industrial de Santander, en Bucaramanga, Colombia, por Hernández C, et al. (2007), se basó en identificar, definir y aplicar una metodología de medición de rendimientos de mano de obra, basándose en diferentes

técnicas. La autora explica cómo se pueden obtener rendimientos utilizando diferentes métodos, y cómo puede afectar la precisión de los datos. Ella utilizó sus resultados con el fin de establecer medidas de mejoramiento de desempeño en las actividades medias, por lo tanto, en esta investigación, el trabajo de Hernández fue de mucho valor para definir la forma en que se medirían los rendimientos en campo, y permitió observar dificultades y recomendaciones a la hora de realizar las mediciones.

De la misma manera, una investigación realizada por el José Alberto Villegas Gutiérrez, en el 2012, presenta un estudio de rendimientos de mano de obra para proyectos de estructuras de concreto colado en sitio en el Proyecto Urbanístico La Campiña, ubicado en Cartago. "Dichos rendimientos se midieron para casi todas las actividades de obra gris del proceso constructivo de una vivienda Tipo A del proyecto en mención" (Villegas Gutiérrez, 2012). Debido a que en esta investigación se midieron actividades de concreto colado en sitio, fue de utilidad para entender que esperar al medir este tipo de actividades.

Por último, se identificaron investigaciones que realizaran comparaciones de rendimientos de mano de obra entre diferentes países. En la realizada en la Universidad de Tecnología de Queensland, titulada "International Comparisons of Nominal and Real Construction Labour Productivity" (Bridge, A; et al, 2016), se comparó, desde una perspectiva general, las diferencias que pueden existir entre los rendimientos de mano de obra en la construcción a nivel mundial, evidenciando las causas y factores que pueden provocar que existan estas diferencias. A partir de este trabajo, fue posible estudiar los factores que pueden causar las diferencias entre rendimientos de mano de obra norteamericanos en comparación a los costarricenses y, adicionalmente, permitieron verificar si la comparación entre los resultados obtenidos por las mediciones en proyectos costarricenses y los rendimientos norteamericanos del *RSM* tiene sentido con respecto a las características específicas que presentan ambas regiones.

1.6. Metodología

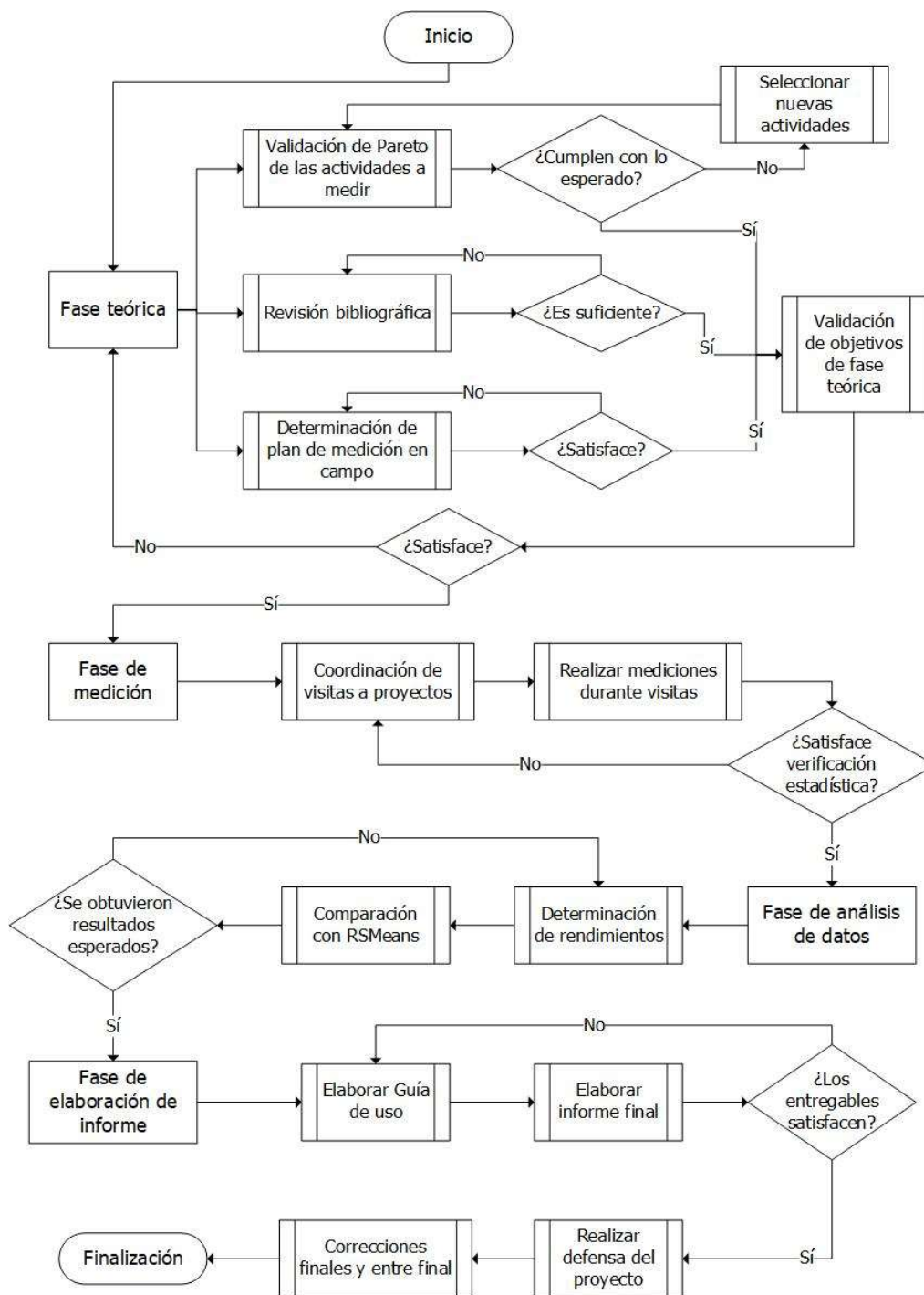
La metodología que se siguió para la elaboración de este proyecto se muestra en la Figura 1.

En la fase teórica del proyecto se ejecutaron 3 diferentes actividades. La primera fue la revisión bibliográfica, la cual tuvo como objetivo aumentar el conocimiento de los temas tratados en este proyecto y brindar información de interés para la elaboración del mismo. Esto se realizó compilando investigaciones y proyectos relacionados o que tuvieran relevancia para el

proyecto. Además, durante esta fase se validó la elección de las actividades a analizar (vigas, losas, repello y pinturas). Esto se llevó a cabo de acuerdo con la Ley de Pareto. Por último, durante esta fase se definió el plan de trabajo en campo, se determinaron las técnicas de medición y se buscaron los proyectos de construcción. Siempre se tuvo presente los permisos

y el protocolo de salud de cada proyecto para realizar las visitas. Una vez todos los pasos de la fase teórica se realizaron satisfactoriamente, se procedió a la fase de medición.

Figura 1. Metodología propuesta para el desarrollo del proyecto



Durante la fase de medición se visitaron los proyectos con el fin de realizar las mediciones de rendimientos. Para esto, primero fue necesario coordinar las visitas al sitio de cada proyecto con su respectivo administrador, procurando que se coordinen suficientes visitas para alcanzar la cantidad de mediciones necesarias. Por último, se llevaron a cabo dichas visitas, en las cuales se realizaron las mediciones de la manera más eficiente posible. Paralelamente a esta fase, se realizaban análisis estadísticos de los datos constantemente para poder determinar el tamaño de muestra necesario.

Una vez terminadas las mediciones en campo, se procedió con la fase de análisis y procesamiento de datos. En esta se tomaron los datos medidos y se obtuvieron los rendimientos promedio reales para cada actividad en cuestión. Una vez obtenidos los rendimientos finales, se procedió a realizar la comparación directa con los rendimientos de *RMeans*. De esta manera fue posible determinar los factores de ajuste deseados.

La última fase de la metodología consistió en la elaboración y presentación de los entregables del proyecto. Primeramente, se elaboró una sencilla guía de uso para los factores de ajuste obtenidos en la fase anterior, con lo cual se concluyó el último objetivo específico del proyecto.

2. MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS

A continuación, de manera sintetizada, se definen los conceptos teóricos los cuales sustentan el trabajo realizado durante esta investigación.

2.1. La productividad y su medición

2.1.1. Mano de obra

Según Hernandez C., et al (2007), La mano de obra, en el contexto de un proyecto de construcción, se clasifica como un recurso activo, el cual se necesita con el fin de realizar una actividad específica. Además, muchas veces esta determina su tiempo de duración. En otras palabras, la mano de obra es el trabajo, mayoritariamente físico, que realiza un trabajador o cuadrilla, para lograr ejecutar la actividad que tiene asignada. Y depende en gran parte de este, si la actividad se realiza de manera rápida o lenta, y si se realiza correctamente o no.

2.1.2. Productividad de mano de obra

Según la investigación de Villegas Gutiérrez, la productividad es la relación que existe entre lo que se está produciendo y lo que se está gastando (Serpell Bley A, 2003, citado en Villegas Gutiérrez, 2012). Si se enfoca específicamente a la productividad de la mano de obra, según Hernandez C., et al (2007), esta se refiere a la cantidad de trabajo realizada por un trabajador o cuadrilla en un tiempo específico. Se puede ver que, en el caso de la mano de obra, lo que se estará gastando siempre se refiere al tiempo invertido por el trabajador o cuadrilla, y lo que se está produciendo será la unidad de medida de la actividad a la que se dedica, por ejemplo: para un peón que produce paredes de mampostería, su productividad se mide en metros cuadrados de pared producida por cada hora peón laborada.

2.1.3. Técnicas de medición de productividad

Según la investigación desarrollada por Hernandez C., et al (2007), antes mencionada, existen 3 principales metodologías para la medición de rendimientos de mano de obra en la construcción, las cuales se definen a continuación.

- Estudio del trabajo

“Es una metodología que toma, analiza y procesa información para hacer seguimiento y medición de la productividad. Este se enfoca en analizar tareas y procesos, a partir de dos técnicas: a) análisis de métodos y b) medición de tiempos” Hernandez C., et al (2007).

Para lo dicho anteriormente, la técnica de "análisis de métodos" permite registrar y analizar el procedimiento empleado para la actividad que se está estudiando, buscando determinar la forma más práctica, eficiente, económica posible.

Por otro lado, la técnica de "estudio de tiempos" registra, analiza y establece el tiempo preciso, necesario para ejecutar la actividad que se está estudiando, bajo condiciones específicas. Dentro de estos estudios se pueden identificar las siguientes metodologías:

- Estudio de tiempos

"Es la medición del tiempo que demandan las cuadrillas de trabajo para realizar una tarea. Este tiempo se expresa en términos de rendimiento, referido a una cuadrilla calificada de trabajo y a un alcance definido. Este se puede realizar a partir de dos técnicas: a) observación directa, y b) tiempos predeterminados." Hernández C., et al (2007).

La "observación directa" se puede realizar mediante observación discontinua aleatorias, o por medio de una observación continua, empleando técnicas de cronometraje.

La técnica de "tiempos predeterminados" consiste en definir el tiempo para las actividades que conforman una tarea, con el fin de determinar el tiempo de dicha tarea.

- Muestreo del trabajo

Por último, el muestreo de trabajo "es una técnica que permite medir el nivel de actividad de un proceso. Determina el tiempo que demanda un recurso activo, estableciendo un punto de referencia para el mejoramiento" Hernández C., et al (2007).

Esta técnica presenta las siguientes características:

- Cuantitativa (mide tiempos)
- Está basada en muestreos estadísticos
- Es aplicable a recursos activos (mano de obra y/o equipos)
- Requiere observaciones aleatorias
- Permite realizar inferencia estadística.

A la hora de aplicar esta técnica, es importante determinar el tiempo efectivo de una actividad, es decir, se debe analizar el porcentaje de tiempo inactivo.

2.1.4. Factores que afectan la productividad

Para esta investigación, fue importante conocer por qué los rendimientos entre diferentes países o zonas alrededor del mundo varían tanto entre sí, y por qué es necesario determinar los factores de ajuste planteados en este proyecto, con el fin de comparar rendimientos internacionales, específicamente los publicados por *RSMeans*. Según Cano & Duque (2000), citado en Villegas Gutiérrez (2012), los factores que afectan la productividad de mano de obra pueden ser agrupados en al menos siete categorías, las cuales se muestran a continuación:

- Economía General: esta define la disponibilidad que exista de mano de obra calificada.
- Aspectos laborales: tipo de contrato, incentivos, salario, ambiente laboral, etc.
- Clima: la exposición al sol, lluvia, viento, humedad, temperatura.
- Actividad: las condiciones específicas de una actividad que la diferencie de las demás.
- Equipo y herramientas: disponibilidad y calidad del equipo que se necesita.
- Supervisión: si un trabajador es supervisado con frecuencia o no, afecta su aprendizaje y rendimiento.
- Trabajador: situación persona, habilidades de trabajo, experiencia, ritmo de trabajo etc.

2.2. RSMeans

Para lograr comprender correctamente contra qué datos se compararon los rendimientos medidos durante esta investigación y a que rendimientos se pueden aplicar los factores de ajuste determinados, es importante conocer qué es el *RSMeans*. "Esta es una base de datos de estimados actuales de costos de construcción, el cual brinda información sobre casi todas las facetas de un proyecto de construcción, incluyendo: materiales, mano de obra, transporte, y almacenaje" (ProEst, 2018). *RSMeans* inicio en la década de los 40s y, actualmente, su contenido puede presentarse en forma de libros, tanto digitales como físicos, los cuales se dividen en diferentes segmentos de la base de datos para abarcar una sola área de la construcción. Estos son actualizados cada año. Sin embargo, también es posible acceder la base de datos de *RSMeans* completa en línea. Esta posee más 85.000 rendimientos y 22.000 horas de investigación y validación de datos, a la fecha de este documento.

2.3. Ley de Pareto

La Ley de Pareto (principio de Pareto), o como mejor se conoce, la ley del 80/20, es un principio nombrado en honor a Vilfredo Pareto, un sociólogo italiano. Él observó que, en Italia a finales del Siglo 19 y principios del Siglo 20, el 80 % de la tierra estaba en manos del 20 % de la población, y viceversa. En la actualidad, el significado de la Ley de Pareto se atribuye a Joseph Juran, un consultor de negocios, quien estableció que el 80 % del beneficio es generado por el 20% de las acciones. Juran nombró su concepto la Ley de Pareto, en honor al sociólogo del mismo nombre (Jagar P, 2011).

Como en muchas otras actividades de la vida, la Ley de Pareto podría aplicarse a la industria de la construcción. En este caso, los elementos que componen un proyecto de construcción son cada una de las actividades que se deben llevar a cabo para la ejecución del mismo, y estos elementos son directamente responsables del costo final de la obra. Si se emplea la Ley de Pareto, el 80 % del costo del proyecto, en teoría, debería generarse por alrededor del 20 % de las actividades de construcción. Este principio fue de importancia para este proyecto debido a que se seleccionaron las actividades a medir enfocándose en este 20 % crítico. En otras palabras, se realizó una verificación de que las actividades de construcción de vigas, construcción de losas de concreto, de repellos y pinturas, formaran parte del 80 % del costo de los proyectos.

2.4. Estadística

Según el libro Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería, la estadística "es la recolección, presentación, análisis y uso de datos para tomar decisiones, solucionar problemas, y diseñar productos y procesos" (Montgomery D, 2003). En otras palabras, la estadística es de utilidad para saber cuándo un grupo de datos tienen la suficiente confianza como para utilizarse para tomar una decisión fundamentada. Para el caso de este proyecto, se utilizó la estadística para determinar la confianza de las mediciones de rendimientos realizadas en campo, cerciorándose así, que los datos eran representativos de la construcción en Costa Rica.

2.4.1. Definiciones generales

Las mediciones que se realizaron en este proyecto fueron una *muestra* representativa del total de rendimientos existentes en proyectos de vivienda unifamiliar dentro del valle central para las actividades analizadas. Una *muestra* se refiere a: los individuos o datos **observados** que

forman parte de una población (Mena Solís R, 2020), siendo la población, la totalidad de los datos. Para esta muestra, es posible obtener parámetros de interés, como su *media*, su *mediana*, su *moda*, y su *varianza*. La media muestral o tendencia central se define de la siguiente manera:

$$\bar{x} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} \quad [1]$$

Siendo "n" el número de observaciones y "x" el valor de cada observación (Montgomery D, 2003). Por otro lado, la mediana se define como "el valor que no es superado, si supera, a más de la mitad de las observaciones del conjunto". Y la moda se define como "el valor más frecuente o el valor que tiene la propiedad de poseer una frecuencia mayor" (Guerra Bustillo C., et al, 2003). Por último, la varianza o la dispersión de una muestra, se puede definir de la siguiente manera:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad [2]$$

Siendo "n" el número de observaciones, "x" el valor de cada observación, y " \bar{x} " el valor de la media muestral (Montgomery D, 2003).

2.4.2. Distribución normal

La distribución normal es una distribución de probabilidad con cuya función es posible aproximar satisfactoriamente muchas distribuciones de datos medidos en situaciones de la vida cotidiana, entre ellas las mediciones de rendimientos de mano de obra en la construcción. Según la investigación de Espinoza C. (2003), citado en Mena Solís R. (2020), los datos de rendimientos de mano de obra para una actividad específica en la construcción siguen una distribución normal.

La distribución normal tiene una función simétrica, con el valor central (la media) siendo el valor más probable, y sus extremos tendiendo a 0, por lo que estos tienen una baja probabilidad de ocurrencia.

Al saber que un grupo de datos responden a una distribución normal, es posible determinar la probabilidad de que ocurra una observación específica o que el valor de la misma se supere, esto considerando la media de los datos (μ), su varianza (σ), y la observación que se desea analizar (X). Con estos parámetros es posible obtener el valor Z de la siguiente manera:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad [3]$$

Y, posteriormente, por medio de tablas o funciones de herramientas ofimáticas, es posible obtener la probabilidad de la observación en cuestión.

2.4.3. Intervalos de confianza y tamaños de muestra

Fue de gran importancia para este proyecto, conocer la cantidad de observaciones que se debían medir para cada una de las actividades a analizar con el fin de que estas tengan algún tipo de relevancia desde el punto de vista estadístico, por eso, la determinación de los intervalos de confianza y los tamaños de muestra correctos fue vital para lograr validar la investigación.

En muchas situaciones, la estimación puntual de un parámetro no ofrece información completa a quien realiza la medición. Esto debido a que es muy poco probable que el valor medido sea igual al valor de la media de la población. Para esto se pueden utilizar los *intervalos de confianza*, los cuales sirven para expresar el grado de incertidumbre asociado con la estimación puntual (Montgomery D, 2009).

Para aplicar el enfoque del intervalo de confianza, se define un coeficiente de confianza $(1-\alpha)$ el cual establece la probabilidad de que el valor medido se encuentre entre dos límites, inferior (L) y superior (U):

$$P(L \leq \mu \leq U) = 1 - \alpha \quad [4]$$

Estos límites se pueden calcular utilizando el promedio de la muestra (X), valor de Z obtenido para la probabilidad deseada, la desviación estándar (S) y el tamaño de la muestra (n). Esto se puede ver en la siguiente fórmula:

$$X \pm Z_{1-\alpha} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad [5]$$

Una vez determinado el intervalo de confianza, también se puede obtener el *tamaño de muestra* necesario para garantizarlo. En otras palabras, se puede obtener la cantidad de mediciones que se deben realizar para garantizar, con el nivel de confianza establecido, que la media de la población se encuentre dentro del intervalo de confianza establecido:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot S}{|\bar{x} - \mu|} \right)^2 \quad [6]$$

Es importante mencionar que la distribución normal se utiliza para muestras grandes, más de 30 datos, ya que se debe calcular la desviación estándar de la población utilizando los datos muestreados, lo que implica que deben ser muchos para que sea representativo. Si la muestra medida es pequeña, no puede considerarse que la distribución es normal, por lo tanto, se debe utilizar otro método, como el de la distribución t de Student.

2.4.4. Distribución t de Student

La t de Student es una distribución de probabilidad cuyas fórmulas se pueden aplicar a muestras pequeñas cuando su población tiene una distribución normal y no se conoce su desviación estándar. Debido a que las muestras medidas en esta investigación fueron pequeñas, se optó por utilizar esta distribución al realizar el análisis estadístico de los datos. Si la muestra es de 30 o más datos, la distribución t de Student se asemeja a la distribución normal.

Según Montgomery D. (2009), para utilizar esta distribución, se debe verificar primero que la población base sí posee una distribución normal. Esto se puede verificar utilizando diferentes métodos, sin embargo, como menciona Espinoza C. (2003) en su investigación, los rendimientos de mano de obra en construcción siempre siguen una distribución normal, por lo tanto, se consideró de esta manera para fines de esta investigación.

De la misma manera que se calcula el valor de Z para la distribución normal, para la distribución t de Student se puede calcular el valor de t. En la siguiente fórmula se muestra "n" como el tamaño de la muestra.

$$t = \frac{X - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad [7]$$

De la misma manera, y como se mostró para la distribución normal, se puede calcular el intervalo de confianza y el tamaño de muestra para la distribución t de Student.

$$X \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad [8]$$

$$n = \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \cdot S}{|\bar{x} - \mu|} \right)^2 \quad [9]$$

La distribución t de Student utiliza grados de libertad para obtener las probabilidades. Estos grados de libertad son la cantidad de observaciones en una muestra menos 1 ($n-1$). Por lo tanto, en las fórmulas 8 y 9, se están calculando estos valores para $n-1$ grados de libertad.

3. DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS

3.1. Trabajo previo a la medición en campo

Previo a realizar el trabajo en campo y determinar los rendimientos propuestos, fue necesario planificar y recolectar información relevante para la investigación. Se verificó que se cumpliera la Ley de Pareto entre las actividades, se determinó una hoja de medición en campo, y se buscaron los que serían los proyectos de donde se obtuvieron las mediciones de rendimientos.

3.1.1. Validación de actividades aplicando la Ley de Pareto

Con el fin de determinar las actividades a medir, primeramente, se tomó en cuenta el trabajo de graduación de Mena (2020), en el cual el realizó un análisis de Pareto de cuatro presupuestos reales de viviendas ejecutadas. Mena logró seleccionar las tres actividades con mayor costo para los proyectos, estas fueron: construcción de cimientos, paredes de mampostería, y columnas de concreto. Sin embargo, Mena evidenció que existen más actividades que se encuentran dentro del 80 % de mayor costo para el proyecto. Entre estas actividades sobresalieron la construcción de losas de concreto, la construcción de vigas de concreto, el repello de paredes y el pintado de paredes. Debido a esto se propuso tentativamente realizar esta investigación incluyendo estas cuatro actividades y posteriormente se realizó otro análisis de Pareto con cuatro nuevos proyectos de viviendas ejecutadas. Por razones de confidencialidad se omite la presentación de los proyectos, sin embargo, se presentan de los cuadros 1 al 4, cuatro presupuestos con las actividades ubicadas en orden de costo. Se resaltan las actividades que componen el 80 % del costo del proyecto y también las actividades propuestas para esta investigación.

Cuadro 1. Análisis de presupuesto 1 con el principio de Pareto

Actividad	Costo	Costo acumulado
Vigas de acero	₡ 29.617.269,62	₡ 29.617.269,62
Sistema eléctrico	₡ 25.145.568,00	₡ 54.762.837,62
Columnas de acero	₡ 23.298.294,53	₡ 78.061.132,15
Ventanas	₡ 20.160.000,00	₡ 98.221.132,15
Acabados de muros internos	₡ 17.063.842,62	₡ 115.284.974,77
Cielos de madera teca	₡ 12.357.408,00	₡ 127.642.382,77
Entrepiso	₡ 11.061.048,30	₡ 138.703.431,07
Repellos y pinturas	₡ 10.661.339,82	₡ 149.364.770,89
Piscina	₡ 10.496.640,00	₡ 159.861.410,89
Paredes interiores	₡ 10.175.484,00	₡ 170.036.894,89
Estructura de techos	₡ 9.818.578,38	₡ 179.855.473,28

Cuadro 1. Análisis de presupuesto 1 con el principio de Pareto (Continuación)

Actividad	Costo	Costo acumulado
Distribución de aguas negras	₪ 9.349.257,26	₪ 189.204.730,54
Drenaje de aguas pluviales	₪ 8.310.539,54	₪ 197.515.270,07
Acabados de piso	₪ 6.866.803,74	₪ 204.382.073,81
Distribución de agua potable	₪ 6.632.708,01	₪ 211.014.781,82
Contrapiso	₪ 6.410.760,84	₪ 217.425.542,66
Cimentaciones	₪ 6.271.464,66	₪ 223.697.007,32
Portón	₪ 5.931.386,05	₪ 229.628.393,36
Cubierta	₪ 5.529.936,24	₪ 235.158.329,60
Loza Sanitaria y grifería	₪ 4.665.765,83	₪ 239.824.095,43
Excavación de sótanos	₪ 4.638.825,07	₪ 244.462.920,50
Muros de sótanos	₪ 3.960.597,61	₪ 248.423.518,11
Estructuras especiales	₪ 3.940.415,46	₪ 252.363.933,57
Puertas	₪ 3.458.543,76	₪ 255.822.477,33
Escaleras	₪ 3.241.303,94	₪ 259.063.781,27
Movimiento de tierras	₪ 2.796.796,80	₪ 261.860.578,07
Cielos de gypsum	₪ 2.094.752,49	₪ 263.955.330,56
Acabados de cielos	₪ 1.815.310,97	₪ 265.770.641,52
Vigas de concreto	₪ 1.815.296,20	₪ 267.585.937,72
Columnas de concreto	₪ 1.723.240,18	₪ 269.309.177,91
Limpieza y trazado	₪ 1.522.703,50	₪ 270.831.881,40
Muros exteriores	₪ 940.412,45	₪ 271.772.293,86
Paisajismo	₪ 872.912,04	₪ 272.645.205,90
Duchas	₪ 733.489,79	₪ 273.378.695,69
Pilas	₪ 551.489,34	₪ 273.930.185,03
Otros elementos por nivel	₪ 261.745,93	₪ 274.191.930,96
Total	₪ 274.191.930,96	
80 % del total	₪ 219.353.544,77	

Cuadro 2. Análisis de presupuesto 2 con el principio de Pareto

Actividad	Costo	Costo acumulado
Repellos y pintura	₪ 39.068.406,88	₪ 39.068.406,88
Sistema eléctrico	₪ 34.514.729,11	₪ 73.583.135,99
Muros exteriores	₪ 25.316.521,60	₪ 98.899.657,59
Mobiliario fijo	₪ 16.457.026,22	₪ 115.356.683,81
Vigas de concreto	₪ 12.740.673,64	₪ 128.097.357,46
Sistema de aguas negras	₪ 10.670.913,95	₪ 138.768.271,41
Cimentaciones	₪ 9.920.049,25	₪ 148.688.320,65
Sistema de agua potable	₪ 7.280.371,64	₪ 155.968.692,29
Portones y banca portón	₪ 7.248.761,94	₪ 163.217.454,23
Ventanas	₪ 6.193.218,44	₪ 169.410.672,67
Drenaje pluvial	₪ 5.590.568,94	₪ 175.001.241,61

Cuadro 2. Análisis de presupuesto 2 con el principio de Pareto (Continuación)

Actividad	Costo	Costo acumulado
Acabados de pisos	₪ 4.923.440,66	₪ 179.924.682,27
Entrepiso	₪ 4.639.903,85	₪ 184.564.586,12
Parqueos	₪ 4.401.934,75	₪ 188.966.520,87
Columnas de concreto	₪ 4.358.064,47	₪ 193.324.585,34
Loza sanitaria y grifería	₪ 4.253.339,10	₪ 197.577.924,44
Puertas	₪ 4.190.080,80	₪ 201.768.005,24
Estructura de techo	₪ 3.917.444,85	₪ 205.685.450,09
Contrapiso	₪ 3.800.696,96	₪ 209.486.147,05
Cielos	₪ 3.449.001,52	₪ 212.935.148,57
Estructuras especiales	₪ 3.273.204,98	₪ 216.208.353,55
Acabados de muros internos	₪ 2.710.582,29	₪ 218.918.935,83
Acabados de cielos	₪ 2.617.846,08	₪ 221.536.781,91
Escaleras	₪ 2.149.963,20	₪ 223.686.745,11
Movimiento de tierras	₪ 2.117.723,03	₪ 225.804.468,15
Cubierta de techos	₪ 1.775.866,01	₪ 227.580.334,16
Mochetas	₪ 1.469.015,33	₪ 229.049.349,49
Limpieza y trazado	₪ 1.373.016,01	₪ 230.422.365,50
Otros elementos por nivel	₪ 587.812,59	₪ 231.010.178,09
Paisajismo	₪ 166.105,45	₪ 231.176.283,54
Total	₪ 231.176.283,54	
80 % del total	₪ 184.941.026,84	

Cuadro 3. Análisis de presupuesto 3 con el principio de Pareto

Actividad	Costo	Costo acumulado
Repellos y pinturas	₪ 20.247.021,00	₪ 20.247.021,00
Losa de fundación	₪ 11.824.381,09	₪ 32.071.402,09
Muros exteriores	₪ 10.401.916,94	₪ 42.473.319,03
Sistema eléctrico	₪ 9.902.151,05	₪ 52.375.470,08
Cubierta de techos	₪ 6.928.132,50	₪ 59.303.602,58
Distribución de aguas negras	₪ 5.034.276,53	₪ 64.337.879,11
Estructura de techo	₪ 4.970.770,04	₪ 69.308.649,15
Movimiento de tierras	₪ 4.926.936,70	₪ 74.235.585,85
Drenaje pluvial	₪ 4.727.844,69	₪ 78.963.430,54
Vigas de concreto	₪ 4.671.159,56	₪ 83.634.590,10
Escaleras	₪ 4.280.261,36	₪ 87.914.851,46
Acabados de pisos	₪ 3.970.186,04	₪ 91.885.037,50
Entrepiso	₪ 3.968.142,56	₪ 95.853.180,06
Puertas	₪ 3.379.087,04	₪ 99.232.267,10
Ventanas	₪ 2.628.000,00	₪ 101.860.267,10
Acabados de cielos	₪ 2.294.039,44	₪ 104.154.306,54
Cielos	₪ 2.025.408,21	₪ 106.179.714,75

Cuadro 3. Análisis de presupuesto 3 con el principio de Pareto (Continuación)

Actividad	Costo	Costo acumulado
Cielos	₪ 2.025.408,21	₪ 106.179.714,75
Loza sanitaria y grifería	₪ 2.009.442,72	₪ 108.189.157,47
Acabados de muros internos	₪ 1.450.123,35	₪ 109.639.280,82
Columnas de concreto	₪ 1.433.470,33	₪ 111.072.751,15
Estructuras especiales	₪ 1.354.868,14	₪ 112.427.619,29
Distribución de agua potable	₪ 1.222.643,46	₪ 113.650.262,76
Paisajismo	₪ 618.147,19	₪ 114.268.409,94
Limpieza y trazado	₪ 666.467,50	₪ 114.934.877,44
Total	₪ 114.934.877,44	
80 % del total	₪ 91.947.901,96	

Cuadro 4. Análisis de presupuesto 4 con el principio de Pareto

Actividad	Costo	Costo acumulado
Repello y pinturas	₪ 6.550.098,99	₪ 6.550.098,99
Muros exteriores	₪ 5.123.476,92	₪ 11.673.575,91
Estructuras de techo	₪ 4.285.708,96	₪ 15.959.284,87
Mobiliario Fijo	₪ 2.808.948,20	₪ 18.768.233,07
Sistema eléctrico	₪ 2.447.054,76	₪ 21.215.287,83
Cielos	₪ 2.157.682,86	₪ 23.372.970,69
Distribución de aguas negras	₪ 2.112.452,65	₪ 25.485.423,34
Contrapiso	₪ 1.968.194,76	₪ 27.453.618,10
Cimentaciones	₪ 1.952.788,10	₪ 29.406.406,21
Acabados de pisos	₪ 1.933.980,51	₪ 31.340.386,72
Vigas de concreto	₪ 1.654.669,01	₪ 32.995.055,73
Ventanas	₪ 1.361.122,54	₪ 34.356.178,27
Loza Sanitaria y grifería	₪ 1.345.453,44	₪ 35.701.631,71
Movimientos de tierras	₪ 1.266.787,85	₪ 36.968.419,56
Distribución de agua potable	₪ 1.014.329,11	₪ 37.982.748,66
Puertas	₪ 988.310,49	₪ 38.971.059,15
Drenaje pluvial	₪ 834.190,71	₪ 39.805.249,86
Columnas de concreto	₪ 820.340,46	₪ 40.625.590,32
Limpieza y trazado	₪ 799.282,66	₪ 41.424.872,97
Cubierta de techo	₪ 791.891,86	₪ 42.216.764,83
Acabados de muros internos	₪ 781.210,91	₪ 42.997.975,74
Estructuras especiales	₪ 520.015,92	₪ 43.517.991,66
Paisajismo	₪ 305.228,90	₪ 43.823.220,56
Escaleras	₪ 193.786,65	₪ 44.017.007,21
Muros interiores	₪ 36.071,21	₪ 44.053.078,42
Total	₪ 44.053.078,42	
80 % del total	₪ 35.242.462,74	

Como se puede ver en los cuadros, las actividades propuestas se encuentran en la mayoría de los casos incluidas entre las actividades más costosas de cada presupuesto. En los casos en que algunas de estas no se encuentran dentro del 80 % mayor, es debido a que ese 80 % es consumido mayoritariamente por actividades que no son de interés para la investigación. Como, por ejemplo: actividades que ya fueron incluidas en la investigación de Mena (2020), actividades que normalmente son costosas por los materiales y equipo o por ser subcontratos, y no por la mano de obra, como los son los acabados, movimientos de tierras, o los sistemas eléctricos y de aguas, actividades que no son comunes como piscinas, entre otras. Es importante notar que en el presupuesto 1, las vigas de concreto poseen un costo muy bajo debido a que se utilizan mayoritariamente vigas de acero, las cuales ocupan una gran parte del 80 % mayor de este presupuesto.

Con este análisis fue posible concluir que, en un proyecto de vivienda unifamiliar promedio, las actividades propuestas si representan un costo considerable del presupuesto total y, por lo tanto, se decidió que eran de interés para la investigación.

3.1.2. Hojas de medición en campo

Es necesario mencionar que durante la fase de medición de esta investigación se utilizó el método de "Estudio de tiempos", específicamente la técnica de observación directa, mencionada anteriormente en el marco teórico. Esto debido a que se consideró como el ideal para obtener la precisión que se requería para la investigación, además de que el resultado de medir con esta técnica se expresa en términos de rendimiento, lo cual es necesario para comparar los resultados con el *RSM* means.

Sabiendo esto, se propuso el formulario mostrado en la Figura 2 para realizar y documentar las mediciones en campo de una manera fácil y rápida. En este se puede observar que se anotaba la actividad en cuestión que se realizaba, la cantidad de trabajadores participando en esta en el momento específico, la hora de inicio y de finalización de la actividad, la unidad de medida, y la cantidad de trabajo realizado en el periodo de tiempo. Estos datos fueron suficientes para obtener un rendimiento en términos de horas hombre por unidad de trabajo.

observaciones relacionadas con las actividades medidas o el proyecto en el que fueron medidas, por ejemplo: calidad de las cuadrillas, atrasos, imprevistos, entre otras.

3.2. Descripción de proyectos visitados

3.2.1. Proyecto A

Este proyecto se ubica en Moravia, San José. Consistió en un proyecto de vivienda unifamiliar de dos plantas de 140 metros cuadrados, ubicada en un condominio. En este fue posible medir todas las actividades propuestas para la investigación, desde la elaboración del contrapiso hasta la finalización de la pintura. El sistema de entrepiso utilizado fue de Metaldeck y el contrapiso fue una losa de fundación. Ambos, contrapiso y entrepiso fueron colados con concreto premezclado con bomba telescópica. Solo se midieron las vigas de entrepiso ya que se utilizó Vigablock para la viga corona. Por último, la contratación de las cuadrillas fue por tiempo laborado para las coladas, formaleta, sistema de entrepiso y repello de la casa, y por subcontrato para el trabajo con acero de los elementos reforzados y para el empastado y pintado de la casa.

A continuación, se pueden ver algunas fotos tomadas durante la medición de actividades además de una foto de la casa en sus últimas etapas.



Figura 3. Armado de vigas en proyecto A



Figura 4. Repello de paredes en proyecto A



Figura 5. Pintado de paredes en proyecto A



Figura 6. Proyecto A en etapas finales

3.2.2. Proyecto B

Este proyecto se ubica en Barva, Heredia. Consistió en un proyecto de vivienda unifamiliar de dos plantas de 145 metros cuadrados, ubicada en un condominio. En este fue posible medir todas las actividades propuestas para la investigación. El sistema de entrepiso utilizado fue de viguetas pretensadas y el contrapiso fue una losa de fundación. Ambos, contrapiso y entrepiso fueron colados con concreto premezclado con bomba telescópica. Las vigas corona fueron coladas con concreto hecho en sitio. Por último, la contratación de las cuadrillas fue por tiempo laborado con excepción de las actividades relacionadas con empaste y pintura, las cuales fueron por subcontrato.

A continuación, se pueden ver algunas fotos tomadas durante la medición de actividades además de una foto de la casa en sus últimas etapas.



Figura 7. Repello de paredes en proyecto B



Figura 8. Armado de contrapiso en proyecto B



Figura 9. Colado de entrepiso en proyecto B



Figura 10. Proyecto B en etapas finales

3.2.3. Proyecto C

Este proyecto se ubica en Granadilla de Curridabat, San José. Consistió en un proyecto de vivienda unifamiliar de dos plantas de 210 metros cuadrados, ubicada en un condominio. En este fue posible medir todas las actividades propuestas para la investigación, con la excepción del empaste, la pintura, y encofrado, debido a que en este se utilizó un material diferente a todos los demás proyectos. El sistema de entrepiso utilizado fue de viguetas pretensadas y el contrapiso fue una losa simple de malla electrosoldada construida después de terminado el techo. Ambos, contrapiso y entrepiso fueron colados con concreto premezclado. Las vigas corona fueron coladas con concreto hecho en sitio. Por último, la contratación de las cuadrillas fue por tiempo laborado. Toda la casa fue realizada por la misma cuadrilla de 8 trabajadores y 1 maestro de obras.

A continuación, se pueden ver algunas fotos tomadas durante la medición de actividades además de una foto de la casa en sus últimas etapas.

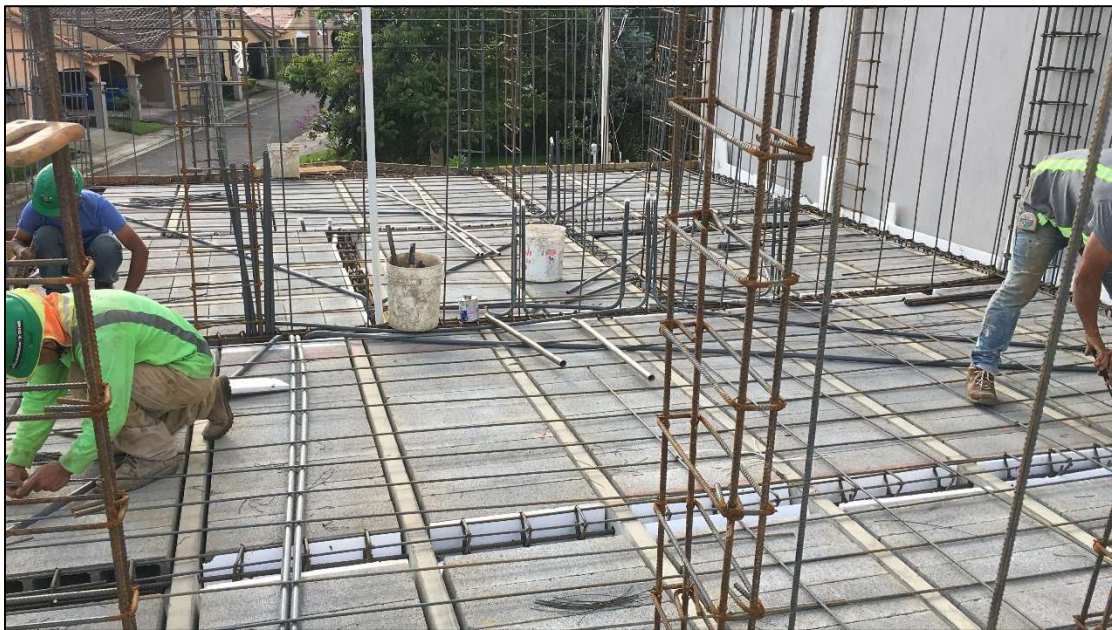


Figura 11. Armado de entrepiso en proyecto C



Figura 12. Apilamiento de armaduras en proyecto C



Figura 13. Armado de vigas en proyecto C



Figura 14. Montado de armaduras en proyecto C



Figura 15. Proyecto C en etapas finales

3.2.4. Proyecto D

Este proyecto se ubica en Santo Domingo, Heredia. Consistió en un proyecto de vivienda unifamiliar de dos plantas de 140 metros cuadrados, ubicada en un condominio. En este fue posible medir las actividades de construcción de contrapiso, entrepiso, encofrado de vigas, y pintura. El sistema de entrepiso utilizado fue de viguetas pretensadas y el contrapiso fue una losa de fundación. Ambos, contrapiso y entrepiso fueron colados con concreto premezclado con bomba telescópica. Las vigas corona fueron coladas con concreto hecho en sitio. Por

último, la contratación de las cuadrillas fue por tiempo laborado con excepción a las actividades relacionadas con empaste y pintura, las cuales fueron por subcontrato.

A continuación, se pueden ver algunas fotos tomadas durante la medición de actividades además de una foto de la casa en sus últimas etapas.



Figura 16. Colocación y refuerzo de formaleta en proyecto D

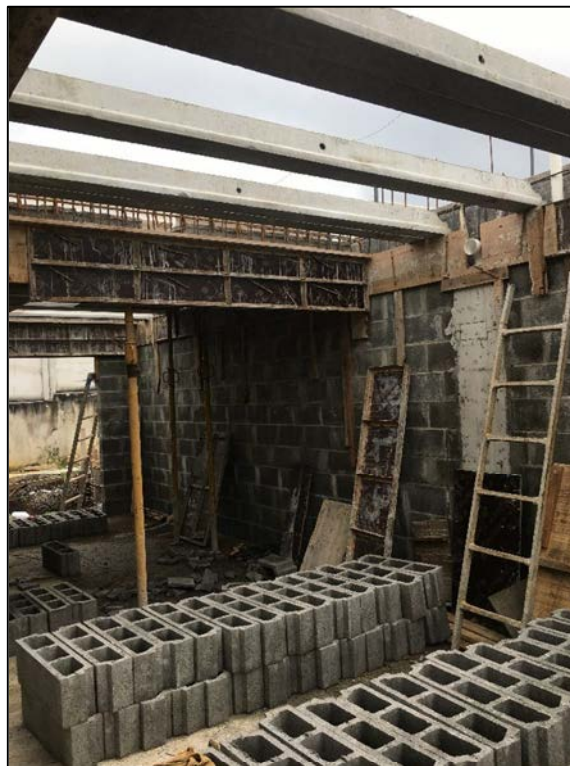


Figura 17. Instalación de sistema de viguetas en proyecto D



Figura 18. Fabricación de concreto proyecto D



Figura 19. Proyecto D totalmente terminado

3.2.5. Proyecto E

Este proyecto se ubica en Mata de Plátano de Guadalupe, San José. Consistió en la construcción de una vivienda unifamiliar de tres plantas de 200 metros cuadrados, ubicada en un condominio. En este se midió el sistema de entrepiso Metaldeck, el cual solamente se había

logrado medir en el Proyecto A. La contratación de las cuadrillas fue por subcontratos, con excepción del maestro de obras quien se le da un salario mensual.

A continuación, se pueden ver algunas fotos tomadas durante la medición de la actividad.



Figura 20. Instalado de láminas de Metaldeck en proyecto E



Figura 21. Sistema Metaldeck en proyecto E



Figura 22. Apuntalado de Metaldeck en proyecto E

3.3. Tabulación de resultados

Una vez realizadas las mediciones en campo utilizando el método de observación directa y la tabla mostrada en la Figura 2. Se procedió a calcular el tiempo requerido para realizar cada actividad en horas hombre laboradas y, posteriormente, calcular el rendimiento obtenido para cada medición.

Esta información se tabuló en cuadros resumen de manera que se pueda visualizar la cantidad de trabajadores que laboraron activamente en la medición, el tiempo en minutos requerido para realizar la actividad, la cantidad de horas hombre requeridas para la misma, la cantidad de trabajo realizado con su unidad respectiva y, por último, el rendimiento obtenido en términos de horas hombre por unidad de medida.

En los cuadros 5 al 32 se puede apreciar esta información para cada una de las actividades consideradas durante la fase de medición.

3.3.1. Corte de varillas

Para esta actividad se midieron cortes de varillas con un calibre entre #2 y calibre #4, y longitudes entre 0,8 m y 2,7 m. Todos los cortes se realizaron con esmeriladora de disco abrasivo para cortar metal.

Cuadro 5. Resumen medición de rendimientos para corte de varilla

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
2,0	8	0,267	58,925	0,00453
1,0	2	0,033	11,088	0,00301
1,0	7	0,117	28,224	0,00413
1,0	10	0,167	42,336	0,00394
1,0	13	0,217	56,448	0,00384
1,0	16	0,267	70,560	0,00378
1,0	11	0,183	30,240	0,00606
1,0	8	0,133	23,520	0,00567
1,0	5	0,083	20,608	0,00404
1,0	3	0,050	26,838	0,00186
1,0	4	0,067	21,000	0,00317
1,0	6	0,100	21,000	0,00476
1,0	4	0,067	18,200	0,00366
1,0	18	0,300	78,400	0,00383
1,0	2	0,033	7,616	0,00438
1,0	1	0,017	5,084	0,00328
1,0	25	0,417	67,200	0,00620
1,0	7	0,117	33,600	0,00347
1,0	6	0,100	21,680	0,00461
1,0	27	0,450	67,200	0,00670
1,0	13	0,217	48,380	0,00448
1,0	27	0,450	80,640	0,00558
1,0	7	0,117	21,170	0,00551
1,0	13	0,217	43,900	0,00494

3.3.2. Doblado de varillas para vigas

Para esta actividad se midió el doblado de varillas con calibres entre #2 y calibre #4, y longitudes entre 0,8 m y 1,2 m. Todos los doblados se realizaron con herramientas manuales y se almacenaron los aros en la misma ubicación donde se doblaron.

Cuadro 6. Resumen medición de rendimientos para doblado de varillas para vigas

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
1,0	15	0,250	9,821	0,02546
1,0	16	0,267	7,857	0,03394
1,0	14	0,233	9,821	0,02376
1,0	19	0,317	9,821	0,03224
1,0	14	0,233	9,821	0,02376
1,0	21	0,350	14,112	0,02480

Cuadro 6. Resumen medición de rendimientos para doblado de varillas para vigas (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
1,0	8	0,133	3,070	0,04343
1,0	5	0,083	2,034	0,04098
1,0	17	0,283	5,084	0,05573
1,0	7	0,117	4,067	0,02868
1,0	12	0,200	4,067	0,04917
1,0	17	0,283	8,540	0,03318
1,0	27	0,450	10,580	0,04253
1,0	12	0,200	6,850	0,02920
1,0	17	0,283	11,510	0,02462
1,0	24	0,400	11,480	0,03484
1,0	50	0,833	43,780	0,01903
1,0	20	0,333	9,651	0,03454
1,0	11	0,183	4,464	0,04107
1,0	5	0,083	2,976	0,02800
1,0	7	0,117	4,464	0,02614
1,0	13	0,217	5,952	0,03640
1,0	6	0,100	2,976	0,03360
1,0	9	0,150	4,464	0,03360
1,0	5	0,083	3,571	0,02333
1,0	5	0,083	2,976	0,02800
1,0	5	0,083	2,976	0,02800
1,0	9	0,150	4,464	0,03360

3.3.3. Armado de vigas

Para esta actividad se midió el armado de vigas con varillas de calibre #2 a calibre #4. Las longitudes de las armaduras variaron entre 2,5 m y 9 m. En todas las mediciones se colocaron las varillas longitudinales en soportes de madera o metal para posteriormente acomodar los aros y amarrarlos con alambre negro de forma manual. Las vigas se almacenaban en la misma ubicación donde fueron armadas.

Cuadro 7. Resumen medición de rendimientos para armado de vigas

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
3,0	23	1,150	52,224	0,02202
4,0	27	1,800	41,338	0,04354
3,0	13	0,650	27,898	0,02330
3,0	16	0,800	23,750	0,03368
3,0	10	0,500	19,113	0,02616

Cuadro 7. Resumen medición de rendimientos para armado de vigas (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
2,0	27	0,900	30,056	0,02994
2,0	14	0,467	18,312	0,02548
2,0	23	0,767	37,212	0,02060
3,0	15	0,750	37,212	0,02015
3,0	15	0,750	37,212	0,02015
2,0	27	0,900	31,640	0,02845
3,0	20	1,000	33,040	0,03027
2,0	41	1,367	41,160	0,03320
2,0	16	0,533	18,738	0,02846
4,0	15	1,000	35,312	0,02832
4,0	26	1,733	49,210	0,03522

3.3.4. Acarreo y montaje de armaduras de vigas

Para esta actividad se midió el tiempo requerido para transportar las armaduras al sitio de construcción y montarlas en su ubicación final, ya sea sobre muros, o sobre cargadores. Las vigas medidas en esta actividad fueron las mismas que en la actividad de armado de vigas.

Cuadro 8. Resumen medición de rendimientos para acarreo y montaje de armaduras de vigas

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
3,0	32	1,600	69,311	0,02308
3,0	29	1,450	52,224	0,02777
3,0	24	1,200	41,338	0,02903
4,0	10	0,667	31,955	0,02086
3,0	13	0,650	40,000	0,01625
4,0	10	0,667	39,536	0,01686
1,0	12	0,200	6,792	0,02945
3,5	14	0,817	35,040	0,02331
4,5	13	0,975	30,240	0,03224
3,5	16	0,933	35,040	0,02664
2,5	17	0,708	31,560	0,02244
4,0	20	1,333	45,200	0,02950
4,0	14	0,933	37,986	0,02457
4,0	15	1,000	34,531	0,02896
4,0	11	0,733	34,531	0,02124
4,0	12	0,800	23,242	0,03442
4,0	10	0,667	23,242	0,02868
4,0	14	0,933	23,242	0,04016
4,0	17	1,133	41,280	0,02745

Cuadro 8. Resumen medición de rendimientos para acarreo y montaje de armaduras de vigas (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
4,0	24	1,600	62,760	0,02549
4,0	8	0,533	13,014	0,04098
4,0	5	0,333	7,892	0,04223
4,0	11	0,733	24,832	0,02953
4,0	27	1,800	63,062	0,02854
4,0	23	1,533	63,062	0,02431
4,0	20	1,333	48,608	0,02743
4,0	16	1,067	41,412	0,02576
4,0	10	0,667	23,257	0,02867
4,0	9	0,600	14,482	0,04143

3.3.5. Fabricado de formaleta

Para todas las partes de esta actividad se midió la fabricación formaleta de plywood con marcos de metal la cual se utiliza alrededor de 3 veces antes de desecharse. Esta actividad incluye la toma de medidas para dimensiones, trasladar los materiales a la mesa de trabajo, y construir el panel de formaleta.

Cuadro 9. Resumen medición de rendimientos para construcción de formaleta

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	9	0,150	0,340	0,44118
2,0	41	1,367	2,930	0,46644
1,0	15	0,250	0,580	0,43103
2,0	4	0,133	0,359	0,37151
2,0	59	1,967	5,512	0,35680
1,0	42	0,700	2,130	0,32864
2,0	27	0,900	2,651	0,33949
2,0	15	0,500	1,420	0,35211
1,0	50	0,833	2,613	0,31892
1,0	14	0,233	0,776	0,30069
1,0	38	0,633	2,290	0,27656

3.3.6. Colocado de cargadores para vigas

Esta actividad incluye colocar y clavar la formaleta de cargadores de metal o madera en sitio y apoyarla en puntales de madera o puntales ajustables de metal. Para ambos tipos estos se clavan a la formaleta de cargador y al suelo.

Cuadro 10. Resumen medición de rendimientos para colocado de cargadores para vigas

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	15	0,250	0,300	0,83333
1,0	20	0,333	0,420	0,79365
1,0	17	0,283	0,468	0,60541
1,0	22	0,367	0,689	0,53217
1,0	14	0,233	0,257	0,90791
1,0	5	0,083	0,096	0,86806
1,0	7	0,117	0,192	0,60764
1,0	4	0,067	0,083	0,80032
1,0	6	0,100	0,150	0,66667
1,0	6	0,100	0,117	0,85690
1,0	7	0,117	0,130	0,89744
1,0	6	0,100	0,130	0,76923

3.3.7. Colocado de formaleta para vigas

Esta actividad incluye trasladar los paneles del lugar de almacenaje hasta el sitio de construcción y clavar los paneles en sitio. El tipo de formaleta medido fue de plywood con marcos de metal.

Cuadro 11. Resumen medición de rendimientos para colocado de formaleta para vigas

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
3,0	6	0,300	1,250	0,24000
3,0	4	0,200	0,700	0,28571
2,0	4	0,133	0,350	0,38095
2,0	9	0,300	1,225	0,24490
1,0	8	0,133	0,315	0,42328
2,0	6	0,200	0,857	0,23337
1,0	3	0,050	0,149	0,33557
2,0	12	0,400	1,330	0,30075
2,0	9	0,300	1,716	0,17483
2,0	12	0,400	1,650	0,24242
1,0	35	0,583	2,640	0,22096
1,0	9	0,150	1,050	0,14286
1,0	11	0,183	1,050	0,17460
1,0	6	0,100	0,645	0,15504
1,0	7	0,117	0,645	0,18088
1,0	4	0,067	0,230	0,28986
1,0	6	0,100	0,610	0,16393
1,0	5	0,083	0,610	0,13661

Cuadro 11. Resumen medición de rendimientos para colocado de formaleta para vigas (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
2,0	8	0,267	1,500	0,17778
2,0	7	0,233	1,300	0,17949
2,0	17	0,567	2,800	0,20238
2,0	18	0,600	2,150	0,27907
3,0	17	0,850	3,128	0,27174
3,0	10	0,500	2,165	0,23100
3,0	10	0,500	1,981	0,25240
3,0	14	0,700	2,484	0,28180
3,0	11	0,550	2,184	0,25183
3,0	12	0,600	2,226	0,26954

3.3.8. Refuerzo de formaleta para vigas

Esta actividad incluye perforar la formaleta por ambos lados con un taladro, atravesar alambre negro de lado a lado, y tensar el alambre utilizando cabos de varilla por ambos lados para amarrar.

Cuadro 12. Resumen medición de rendimientos para refuerzo de formaleta para vigas

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
3,0	20	1,000	2,700	0,37037
3,0	18	0,900	2,700	0,33333
3,0	19	0,950	1,820	0,52198
2,0	33	1,100	2,660	0,41353
3,0	17	0,850	1,790	0,47486
2,0	23	0,767	1,790	0,42831
4,0	19	1,267	3,120	0,40598
3,0	21	1,050	3,120	0,33654
3,0	9	0,450	0,800	0,56250
1,0	18	0,300	0,945	0,31746
1,0	13	0,217	0,600	0,36111
2,0	10	0,333	0,600	0,55556
1,0	21	0,350	0,976	0,35861
1,0	20	0,333	0,974	0,34223
1,0	19	0,317	0,860	0,36822
1,0	18	0,300	0,900	0,33333
1,0	27	0,450	1,245	0,36145
1,0	58	0,967	2,400	0,40278
2,0	27	0,900	2,150	0,41860

3.3.9. Fabricado de concreto para vigas corona

Esta actividad siempre se realizó utilizando una batidora de 2 sacos ubicada al lado de la zona de almacenamiento de agregados. El concreto se dosificaba con cubetas.

Cuadro 13. Resumen medición de rendimientos para fabricación de concreto

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m³)	Rendimiento (hh/ m³)
3,0	10	0,500	0,330	1,51515
3,0	10	0,500	0,330	1,51515
4,0	9	0,600	0,330	1,81818
4,0	8	0,533	0,330	1,61616
3,0	11	0,550	0,330	1,66667
3,0	10	0,500	0,330	1,51515
3,0	12	0,600	0,330	1,81818
3,0	13	0,650	0,330	1,96970
2,0	11	0,367	0,248	1,48000
2,0	14	0,467	0,248	1,88172
3,0	7	0,350	0,248	1,41129

3.3.10. Acarreo de concreto para vigas corona

Esta actividad incluye vaciar el concreto en un carretillo y transportarlo hasta el sitio de construcción. En esta investigación, en todos los casos fue necesario que los trabajadores subieran gradas con el carretillo ya que todas las viviendas fueron de 2 niveles. En todas las mediciones, la casa en construcción se encontraba a menos de 10 m de distancia de la batidora.

Cuadro 14. Resumen medición de rendimientos para acarreo de concreto

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m³)	Rendimiento (hh/ m³)
2,0	2	0,050	0,033	1,51515
2,0	2	0,050	0,033	1,51515
4,0	3	0,200	0,100	2,00000
4,0	2	0,100	0,066	1,51515
4,0	2	0,133	0,066	2,02020
2,0	9	0,300	0,165	1,81818
2,0	7	0,233	0,132	1,76768
2,0	4,0	0,133	0,100	1,33000
2,0	7,5	0,250	0,133	1,87970
3,0	2,5	0,125	0,066	1,89394
2,0	1,7	0,057	0,033	1,71717
2,0	7,0	0,233	0,100	2,33000

3.3.11. Colocado y vibrado de concreto para vigas corona

Esta actividad incluye colocar el concreto dentro de la formaleta con cubetas, consolidar el concreto con vibrador, y darle un acabado a la parte superior de las vigas.

Cuadro 15. Resumen medición de rendimientos para colocado de concreto de vigas

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m³)	Rendimiento (hh/ m³)
1,0	16	0,267	0,116	2,29885
1,0	37	0,617	0,220	2,80303
1,0	26	0,433	0,163	2,65849
1,0	14	0,233	0,090	2,59548
1,0	17	0,283	0,076	3,72807
1,0	9	0,150	0,051	2,94118
1,0	11	0,183	0,066	2,77778
1,0	17	0,283	0,115	2,46377
2,0	50	1,667	0,589	2,82965
2,0	22	0,733	0,248	2,95699
2,0	20	0,667	0,242	2,75482
2,0	90	3,000	1,080	2,77778

3.3.12. Instalado de láminas de Metaldeck

Esta actividad incluyó el corte de las láminas de Metaldeck para que estas se acoplaran correctamente en las luces del entrepiso, además del colocado de las láminas en sitio y el clavado de las mismas para fijarlas.

Cuadro 16. Resumen medición de rendimientos para instalado de Metaldeck

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
2,0	36	1,200	8,100	0,14815
1,0	26	0,433	2,820	0,15366
2,0	24	0,800	4,940	0,16194
3,0	25	1,250	11,700	0,10684
2,0	14	0,467	3,000	0,15556
1,0	39	0,650	3,970	0,16373
2,0	23	0,767	7,398	0,10363
3,0	22	1,100	11,730	0,09378
3,0	23	1,150	11,390	0,10097

Cuadro 16. Resumen medición de rendimientos para instalado de Metaldeck (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
2,0	14	0,467	3,938	0,11850
2,0	19	0,633	6,046	0,10475
2,0	17	0,567	4,860	0,11660
2,0	37	1,233	8,866	0,13911
3,0	27	1,350	10,095	0,13373

3.3.13. Apuntalado de Metaldeck

Al realizar esta actividad, los trabajadores utilizaron puntales ajustables de metal para apuntalar las láminas de Metaldeck. Esta actividad incluyó el montaje de reglas de madera donde irían apoyados los puntales, y el clavado de los puntales en las reglas y en el piso.

Cuadro 17. Resumen medición de rendimientos para apuntalado de Metaldeck

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
2,0	35	1,167	9,880	0,11808
2,0	29	0,967	8,400	0,11508
2,0	37	1,233	11,700	0,10541
2,0	56	1,867	12,300	0,15176
2,0	39	1,300	10,700	0,12150
2,0	45	1,500	10,140	0,14793
2,0	101	3,367	21,840	0,15415
2,0	166	5,533	40,120	0,13792
3,0	45	2,250	21,960	0,10246
3,0	29	1,450	10,800	0,13426
3,0	23	1,145	7,100	0,16125
2,0	53	1,766	14,700	0,12015
1,0	77	1,284	8,100	0,15854

3.3.14. Instalación de viguetas de entrepiso

Para esta actividad se instalaron viguetas pretensadas de concreto como parte del sistema de entrepiso. Se decidió medir esta actividad en horas hombre por unidad de área, ya que el sistema de entrepiso como un todo es instala para un área determinada.

Cuadro 18. Resumen medición de rendimientos para instalación de viguetas de entrepiso

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
4,0	17	1,133	10,350	0,10950
5,0	13	1,083	13,280	0,08158
5,0	8	0,667	7,810	0,08536
5,0	10	0,833	9,000	0,09259
3,0	6	0,300	2,250	0,13333
3,0	22	1,100	10,000	0,11000
3,0	13	0,650	6,000	0,10833
3,0	11	0,550	6,000	0,09167
3,0	26	1,300	10,000	0,13000
3,0	26	1,300	12,000	0,10833
4,0	10	0,667	5,500	0,12121
4,0	12	0,800	8,800	0,09091

3.3.15. Instalación de bloques de entrepiso

Al igual que en la actividad anterior, se midió el instalado de bloques como parte del sistema de entrepiso. Estos fueron de concreto y de 20 cm de altura. Se midieron por unidad de área.

Cuadro 19. Resumen medición de rendimientos para instalación de bloques de entrepiso

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
3,0	22	1,100	7,500	0,14667
3,0	25	1,250	12,900	0,09690
3,0	22	1,100	9,000	0,12222
3,0	27	1,350	9,000	0,15000
2,0	27	0,900	6,500	0,13846
3,0	15	0,750	6,710	0,11177
3,0	29	1,450	10,000	0,14500
3,0	29	1,450	12,000	0,12083
3,0	26	1,300	10,000	0,13000
3,0	29	1,450	12,000	0,12083

3.3.16. Armado de acero de entrepiso con varilla

Esta actividad incluye el armado de la malla de entrepiso y bastones perimetrales únicamente con varilla, además de la instalación de helados plásticos para garantizar recubrimiento. Las varillas utilizadas fueron de calibre #2 a calibre #4. Se utilizaron amarras de alambre negro.

Cuadro 20. Resumen medición de rendimientos para armado de acero de entrepiso con varilla

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
1,0	34	0,567	27,667	0,02048
1,0	5	0,083	1,736	0,04800
2,0	23	0,767	25,222	0,03040
2,0	17	0,567	17,856	0,03174
2,0	46	1,533	43,078	0,03559
2,0	23	0,767	22,816	0,03360
2,0	27	0,900	24,800	0,03629
2,0	97	3,233	90,694	0,03565
1,0	101	1,683	30,240	0,05567
1,0	53	0,883	16,800	0,05258
1,0	44	0,733	13,440	0,05456
1,0	44	0,733	16,800	0,04365
1,0	10	0,167	3,360	0,04960
1,0	9	0,150	3,360	0,04464
1,5	18	0,450	13,440	0,03348
1,0	28	0,467	13,440	0,03472
1,0	8	0,133	3,360	0,03968
1,0	34	0,567	23,808	0,02380
1,0	16	0,267	11,160	0,02389
1,5	28	0,700	26,784	0,02614
1,0	21	0,350	8,928	0,03920
2,5	21	0,875	29,760	0,02940
2,0	72	2,400	67,704	0,03545

3.3.17. Colado de concreto de entrepiso

Esta actividad se realizó en todos los casos con concreto premezclado colado con bomba telescópica. La medición se realizó por metros cúbicos de concreto colados. Incluye colocar el concreto con la bomba, acomodarlo con palas y vibrarlo. El concreto utilizado para esta actividad también está destinado para las vigas de entrepiso además de la losa.

Cuadro 21. Resumen medición de rendimientos para colado de entrepiso

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m³)	Rendimiento (hh/ m³)
3,0	36	1,800	5,700	0,31579
3,0	16	0,800	3,000	0,26667
3,0	65	3,250	8,700	0,37356
5,0	68	5,667	15,000	0,37778
4,0	10	0,667	2,000	0,33333

Cuadro 21. Resumen medición de rendimientos para colado de entrepiso (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m³)	Rendimiento (hh/ m³)
4,0	5	0,333	1,000	0,33333
4,0	9	0,600	2,300	0,26087
4,0	16	1,067	3,700	0,28829
4,0	11	0,733	2,000	0,36667
4,0	15	1,000	3,000	0,33333
5,0	15	1,250	5,480	0,22810
5,0	20	1,667	7,000	0,23810

3.3.18. Armado de acero contrapiso con varilla

Para todos los proyectos medidos, esta actividad se realizó para la construcción de contrapisos tipo losa flotante o losa de cimentación. Esta incluyó el armado de la malla y bastones perimetrales con varilla, además de la instalación de helados plásticos para garantizar recubrimiento. Las varillas utilizadas fueron de calibre #2 a calibre #4. Se utilizaron amarras de alambre negro.

Cuadro 22. Resumen medición de rendimientos para armado de acero de contrapiso

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
3,5	10	0,583	28,790	0,02026
4,0	11	0,733	28,790	0,02547
3,0	14	0,700	28,790	0,02431
3,0	9	0,450	28,790	0,01563
3,0	10	0,500	28,790	0,01737
2,5	13	0,542	28,790	0,01881
1,5	18	0,450	16,800	0,02679
1,0	39	0,650	26,824	0,02423
2,5	20	0,833	40,754	0,02045
1,0	4	0,067	6,048	0,01102
2,0	15	0,500	22,960	0,02178
1,0	7	0,117	7,840	0,01488
1,0	14	0,233	20,692	0,01128
2,0	33	1,100	68,586	0,01604
2,0	16	0,533	51,191	0,01042
3,0	17	0,850	49,700	0,01710
2,0	12	0,400	28,790	0,01389
3,0	13	0,650	57,581	0,01129
3,0	9	0,450	28,790	0,01563
3,0	35	1,750	115,162	0,01520

Cuadro 22. Resumen medición de rendimientos para armado de acero de contrapiso (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (kg)	Rendimiento (hh/kg)
3,5	56	3,267	127,258	0,02567
2,0	11	0,367	10,080	0,03638
5,0	51	4,250	201,600	0,02108
2,0	27	0,900	60,480	0,01488
2,0	24	0,800	52,920	0,01512
3,0	32	1,600	113,400	0,01411
2,5	18	0,750	31,080	0,02413
2,0	15	0,500	22,624	0,02210
2,5	15	0,625	29,624	0,02110
1,0	11	0,183	8,820	0,02079
3,0	29	1,450	120,771	0,01201
3,0	58	2,900	281,302	0,01031
3,0	99	4,950	373,450	0,01325

3.3.19. Colado de concreto de contrapiso

Esta actividad se realizó en todos los casos con concreto premezclado colado con bomba telescópica. La medición se realizó por metros cúbicos de concreto colados. Incluye colocar el concreto con la bomba, acomodarlo con palas y vibrarlo.

Cuadro 23. Resumen medición de rendimientos para colado de contrapiso

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m³)	Rendimiento (hh/ m³)
2,0	56	1,867	11,500	0,16232
3,0	25	1,250	5,750	0,21739
2,0	26	0,867	5,750	0,15072
3,0	15	0,750	5,000	0,15000
3,0	8	0,400	3,000	0,13333
3,0	43	2,150	14,600	0,14726
3,0	24	1,200	7,000	0,17143
3,0	65	3,250	16,000	0,20313
3,0	17	0,850	4,300	0,19767
3,0	13	0,650	3,230	0,20124
3,0	25	1,250	8,000	0,15625
3,0	12	0,600	3,600	0,16667
3,0	11	0,550	3,500	0,15714
2,0	7	0,233	1,500	0,15556
2,5	33	1,375	8,000	0,17188

3.3.20. Acabado de concreto para losa

Esta actividad se midió de igual manera para las losas de contrapiso y entrepiso. Incluye pasar un codal para aplanar el concreto y posteriormente golpearlo y alisarlo con llaneta para ayudar a consolidarlo.

Cuadro 24. Resumen medición de rendimientos para acabado de concreto para losa

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m³)	Rendimiento (hh/ m³)
3,0	21	1,050	6,012	0,174651
2,5	22	0,917	5,46	0,167949
2,0	23	0,767	5,19	0,147784
2,0	7	0,233	1,71	0,136257
3,0	9	0,450	3,5535	0,126636
3,0	11	0,550	4,6215	0,119009
2,0	8	0,267	1,68	0,158929
1,0	6	0,100	0,84	0,119048
1,5	13	0,325	1,89	0,171958
1,0	20	0,333	3,15	0,105714
2,0	9	0,300	1,71	0,175439
1,5	20	0,500	2,565	0,194932

3.3.21. Aplicación de repello (1era capa)

Esta actividad incluye la elaboración de la mezcla de repello grueso industrializado, la elaboración de maestras de repello para garantizar el espesor de la capa, y la aplicación de la primera capa de repello a los muros. La elaboración de la mezcla y las maestras se incluyeron dentro de la medida debido a que, por sí solas, poseen una gran variabilidad para ser consideradas como subactividades.

Cuadro 25. Resumen medición de rendimientos para aplicación de repello (1era capa)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	25	0,422	1,430	0,2951
1,0	51	0,844	2,700	0,3126
1,0	49	0,809	1,980	0,4085
1,0	15	0,246	0,630	0,3907
1,0	72	1,196	3,780	0,3163
1,0	34	0,563	1,360	0,4137
1,0	36	0,598	1,360	0,4396
1,0	51	0,844	3,080	0,2740
1,0	42	0,703	2,640	0,2664

Cuadro 25. Resumen medición de rendimientos para aplicación de repello (1era capa) (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	53	0,879	2,640	0,3330
1,0	32	0,528	1,600	0,3297
1,0	57	0,950	3,330	0,2851
1,0	17	0,281	0,770	0,3654
1,0	70	1,161	3,300	0,3517
1,0	51	0,844	3,080	0,2740
1,0	68	1,125	4,180	0,2692
1,0	51	0,844	3,080	0,2740
1,0	169	2,813	9,180	0,3065
1,0	122	2,040	6,880	0,2965
1,0	186	3,095	9,200	0,3364
1,0	213	3,552	9,900	0,3588
1,0	148	2,462	8,400	0,2931
1,0	38	0,633	2,214	0,2859
1,0	34	0,563	1,535	0,3666
1,0	70	1,161	3,034	0,3825
1,0	114	1,899	4,674	0,4063
1,0	32	0,528	1,640	0,3216

3.3.22. Aplicación de repello y acabado (2da capa)

Esta actividad incluye la elaboración de la mezcla de repello más fluida que lo usual, la aplicación de esta sobre la primera capa para rellenar huecos, y el pasado de una llaneta de esponja mojada para darle un acabado liso.

Cuadro 26. Resumen medición de rendimientos para aplicación de repello (2da capa)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
2,0	6	0,200	1,400	0,14286
2,0	5	0,167	2,000	0,08333
2,0	10	0,333	3,200	0,10417
2,0	117	3,900	32,160	0,12127
2,0	25	0,833	6,160	0,13528
2,0	20	0,667	5,500	0,12121
2,0	25	0,833	7,000	0,11905
2,0	8	0,267	3,420	0,07797
2,0	25	0,833	7,020	0,11871
2,0	9	0,300	2,640	0,11364
2,0	19	0,633	5,610	0,11289
2,0	7	0,233	1,680	0,13889

Cuadro 26. Resumen medición de rendimientos para aplicación de repello (2da capa) (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
2,0	13	0,433	3,360	0,12897
1,0	34	0,567	5,400	0,10494
2,0	112	3,733	32,160	0,11609
1,0	45	0,750	9,180	0,08170
1,0	74	1,233	16,065	0,07677
1,0	46	0,767	9,480	0,08087
1,0	11	0,183	1,350	0,13580
1,0	13	0,217	1,710	0,12671
1,0	36	0,600	5,900	0,10169
1,0	35	0,583	6,070	0,09610
1,0	28	0,467	5,025	0,09287
1,0	15	0,250	2,505	0,09980
1,0	15	0,250	2,505	0,09980
1,0	15	0,250	2,091	0,11956
1,0	20	0,333	3,900	0,08547

3.3.23. Empaste de pared (cada capa)

Para el empaste de pared, en los proyectos medidos se colocaban tres capas de pasta, las cuales tenían la misma técnica de aplicación entre sí y, por ende, tenían rendimientos comparables. En la tabla resumen siguiente se pueden apreciar mediciones de esta actividad de cualquiera de las diferentes capas.

Cuadro 27. Resumen medición de rendimientos para empaste de pared

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	12	0,200	6,100	0,03279
1,0	15	0,250	7,330	0,03411
1,0	17	0,283	9,190	0,03083
1,0	11	0,183	4,060	0,04516
1,0	6	0,100	2,010	0,04975
1,0	9	0,150	3,960	0,03788
1,0	8	0,133	2,880	0,04630
1,0	16	0,267	6,570	0,04059
1,0	17	0,283	4,900	0,05782
1,0	21	0,350	9,800	0,03571
1,0	9	0,150	3,000	0,05000
1,0	10	0,167	3,000	0,05556
1,0	16	0,267	7,600	0,03509

Cuadro 27. Resumen medición de rendimientos para empaste de pared (Continuación)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	19	0,317	7,600	0,04167
1,0	7	0,117	2,200	0,05303
1,0	14	0,233	5,320	0,04386
1,0	12	0,200	5,180	0,03861
1,0	27	0,450	10,640	0,04229
1,0	11	0,183	3,690	0,04968
1,0	17	0,283	5,330	0,05316
1,0	20	0,333	9,310	0,03580
1,0	16	0,267	5,740	0,04646
1,0	3	0,050	1,700	0,02941
1,0	15	0,250	7,000	0,03571

3.3.24. Lijado de pared entre capas de pasta

Para esta actividad se midió la duración del lijado de las paredes entre las diferentes capas de pasta aplicadas. Esta se realizó de manera manual con una lija.

Cuadro 28. Resumen medición de rendimientos para lijado de pared

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	11	0,183	8,000	0,02292
1,0	5	0,083	3,100	0,02688
1,0	6	0,100	3,100	0,03226
1,0	11	0,183	8,000	0,02292
1,0	11	0,183	8,000	0,02292
1,0	8	0,133	3,600	0,03704
1,0	6	0,100	3,600	0,02778
1,0	56	0,933	28,400	0,03286
1,0	57	0,950	28,400	0,03345
1,0	27	0,450	12,800	0,03516
1,0	17	0,283	8,900	0,03184
1,0	35	0,583	16,400	0,03557

3.3.25. Aplicación de sellador

En los proyectos medidos, se aplicó una capa de sellador de una misma marca entre la última capa de pasta y la primera capa de pintura. Esta se realizaba con rodillo.

Cuadro 29. Resumen medición de rendimientos para aplicación de sellador

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	3	0,050	4,750	0,01053
1,0	5	0,083	9,500	0,00877
1,0	3	0,050	4,510	0,01109
1,0	15	0,250	31,700	0,00789
1,0	14	0,233	30,000	0,00778
1,0	7	0,117	14,000	0,00833
1,0	7	0,117	15,250	0,00765
1,0	6	0,100	8,128	0,01230
1,0	4	0,067	7,220	0,00923
1,0	6	0,100	10,780	0,00928
1,0	14	0,233	18,870	0,01237
1,0	4	0,067	5,530	0,01206
1,0	28	0,467	46,600	0,01001

3.3.26. Aplicación de pintura (1era capa)

Para la primera capa de pintura aplicada en los proyectos medidos se realizó con pintura especial para primeras capas de diferentes marcas. Esta actividad se llevó a cabo con rodillo mayoritariamente, y con brocha en las esquinas de las habitaciones.

Cuadro 30. Resumen medición de rendimientos para aplicación de pintura (1era capa)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	8	0,133	9,800	0,01361
1,0	8	0,133	11,000	0,01212
1,0	5	0,083	6,700	0,01244
1,0	23	0,383	31,700	0,01209
1,0	14	0,233	15,250	0,01530
1,0	7	0,117	7,930	0,01471
1,0	6	0,100	6,100	0,01639
1,0	13	0,217	12,200	0,01776
1,0	9	0,150	9,150	0,01639
1,0	13	0,217	10,200	0,02124
1,0	8	0,133	6,615	0,02016
1,0	11	0,183	9,310	0,01969
1,0	3	0,050	2,700	0,01852

3.3.27. Aplicación de pintura (2da capa)

Para la segunda y última capa de pintura, se colocó pintura especial para acabados repelente a la suciedad de diferentes marcas. Esta se aplicó con rodillo mayoritariamente, y con brocha en las esquinas de las habitaciones.

Cuadro 31. Resumen medición de rendimientos para aplicación de pintura (2da capa)

Trabajadores Activos	Duración (min)	Horas Hombre	Trabajo Realizado (m²)	Rendimiento (hh/m²)
1,0	7	0,117	6,200	0,01882
1,0	17	0,283	22,200	0,01276
1,0	5	0,083	5,500	0,01515
1,0	7	0,117	8,000	0,01458
1,0	6	0,100	5,400	0,01852
1,0	3	0,050	3,500	0,01429
1,0	11	0,183	9,750	0,01880
1,0	5	0,083	5,150	0,01618
1,0	4	0,067	2,793	0,02387
1,0	3	0,050	2,183	0,02290
1,0	6	0,100	5,145	0,01944
1,0	9	0,150	7,380	0,02033
1,0	13	0,217	12,500	0,01733

3.4. Análisis estadístico de los resultados

Habiendo determinado los rendimientos para todas las mediciones realizadas durante la investigación, se procedió a calcular el promedio para cada subactividad. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis estadístico de los datos para determinar el tamaño de muestra que sería representativo para cada una y se verificó si el tamaño de muestra medido cumplía con este valor. Por último, se calculó el intervalo de confianza, el cual muestra el valor máximo y mínimo que puede tener el promedio de la población para la confianza escogida.

Del Cuadro 32 al Cuadro 58 se pueden apreciar los resultados tabulados del análisis estadístico realizado a los datos recolectados durante las mediciones en campo.

3.4.1. Corte de varillas

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Corte de varillas". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 32. Análisis estadístico para corte de varilla

Tamaño de muestra (n)	24
Promedio (X)	0,00439 hh/kg
Desviación estándar de la muestra (S)	0,001141807
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	23
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,713871528
Tamaño de muestra requerido	19,85
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	$\pm 0,000399453$
Límite superior (U)	0,00479 hh/kg
Límite inferior (L)	0,00399 hh/kg

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Corte de varillas" es $0,00439 \pm 0,000399$ hh/kg, con un 90% de confianza.

3.4.2. Doblado de varillas para vigas

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Doblado de varillas para vigas". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 33. Análisis estadístico para doblado de varillas para vigas

Tamaño de muestra (n)	28
Promedio (X)	0,03256 hh/kg
Desviación estándar de la muestra (S)	0,008454665
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9

Cuadro 33. Análisis estadístico para doblado de varillas para vigas (Continuación)

Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	27
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,703288446
Tamaño de muestra requerido	19,56
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,002721483
Límite superior (U)	0,03528 hh/kg
Límite inferior (L)	0,02984 hh/kg

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Doblado de varillas para vigas" es $0,03256 \pm 0,00272$ hh/kg, con un 90% de confianza.

3.4.3. Armado de vigas

Cuadro 34. Análisis estadístico para armado de vigas

Tamaño de muestra (n)	16
Promedio (X)	0,02806 hh/kg
Desviación estándar de la muestra (S)	0,006366151
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	15
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,753050356
Tamaño de muestra requerido	15,82
$\pm t \cdot S/n$ para intervalo de confianza	0,002790046
Límite superior (U)	0,03085 hh/kg
Límite inferior (L)	0,02527 hh/kg

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Armado de vigas" es $0,02806 \pm 0,00279$ hh/kg, con un 90% de confianza.

3.4.4. Acarreo y montaje de armaduras de vigas

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Acarreo y montaje de armaduras de vigas". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 35. Análisis estadístico para acarreo y montaje de armaduras de vigas

Tamaño de muestra (n)	29
Promedio (X)	0,02818 hh/kg
Desviación estándar de la muestra (S)	0,006661668
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	28
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,701130934
Tamaño de muestra requerido	16,17
$\pm t \cdot Sn$ para intervalo de confianza	0,002104368
Límite superior (U)	0,03029 hh/kg
Límite inferior (L)	0,02608 hh/kg

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Acarreo y montaje de armaduras de vigas" es $0,02818 \pm 0,002104$ hh/kg, con un 90% de confianza.

3.4.5. Fabricado de formaleta

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Fabricado de formaleta". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 36. Análisis estadístico para construcción de formaleta

Tamaño de muestra (n)	11
Promedio (X)	0,36212 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,060573237
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	10
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,812461123
Tamaño de muestra requerido	9,19
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,033101916
Límite superior (U)	0,39523 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,32902 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Fabricado de formaleta" es 0,36212 ± 0,03310 hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.6. Colocado de cargadores para vigas

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Colocado de cargadores para vigas". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 37. Análisis estadístico para colocado de cargadores para vigas

Tamaño de muestra (n)	12
Promedio (X)	0,76156 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,127118851
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	11
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,795884819
Tamaño de muestra requerido	8,99
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,065901882
Límite superior (U)	0,82746 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,69566 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Colocado de cargadores para vigas" es $0,76156 \pm 0,06590$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.7. Colocado de formaleta para vigas

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Colocado de formaleta para vigas". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 38. Análisis estadístico para colocado de formaleta para vigas

Tamaño de muestra (n)	28
Promedio (X)	0,24013 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,0696346
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9

Cuadro 38. Análisis estadístico para colocado de formaleta para vigas (Continuación)

Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	27
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,703288446
Tamaño de muestra requerido	24,40
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,022414769
Límite superior (U)	0,26254 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,21771 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Colocado de formaleta para vigas" es 0,24013 \pm 0,022415 hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.8. Refuerzo de formaleta para vigas

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Refuerzo de formaleta para vigas". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 39. Análisis estadístico para refuerzo de formaleta para vigas

Tamaño de muestra (n)	19
Promedio (X)	0,40351 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,075237605
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	18
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,734063607
Tamaño de muestra requerido	10,45

Cuadro 39. Análisis estadístico para refuerzo de formaleta para vigas (Continuación)

$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,029931135
Límite superior (U)	0,43344 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,37358 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Refuerzo de formaleta para vigas" es 0,40351 \pm 0,029931 hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.9. Fabricado de concreto para vigas corona

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Fabricado de concreto para vigas corona". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 40. Análisis estadístico para fabricación de concreto

Tamaño de muestra (n)	11
Promedio (X)	1,65521 hh/m ³
Desviación estándar de la muestra (S)	0,188156621
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	10
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,812461123
Tamaño de muestra requerido	4,24
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,102823377
Límite superior (U)	1,75804 hh/m ³
Límite inferior (L)	1,55239 hh/m ³

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Fabricado de concreto para vigas corona" es $1,65521 \pm 0,102823$ hh/m³, con un 90% de confianza.

3.4.10. Acarreo de concreto para vigas corona

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Acarreo de concreto para vigas corona". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 41. Análisis estadístico para acarreo de concreto

Tamaño de muestra (n)	12
Promedio (X)	1,77519 hh/m ³
Desviación estándar de la muestra (S)	0,277936178
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	11
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,795884819
Tamaño de muestra requerido	7,91
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,1440897
Límite superior (U)	1,91928 hh/m ³
Límite inferior (L)	1,63110 hh/m ³

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Acarreo de concreto para vigas corona" es $1,77519 \pm 0,14409$ hh/m³, con un 90% de confianza.

3.4.11. Colocado y vibrado de concreto para vigas corona

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Colocado y vibrado de concreto para vigas corona". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 42. Análisis estadístico para colocado de concreto de vigas corona

Tamaño de muestra (n)	12
Promedio (X)	2,79882 hh/m ³
Desviación estándar de la muestra (S)	0,348483724
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	11
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,795884819
Tamaño de muestra requerido	5,00
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,180663473
Límite superior (U)	2,97949 hh/m ³
Límite inferior (L)	2,61816 hh/m ³

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Colocado y vibrado de concreto para vigas corona" es $2,79882 \pm 0,180663$ hh/m³, con un 90% de confianza.

3.4.12. Instalado de láminas de Metaldeck

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Instalado de láminas de Metaldeck". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 43. Análisis estadístico para instalado de Metaldeck

Tamaño de muestra (n)	14
Promedio (X)	0,12864 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,024972981
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	13
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,770933396
Tamaño de muestra requerido	11,82
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,011819758
Límite superior (U)	0,14046 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,11682 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Instalado de láminas de Metaldeck" es $0,12864 \pm 0,011820$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.13. Apuntalado de Metaldeck

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Apuntalado de Metaldeck". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 44. Análisis estadístico para apuntalado de Metaldeck

Tamaño de muestra (n)	13
Promedio (X)	0,13296 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,020480132
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9

Cuadro 44. Análisis estadístico para apuntalado de Metaldeck (Continuación)

Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	12
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,782287556
Tamaño de muestra requerido	7,54
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,01012369
Límite superior (U)	0,14308 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,12284 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Apuntalado de láminas de Metaldeck" es $0,13296 \pm 0,0101237$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.14. Instalación de viguetas de entrepiso

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Instalación de viguetas de entrepiso". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 45. Análisis estadístico para instalación de viguetas de entrepiso

Tamaño de muestra (n)	12
Promedio (X)	0,10523 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,017114792
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	11
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,795884819
Tamaño de muestra requerido	8,53

Cuadro 45. Análisis estadístico para instalación de viguetas de entrepiso (Continuación)

$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,008872775
Límite superior (U)	0,11411 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,09636 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Instalación de viguetas de entrepiso" es $0,10523 \pm 0,008873$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.15. Instalación de bloques de entrepiso

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Instalación de bloques de entrepiso". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 46. Análisis estadístico para instalación de bloques de entrepiso

Tamaño de muestra (n)	10
Promedio (X)	0,12827 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,016999438
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	9
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,833112933
Tamaño de muestra requerido	5,90
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,009854255
Límite superior (U)	0,13812 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,11841 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Instalación de bloques de entrepiso" es $0,12827 \pm 0,009854$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.16. Armado de acero de entrepiso

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Armado de acero de entrepiso". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 47. Análisis estadístico para armado de acero de entrepiso

Tamaño de muestra (n)	23
Promedio (X)	0,03731 hh/kg
Desviación estándar de la muestra (S)	0,009985517
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	22
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,717144374
Tamaño de muestra requerido	21,12
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,003575308
Límite superior (U)	0,04089 hh/kg
Límite inferior (L)	0,03374 hh/kg

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Armado de acero de entrepiso" es $0,03731 \pm 0,0035753$ hh/kg, con un 90% de confianza.

3.4.17. Colado de concreto de entrepiso

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Colado de concreto de entrepiso". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 48. Análisis estadístico para colado de entrepiso

Tamaño de muestra (n)	12
Promedio (X)	0,30965 hh/m ³
Desviación estándar de la muestra (S)	0,05235468
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	11
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,795884819
Tamaño de muestra requerido	9,22
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,027142095
Límite superior (U)	0,33679 hh/m ³
Límite inferior (L)	0,28251 hh/m ³

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Colado de concreto de entrepiso" es 0,30965 ± 0,0271421 hh/m³, con un 90% de confianza.

3.4.18. Armado de acero contrapiso

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Armado de acero de contrapiso". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 49. Análisis estadístico para armado de acero de contrapiso

Tamaño de muestra (n)	33
Promedio (X)	0,01827 hh/kg
Desviación estándar de la muestra (S)	0,005892478
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	32
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,693888748
Tamaño de muestra requerido	29,86
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,001737504
Límite superior (U)	0,02000 hh/kg
Límite inferior (L)	0,01653 hh/kg

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Armado de acero de contrapiso" es 0,01827 \pm 0,0017375 hh/kg, con un 90% de confianza.

3.4.19. Colado de concreto de contrapiso

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Colado de concreto de contrapiso". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 50. Análisis estadístico para colado de contrapiso

Tamaño de muestra (n)	15
Promedio (X)	0,16947 hh/m ³
Desviación estándar de la muestra (S)	0,024425377
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9

Cuadro 50. Análisis estadístico para colado de contrapiso (Continuación)

Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	14
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,761310136
Tamaño de muestra requerido	6,44
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,011107888
Límite superior (U)	0,18057 hh/m ³
Límite inferior (L)	0,15836 hh/m ³

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Colado de concreto de contrapiso" es 0,16947 \pm 0,0111079 hh/m³, con un 90% de confianza.

3.4.20. Acabado de concreto para losa

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Acabado de concreto para losa". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 51. Análisis estadístico para acabado de concreto para losa

Tamaño de muestra (n)	12
Promedio (X)	0,1499 hh/m ³
Desviación estándar de la muestra (S)	0,02824696
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	11
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,795884819
Tamaño de muestra requerido	11,46

Cuadro 51. Análisis estadístico para acabado de concreto para losa (Continuación)

$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,014643995
Límite superior (U)	0,16450 hh/m ³
Límite inferior (L)	0,13521 hh/m ³

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Acabado de concreto para losa" es $0,1499 \pm 0,014644$ hh/m³, con un 90% de confianza.

3.4.21. Aplicación de repello (1era capa)

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Aplicación de repello (1era capa)". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 52. Análisis estadístico para aplicación de repello (1era capa)

Tamaño de muestra (n)	27
Promedio (X)	0,3316 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,050849423
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	26
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,70561792
Tamaño de muestra requerido	6,84
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,016691136
Límite superior (U)	0,34829 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,31491 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Aplicación de repello (1era capa)" es $0,3316 \pm 0,016691$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.22. Aplicación de repello y acabado (2da capa)

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Aplicación de repello y acabado (2nda capa)". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 53. Análisis estadístico para aplicación de repello (2da capa)

Tamaño de muestra (n)	27
Promedio (X)	0,10876 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,019895876
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	26
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,70561792
Tamaño de muestra requerido	9,74
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,006530748
Límite superior (U)	0,11529 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,10223 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Aplicación de repello y acabado (2da capa)" es $0,10876 \pm 0,0065307$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.3.23. Empaste de pared (cada capa)

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Empaste de pared (cada capa)". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 54. Análisis estadístico para empaste de pared

Tamaño de muestra (n)	24
Promedio (X)	0,04255 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,008167018
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	23
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,713871528
Tamaño de muestra requerido	10,82
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,00285717
Límite superior (U)	0,04541 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,03970 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Empaste de pared (cada capa)" es 0,04255 ± 0,00285717 hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.24. Lijado de pared entre capas de pasta

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Lijado de pared entre capas de pasta". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 55. Análisis estadístico para lijado de pared

Tamaño de muestra (n)	12
Promedio (X)	0,03013 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,005228179
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	11
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,795884819
Tamaño de muestra requerido	9,71
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,002710431
Límite superior (U)	0,03284 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,02742 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Lijado de pared entre capas de pasta" es $0,03013 \pm 0,0027104$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.25. Aplicación de sellador

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Aplicación de sellador". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 56. Análisis estadístico para aplicación de sellador

Tamaño de muestra (n)	13
Promedio (X)	0,00979 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,001740125
Porcentaje de confianza (1-α)	0,9

Cuadro 56. Análisis estadístico para aplicación de sellador (Continuación)

Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	12
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,782287556
Tamaño de muestra requerido	10,03
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,000860174
Límite superior (U)	0,01065 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,00893 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Aplicación de sellador" es $0,00979 \pm 0,0008602$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.26. Aplicación de pintura (1era capa)

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Aplicación de pintura (1era capa)". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 57. Análisis estadístico para aplicación de pintura (1era capa)

Tamaño de muestra (n)	13
Promedio (X)	0,01619 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,003143288
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	12
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,782287556
Tamaño de muestra requerido	11,98

Cuadro 57. Análisis estadístico para aplicación de pintura (1era capa) (Continuación)

$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,001553783
Límite superior (U)	0,01774 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,01463 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Aplicación de pintura (1era capa)" es 0,01619 \pm 0,0015538 hh/m², con un 90% de confianza.

3.4.27. Aplicación de pintura (2da capa)

A continuación, se presenta el análisis estadístico para los datos medidos correspondientes a la actividad de "Aplicación de pintura (2da capa)". Este incluye el tamaño de muestra requerido y el cálculo para el intervalo de confianza respectivo.

Cuadro 58. Análisis estadístico para aplicación de pintura (2da capa)

Tamaño de muestra (n)	13
Promedio (X)	0,01792 hh/m ²
Desviación estándar de la muestra (S)	0,003319566
Porcentaje de confianza (1- α)	0,9
Probabilidad de error (α)	0,1
Grados de Libertad (n-1)	12
$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$	1,782287556
Tamaño de muestra requerido	10,90
$\pm t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$ para intervalo de confianza	0,00164092
Límite superior (U)	0,01956 hh/m ²
Límite inferior (L)	0,01628 hh/m ²

Según el análisis mostrado en el cuadro anterior, se puede apreciar que se cumplió con el tamaño de muestra requerido para que la muestra fuera representativa y, por ende, se puede determinar que, el promedio del rendimiento de "Aplicación de pintura (2da capa)" es $0,01792 \pm 0,0016409$ hh/m², con un 90% de confianza.

3.5. Rendimientos obtenidos

Una vez obtenidos los rendimientos promedio de todas las subactividades medidas en campo, se procedió a calcular los rendimientos de las actividades identificadas para la investigación, y las que serían comparadas con los valores publicados por RSMeans.

Este cálculo se realizó sumando los rendimientos de subactividades que componen cada una de las actividades principales, por ejemplo, sumar todas las subactividades que componen el acero para vigas (corte, doblado, armado, acarreo y colocado), para obtener el rendimiento para la actividad completa.

Antes de calcular los rendimientos finales, fue necesario agregarle a los rendimientos un factor de incremento que convirtiera los rendimientos observados en rendimientos totales. Esto es necesario debido a que, durante las mediciones realizadas en esta investigación, solo se tomaron en cuenta los tiempos efectivos de trabajo y tiempos directamente ligados con las actividades a medir. Sin embargo, no se incluyeron tiempo indirectos que afectan el rendimiento de todas las actividades, como los tiempos de descanso o tiempos no productivos, como el tiempo de comidas y tiempo para ir a los servicios sanitarios, entre otros.

3.5.1. Cálculo del factor de incremento

Se determinó que existían dos posibles maneras de calcular el valor del factor de incremento. La primera de estas era determinar los tiempos que Gordian incluye en su libro "*RSMeans building construction cost data*" (2014), pero que no fueron tomados en cuenta durante la medición en campo. Para esta primera manera, se investigó cuáles son estos tiempos indirectos que incluye el *RSMeans*. Gordian expone la distribución del tiempo invertido por trabajadores de construcción en un día normal de la siguiente manera:

Cuadro 59. Distribución de tiempo diario de trabajadores según RSMMeans.

Actividad	Porcentaje de tiempo
Estudio de planos	3 %
Selección y pedido materiales	3 %
Descarga y almacenaje de materiales	3 %
Movilización de materiales	5 %
Movimiento alrededor del sitio	5 %
Preparación para el trabajo	8 %
Trabajo efectivo	64 %
Limpieza	3 %
Descanso y tiempo no productivo	6 %

Fuente: *Gordian, 2021*

De las actividades mostradas anteriormente, existen algunas que no se tomaron en cuenta durante las mediciones en campo. Estas son: "selección y pedido de materiales", "Descarga y almacenaje de materiales", "limpieza", y "descanso y tiempo no productivo". Estos tiempos no cuantificados se deben incluir en el factor de incremento con el fin de convertir los rendimientos medidos en un valor comparable con el *RSMMeans* ya que, como se mencionó anteriormente, este si los incluye en sus rendimientos.

Al sumar todos los porcentajes de tiempo invertido en actividades no consideradas en las mediciones, en un día promedio, (3% + 3% + 3% + 6%) se obtiene un valor de total 15%, el cual se utilizaría para calcular el factor de incremento.

Por otro lado, la segunda manera de obtener el factor de incremento fue determinando cuanto tiempo se invierte en actividades distintas al trabajo efectivo en promedio en Costa Rica. Brenes Serrano (2014), en su trabajo final de graduación del Instituto Tecnológico de Costa Rica, determinó que, en promedio, la distribución de tiempo invertido por los trabajadores en actividades distintas al trabajo efectivo se acomoda de la siguiente manera en una jornada laboral de 10 horas diarias.

Cuadro 60. Tiempo invertido en otras actividades de trabajadores en Costa Rica para una jornada de 10 horas

Actividad	Porcentaje de tiempo
Descanso en la mañana	15 min
Descanso para almuerzo	30 min
Descanso de la tarde	15 min
Uso de servicios sanitarios	15 min
Otros	15 min
Porcentaje para un día de 10 horas	15 %

Según el cuadro anterior, para un día de 10 horas, se puede concluir que un trabajador promedio se dedica a actividades distintas al trabajo efectivo, un 15% del tiempo.

Como se puede ver, utilizando ambos análisis, se obtiene el mismo valor de 15% que debe ser agregado a los rendimientos medidos con el fin de compararlos con el RSMeans. Sabiendo esto, se procedió a calcular el factor de incremento utilizando el siguiente despeje:

$$T.T. = T.M + T.T \cdot 0,15 \quad [10]$$

$$(1 - 0,15) \cdot T.T. = T.M.$$

$$T.T. = \frac{1}{1-0,15} \cdot T.M.$$

Siendo T.T. el tiempo total, y T.M. el tiempo medido, se puede concluir que el factor de incremento (f.i.) equivale a:

$$\frac{1}{1-0,15} = 1,1765 \quad [11]$$

A continuación, se presentan los cálculos de rendimientos totales, sumando las subactividades que los componen, y el rendimiento final de la actividad luego de incluir el factor de incremento. Estos se pueden apreciar del Cuadro 61 al Cuadro 75.

3.5.2. Acero de refuerzo para vigas

En el Cuadro 61 se muestran los valores promedio de los rendimientos que componen la actividad completa de "acero de refuerzo para vigas", además de la sumatoria de los mismos y el rendimiento total con el factor de incremento. Este valor total es el que sería comparado con los del *RSM* means.

Cuadro 61. Cálculo de rendimiento total para el acero de refuerzo de vigas

Actividad	Rendimiento promedio (hh/kg)
Corte de varillas	0,0044
Doblado de aros	0,0326
Armado de vigas	0,0281
Acarreo y colocado	0,0282
Suma	0,0932
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,1096

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Acero de refuerzo para vigas" es de 0,1096 hh/kg.

3.5.3. Fabricado de concreto para vigas corona

Cuadro 62. Cálculo de rendimiento total para el fabricado de concreto de vigas corona

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m³)
Fabricado de concreto	1,6552
Rendimiento total (Suma x f.i.)	1,9473

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Fabricado de concreto para vigas corona" es de 1,9473 hh/m³.

3.5.4. Colado de vigas corona

Cuadro 63. Cálculo de rendimiento total para el colado de vigas corona

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m ³)
Acarreo de concreto	1,7752
Colocado y vibrado de concreto	2,7988
Suma	4,5740
Rendimiento total (Suma x f.i.)	5,3813

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Colado de vigas corona" es de 5,3813 hh/m³.

3.5.5. Formaleta lateral de vigas

Cuadro 64. Cálculo de rendimiento total para la formaleta de vigas

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m ²)
Fabricado de formaleta	0,36212
Colocado de formaleta lateral	0,24013
Refuerzo de formaleta	0,40351
Suma	1,0058
Rendimiento total (Suma x f.i.)	1,1833

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Formaleta lateral de vigas" es de 1,1833 hh/m².

3.5.6. Formaleta cargador de vigas

Cuadro 65. Cálculo de rendimiento total para la formaleta cargador de vigas

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m ²)
Fabricado de formaleta	0,36212
Colocado de cargadores	0,76156
Suma	1,1237
Rendimiento total (Suma x f.i.)	1,4553

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Formaleta cargador de vigas" es de 1,4553 hh/m².

3.5.7. Instalado de Metaldeck

Cuadro 66. Cálculo de rendimiento total para el instalado de Metaldeck

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m²)
Instalación de láminas	0,1286
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,1513

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Instalado de Metaldeck" es de 0,1513 hh/m².

3.5.8. Apuntalado de Metaldeck

Cuadro 67. Cálculo de rendimiento total para el apuntalado de Metaldeck

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m²)
Apuntalado de láminas	0,1330
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,1565

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Apuntalado de Metaldeck" es de 0,1565 hh/m².

3.5.9. Sistema de entrepiso vigueta pretensada y bloques de concreto

Cuadro 68. Cálculo de rendimiento total para el sistema de entrepiso de viguetas

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m²)
Instalación de viguetas	0,1052
Instalación de bloques	0,1283
Suma	0,2335
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,2747

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Sistema de entrepiso de viguetas pretensadas" es de 0,2747 hh/m².

3.5.10. Acero de refuerzo para entrepiso

Cuadro 69. Cálculo de rendimiento total para el acero de refuerzo de entrepiso

Actividad	Rendimiento promedio (hh/kg)
Acero de refuerzo entrepiso	0,0373
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,0439

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Acero de refuerzo para entrepiso" es de 0,0439 hh/kg.

3.5.11. Colado de entrepiso

Cuadro 70. Cálculo de rendimiento total para el colado de entrepiso

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m³)
Colado de entrepiso	0,3097
Acabado de losa de concreto	0,1499
Suma	0,4596
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,5407

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Colado de entrepiso" es de 0,5407 hh/m³.

3.5.12. Acero de refuerzo para contrapiso

Cuadro 71. Cálculo de rendimiento total para el acero de refuerzo de contrapiso

Actividad	Rendimiento promedio (hh/kg)
Acero de refuerzo contrapiso	0,0183
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,0215

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Acero de refuerzo para contrapiso" es de 0,0215 hh/kg.

3.5.13. Colado de contrapiso

Cuadro 72. Cálculo de rendimiento total para el colado de contrapiso

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m³)
Colado de contrapiso	0,1695
Acabado de losa de concreto	0,1499
Suma	0,3194
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,3758

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Colado de contrapiso" es de 0,3758 hh/m³.

3.5.14. Repello de paredes dos capas

Cuadro 73. Cálculo de rendimiento total para el repello de paredes

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m²)
Aplicación primera capa	0,3316
Aplicación segunda capa y acabado	0,1088
Suma	0,4404
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,5181

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Repello de paredes dos capas" es de 0,5181 hh/m².

3.5.15. Empaste de paredes tres capas

Cuadro 74. Cálculo de rendimiento total para el empaste de paredes

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m²)
Aplicación (1era, 2da y 3era capa)	0,04255
Lijado (1era, 2da y 3era capa)	0,03013
Suma	0,2181
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,2566

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Empaste de paredes tres capas" es de 0,2566 hh/m².

3.5.16. Pintado de paredes dos capas con sellador

Cuadro 75. Cálculo de rendimiento total para el pintado de paredes

Actividad	Rendimiento promedio (hh/m²)
Aplicado de sellador	0,00979
Aplicado primera capa	0,01619
Aplicado segunda capa	0,01792
Suma	0,0439
Rendimiento total (Suma x f.i.)	0,0513

Como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento total para la actividad de "Pintado de paredes dos capas con sellador" es de 0,0513 hh/m².

3.6. Comparación con RSMeans

Para esta etapa, se extrajeron los valores de rendimientos especificados en el libro *RSMeans 2014*, con el fin de compararlos a los rendimientos obtenidos anteriormente. Al realizar la comparación, se calculó un factor de ajuste entre rendimientos, cumpliendo así con el tercer objetivo específico de la investigación.

Es importante mencionar que los rendimientos expuestos en el libro *RSMeans* incluyen, en algunas cuadrillas propuestas, el trabajo de un supervisor o un maestro de obras dentro de las horas hombre de cada actividad. Este es especificado por la palabra "Foreman" en la sección de cuadrillas del libro. Debido a esto, fue necesario analizar las cuadrillas propuestas por Gordian, en su libro, para cada actividad y restarle el tiempo laborado por el supervisor en aquellos casos en que fue necesario. Esto es debido a que durante la investigación no se tomó en cuenta el trabajo de supervisión.

Por último, antes de presentar la comparación, cabe mencionar que existen actividades medidas durante la investigación que no poseen un equivalente comparativo en el libro *RSMeans*, en la mayoría de los casos porque son prácticas que no se acostumbran en Estados Unidos. A continuación, se presenta una lista de las actividades limitadas de la investigación:

- *Acero de refuerzo de vigas:*

En el libro *Building Construction Cost Data del RSMeans (2014)*, no existen rendimientos para corte, doblado, ni armado de acero de refuerzo debido a que en Estados Unidos se acostumbra a prefabricar la ferralla de los elementos estructurales y transportarla armada al sitio. Por lo tanto, solo se comparó el rendimiento de la subactividad de acarreo y colocación en sitio del acero de refuerzo de vigas.

- *Colado de vigas:*

El *RSMeans* tampoco cuenta con rendimientos para colado de vigas utilizando cubetas y carretillos. Esto debido a que en Estados Unidos se acostumbra a utilizar grúas o volquetes para transportar el concreto, si no es que se utiliza concreto premezclado con bomba telescópica. Por lo tanto, solamente se podrá comparar la subactividad de fabricación de concreto.

Sin embargo, el rendimiento de la actividad de colado de entrepiso puede utilizarse para vigas y entrepiso como un todo, ya que estas se colan al mismo tiempo, y el sistema de colocación sí corresponde al considerado en el *RSMeans*.

- *Sistema de viguetas pretensadas para entrepiso:*

Debido a que el *RSMeans* no posee rendimientos para el sistema de entrepiso de viguetas pretensadas, no se logró comparar los datos recopilados en campo. Sin embargo, se considera que es de gran importancia haber determinado los rendimientos de este sistema debido a su popularidad en Costa Rica, por lo cual se presenta en este documento.

- *Apuntalado de Metaldeck:*

En el *RSMeans* no se encuentra una actividad específica de apuntalado de lámina Metaldeck, sin embargo, si se encuentra el rendimiento de instalar puntales por unidad. Debido a esto, fue necesario realizar un cálculo de conversión de hh/und a hh/m².

En promedio, al apuntalar láminas de Metaldeck se colocaban puntales cada 1,5 m en ambos sentidos. Esto quiere decir que en un metro cuadrado de lámina existen en promedio 0,44 puntales. Por ende, fue necesario multiplicarle al rendimiento de hh/und, del *RSMeans*, el valor de 0,44 und/m² con el fin de obtener un rendimiento comparable con los medidos en campo.

- *Repello de paredes:*

En los rendimientos del *RSMMeans*, para repello de paredes, siempre se toman en cuenta 3 capas de este. En el caso de las mediciones en campo, se observó que los trabajadores solamente realizaban 2 capas. Debido a esto, con el fin de comparar los rendimientos, se sumó al rendimiento obtenido en la investigación, el tiempo de una tercera capa que se asumirá con una duración igual a la segunda capa.

Sabiendo las condiciones y excepciones expuestas anteriormente, en el siguiente cuadro se muestran los rendimientos publicados en el *RSMMeans*, los rendimientos obtenidos, y su factor de ajuste, el cual debe multiplicarse el valor del *RSMMeans* con el fin de obtener el equivalente en Costa Rica.

Cuadro 76. Comparación entre rendimientos obtenidos y *RSMMeans*.

Actividad	Código de RSMMeans	Valor de RSMMeans	Valor obtenido	Unidad	Factor de ajuste
Colocado acero de vigas	03 21 11.60 0100	0,0221	0,0332	hh/kg	1,5023
Fabricado de concreto	03 31 13.25 0125	2,0833	1,9473	hh/m ³	0,9347
Colado de vigas	-	-	5,3813	hh/m ³	-
Formaleteado de cargador	03 11 13.20 3600	1,5377	1,4553	hh/m ²	0,9464
Formaleteado lateral de vigas	03 11 13.20 4100	1,0013	1,1833	hh/m ²	1,1818
Instalado Metaldeck	05 31 33.50 6800	0,0718	0,1513	hh/m ²	2,1072
Apuntalado Metaldeck	03 15 05.70 1000	0,1280	0,1565	hh/m ²	1,2227
Sistema viguetas de entrepiso	-	-	0,2747	hh/m ²	-
Armado de acero de entrepiso	03 21 11.60 0400	0,0122	0,0439	hh/kg	3,5984

Cuadro 76. Comparación entre rendimientos obtenidos y RSMeans (Continuación)

Actividad	Código de RSMeans	Valor de RSMeans	Valor obtenido	Unidad	Factor de ajuste
Armado de acero de contrapiso	03 21 11.60 0600	0,0153	0,0215	hh/kg	1,4052
Colado de entrepiso	03 31 13.70 1400	0,5232	0,5407	hh/m ³	1,0334
Colado de contrapiso	03 31 13.70 4600	0,3956	0,3758	hh/m ³	0,9499
Repello de paredes	09 24 23.40 0100 - 0400	0,7176	0,6461	hh/m ²	0,9004
Empaste de paredes	09 25 23.10 0200	0,2476	0,2566	hh/m ²	1,0363
Pintado de paredes	09 91 23.72 0840	0,1076	0,0513	hh/m ²	0,4768

Como se puede observar en el cuadro, la mayoría de los factores de ajuste calculados son cercanos a 1, con algunas excepciones, lo que implica que los rendimientos entre trabajadores de Costa Rica y Estados Unidos son similares en la mayoría de las actividades. En el caso de las actividades que poseen diferencias grandes entre rendimientos, se asume que se debe a particularidades en metodologías y herramientas de trabajo, entre ambos países, que provocan rendimientos totalmente diferentes.

4. GUÍA DE USO DE FACTORES DE AJUSTE

En este apartado se pretende guiar al lector a través del proceso de obtener los rendimientos para mano de obra de construcción en Costa Rica utilizando el *RSMeans*.

Es importante mencionar que, para que se puedan aplicar los factores de ajuste calculados en esta investigación, es necesario verificar que se cumplen las mismas condiciones de trabajo que menciona el libro. Estas son condiciones óptimas de trabajo en todos los aspectos; clima favorable, cuadrillas experimentadas, trabajo planificado, sitio organizado, entre otras. De no cumplirse con estas condiciones, podría ser necesario considerar factores adicionales que compensen el tiempo invertido o perdido por las condiciones de trabajo no ideales.

A continuación, se presentan pasos a seguir con el fin de utilizar los factores de ajuste calculados en el apartado anterior:

- *Búsqueda de la actividad productiva de interés en el RSMeans*

El *RSMeans* utiliza un sistema de codificación, llamado Masterformat CSI, para ordenar las actividades de construcción y que sean sencillas de ubicar. Este separa las actividades en capítulos por tipo de construcción, y dentro de cada capítulo, las separa en subactividades encontradas dentro del mismo tipo, y todas sus variaciones.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de una página del libro donde se puede observar la codificación mencionada en la columna extrema izquierda. Esta página muestra el capítulo de construcción en concreto, en la subactividad de formaleas, y en la sección de formaleas para vigas.

03 11 Concrete Forming										
03 11 13 – Structural Cast-In-Place Concrete Forming										
03 11 13.20 Forms In Place, Beams and Girders										
		Crew	Daily Output	Labor-Hours	Unit	Material	2014 Bare Costs		Total	Total Incl O&P
							Labor	Equipment		
3600	3 use	C-2	280	.171	SFCA	1.59	7.65		9.24	13.55
3650	4 use		290	.166		1.29	7.40		8.69	12.80
4000	Sides only, vertical, 36" high, job-built plywood, 1 use		335	.143		5.10	6.40		11.50	15.45
4050	2 use		405	.119		2.80	5.30		8.10	11.25
4100	3 use		430	.112		2.04	4.98		7.02	9.95
4150	4 use		445	.108		1.65	4.82		6.47	9.25
4500	Sloped sides, 36" high, 1 use		305	.157		4.92	7.05		11.97	16.25
4550	2 use		370	.130		2.74	5.80		8.54	11.95
4600	3 use		405	.119		1.97	5.30		7.27	10.30
4650	4 use		425	.113		1.60	5.05		6.65	9.55

Figura 23. Ejemplo de datos encontrados en *RSMeans*

Fuente: *RSMeans* 2014

Sabiendo esto, se debe buscar en el libro la actividad de interés de la cual se desee obtener el rendimiento y, posteriormente, determinar la fila de datos correcta sabiendo de qué manera se va a realizar la actividad. En el caso del ejemplo se debe determinar las dimensiones y tipo de la formaleta utilizada y la cantidad de usos para los que se va a construir para escoger la fila correcta.

- *Determinación de cuadrilla y rendimiento*

Como ya se mencionó anteriormente, el *RSMeans* calcula los rendimientos utilizando una cuadrilla propuesta. Esta se puede ver en la columna "*Crew*". Para algunas actividades esta cuadrilla incluye el trabajo de un supervisor o maestro de obras denotado por la palabra "*Foreman*" en el desglose de cuadrillas al final del libro. Para obtener el rendimiento correcto, es necesario tomar la cantidad de trabajadores de la cuadrilla propuesta (removiendo el supervisor) y multiplicarlo por 8 (jornada laboral de *RSMeans*). Una vez que se tiene la cantidad de horas hombre por día, se divide entre el valor de productividad diaria, mostrada en la columna "*Daily Output*". Esto resultará en el rendimiento total.

- *Conversión a unidades de trabajo deseadas*

Como se puede ver en el ejemplo, las unidades de trabajo para formaleta son de pies cuadrados de área de contacto (SFCA). El *RSMeans* utiliza unidades inglesas como se acostumbra en Estados Unidos, de modo que, si se desea utilizar otras unidades, es necesario realizarle la conversión al rendimiento presentado en el libro.

- *Multiplicación de factor de ajuste*

Una vez obtenido el rendimiento deseado del libro, se le debe multiplicar el factor de ajuste respectivo, ya sea el obtenido en esta investigación o de la investigación de Mena (2020), para obtener el rendimiento de mano de obra en Costa Rica.

En el siguiente cuadro se pueden apreciar todos los factores de ajuste calculados en esta investigación, junto con los factores calculados por Mena (2020).

Cuadro 77. Lista de factores de ajuste recopilados en ambas investigaciones

Actividad	Código de RSMeans	Factor de ajuste	Calculado por
Colocado acero columnas	03 21 11.60 0200	1,2000	Mena, 2020
Colocado acero cimentaciones	03 21 11.60 0500	1,2200	Mena, 2020
Fabricado de concreto columnas	03 31 13.25 0125	0,9100	Mena, 2020
Formaleteado de columnas	03 11 13.25 5550	0,7600	Mena, 2020
Pega de mampostería	04 22 10.14 0300	2,8500	Mena, 2020
Colocado acero de vigas	03 21 11.60 0100	1,5023	Florez, 2021
Fabricado de concreto vigas	03 31 13.25 0125	0,9347	Florez, 2021
Formaleteado de cargador	03 11 13.20 3600	0,9464	Florez, 2021
Formaleteado lateral de vigas	03 11 13.20 4100	1,1818	Florez, 2021
Instalado Metaldeck	05 31 33.50 6800	2,1072	Florez, 2021
Apuntalado Metaldeck	03 15 05.70 1000	1,2227	Florez, 2021
Armado acero de entrepiso	03 21 11.60 0400	3,5984	Florez, 2021
Armado acero de contrapiso	03 21 11.60 0600	1,4052	Florez, 2021
Colado de entrepiso	03 31 13.70 1400	1,0334	Florez, 2021
Colado de contrapiso	03 31 13.70 4600	0,9499	Florez, 2021
Repello de paredes	09 24 23.40 0100 - 0400	0,9004	Florez, 2021
Empaste de paredes	09 25 23.10 0200	1,0363	Florez, 2021
Pintado de paredes	09 91 23.72 0840	0,4768	Florez, 2021
Factor de ajuste promedio		<u>1,35</u>	-

- *¿Para quién es útil esta lista de factores de ajuste?*

Esta lista de factores que comparan los datos del *RSMeans* con rendimientos medidos en Costa Rica puede ser de gran utilidad para entidades, tanto privadas como académicas, que deseen obtener rápidamente rendimientos de actividades comunes de construcción.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se puede concluir que se logró identificar exitosamente factores de ajuste para los rendimientos de mano de obra publicados por el *RSMMeans* para las actividades de vigas, repellos, pintura, y losas de concreto en construcción residencial, mediante la comparación con los rendimientos medidos en campo en proyectos nacionales.
- Utilizando el principio de Pareto, fue posible validar el impacto en aporte económico de las actividades de vigas, repellos, pintura, y losas de concreto, y determinar que estas si representan un costo significativo en los proyectos de construcción residencial.
- Se logró determinar, con una confianza del 90 %, los rendimientos promedio de mano de obra de las actividades propuestas, mediante el análisis estadístico de los datos recopilados. Esto se puede traducir en que existe un 90 % de probabilidad de que el rendimiento promedio real de los proyectos visitados se encuentre en el intervalo de confianza calculado.
- Una vez finalizada la investigación, fue posible ampliar y aportar información a la guía de uso elaborada por Mena (2020) en su investigación, incluyendo así los factores de ajuste encontrados en ambas investigaciones, recomendaciones, limitaciones de uso, y su aplicación en el marco laboral, profesional y académico.
- Se concluye que el promedio entre el total de 18 factores de ajuste encontrados en ambas investigaciones es de 1,35. Debido a esto, se podría asumir que, en Costa Rica, por lo menos en proyectos similares a los visitados, las actividades de construcción requieren en promedio una inversión de horas-hombre por unidad de medida 35 % mayor a Estados Unidos. Sin embargo, se requeriría una investigación más a fondo para poder asegurar esta diferencia promedio general y las razones o causas.
- Para los factores de ajuste obtenidos en esta investigación, el promedio es de 1,32, mientras que para la investigación de Mena (2020) el promedio es de 1,39. Esto demuestra que en ambas investigaciones se llegó a resultados semejantes, lo cual aumenta las posibilidades de que el promedio a nivel nacional sea similar a lo obtenido.
- Una vez analizadas las actividades que obtuvieron factores de ajuste muy alejados de unidad, se considera que esto se debió a diferencias en la metodología y materiales utilizados en ambos países. En el caso del instalado de láminas de Metaldeck, en Estados Unidos se acostumbra a utilizar las láminas completas, utilizando modulación con el fin

de que no sea necesario realizar muchos cortes o modificaciones a las láminas. Además, para clavar las láminas se acostumbra utilizar pistolas de clavos en lugar de martillo. En los proyectos medidos, muchas veces fue necesario cortar, modificar o deformar las láminas para que estas pudieran ser instaladas y, además, se gastaba mucho tiempo clavando las láminas manualmente con martillo.

- Con respecto al armado de mallas de entrepiso, se puede considerar que, debido a los sistemas de entrepiso populares en Costa Rica, como el sistema de viguetas pretensadas que, por sí solos, proporcionan bastante resistencia a la losa, es posible utilizar calibres pequeños para armar la malla de entrepiso. Una malla de un calibre menor tarda casi el mismo tiempo en instalarse que una malla de calibres mayores, sin embargo, reduce el peso del acero gravemente, lo que provoca que el rendimiento de horas-hombre por kilogramo de acero sea alto en los datos medidos. En Estados Unidos, se acostumbra a utilizar formaleta para colar una losa de entrepiso completa en una o dos direcciones, la cual, por ende, tendría calibres mayores de acero debido a que debe sostenerse por sí sola. Esto se podría solucionar midiendo el rendimiento en términos de área en lugar de peso, sin embargo, el *RSMMeans* los publica únicamente en términos de toneladas de acero, lo cual es una limitación.
- Por último, para la actividad de pintado de paredes, según diversos videos explicativos encontrados en línea, en Estados Unidos se podría tender a dar mucho detalle y cuidado en las esquinas y bordes de las paredes a la hora de pintarlas. Esto puede deberse a que la mano de obra es muy especializada para este tipo de trabajos en acabados. Constantemente se mencionan técnicas precisas para realizar líneas rectas de pintura y métodos que resultan en un trabajo de alta calidad pero que consume mucho tiempo. En los rendimientos medidos en la investigación, la pintura de paredes fue poco cuidadosa en los detalles y más enfocada en terminar el trabajo lo más rápido posible.
- Al eliminar los datos de factores de ajuste extremos (pega de mampostería, instalado de Metaldeck, armado de acero de entrepiso y pintado de paredes), se logró obtener un promedio de 1,06 de factor de ajuste. Por lo tanto, se puede concluir que en general, la mayoría de actividades medidas en ambas investigaciones poseen rendimientos semejantes a los del *RSMMeans*, y son las actividades extremas las cuales alejan el promedio de la unidad.

- Por otro lado, se logró concluir que el método de medición directa utilizado en la investigación, cuenta con una gran precisión debido a que es posible observar la totalidad del tiempo en que se trabaja. Se determinó, además, que una desventaja que posee éste es que, para actividades que requieren de mucho tiempo, es obligatorio para el observador permanecer en sitio por periodos muy extensos.
- Se logró notar, durante las mediciones en campo, que la presencia de un observador si afecta el rendimiento de los trabajadores, sobre todo al principio, antes de que estos se acostumbren a la situación. Hubo casos de trabajadores que querían demostrar que tan rápido podían trabajar, y de la misma manera, hubo casos de trabajadores que prácticamente paraban de trabajar cuando se sentían observados. Con el tiempo estos escenarios disminuyeron.
- Adicionalmente, se concluyó que, para actividades que se realizan pocas veces durante el proceso constructivo de toda la casa, es difícil obtener suficientes mediciones para que estas cumplieran con la verificación estadística, como lo es la actividad de colado de entrepiso. Esta actividad específica usualmente solo pasa una vez en la construcción de una casa completa. Por lo tanto, fue necesario medir esta actividad en la mayor cantidad de proyectos posibles, en diferentes casas de cada proyecto y, además, procurando separar la colada en secciones que se pudieran medir por aparte.
- Existen subactividades de trabajo relevantes para la investigación, que no se lograron incluir en la investigación debido a su alta variabilidad en rendimiento y dificultad de obtener una muestra representativa. Entre estas actividades está: el instalado de malla electrosoldada, la cual se realiza de una manera muy rápida y afecta muy poco la cantidad de metros cuadrados instalados en la duración, debido a que ocupan espacios muy grandes. También, la colocación de paneles de formaleta para losas de contrapiso, ya que no era constante entre los proyectos el uso de esta, ni la manera de instalarla, ni los materiales utilizados. Por último, la actividad de cubrir los huecos trapezoidales que deja la lámina de Metaldeck en sus extremos con el fin de que el concreto no salga por los mismos. Esta actividad se realiza utilizando secciones de formaleta, bolsas de cemento, láminas de plywood, trozos de madera, entre otros
- Debido a las actividades medidas que no se pudieron comparar con rendimientos en Estados Unidos, ya que el *RSMMeans* no posee datos para las mismas, existe ahora una cantidad considerable de información que no fue posible utilizar para el objetivo

principal de la investigación, pero que sí representa una parte importante de la construcción en este país. Construir armaduras de acero en sitio, y fabricar y transportar concreto en sitio con cubetas, son actividades más básicas y comunes en la construcción en Costa Rica, por lo tanto, se considera que los datos de rendimientos obtenidos para estas son de gran valor para cualquier interesado en planificar o presupuestar un proyecto de vivienda unifamiliar en el territorio nacional. A pesar de no existir un factor de ajuste, es posible utilizar los rendimientos obtenidos si se tienen condiciones y recursos similares.

5.2. Recomendaciones

- Primero que todo, se recomienda que, al utilizar rendimientos de esta u otras bases de datos disponibles, se tome en cuenta factores adicionales específicos de cada proyecto. Por ejemplo, si se va a trabajar en un lugar con terreno o clima particular, si se va a utilizar una cuadrilla poco experimentada o con pocos recursos para trabajar. Estos factores deberían verse reflejados en el factor de incremento de los rendimientos para que estos sean comparables.
- Por otro lado, es recomendable continuar con la investigación, comparando actividades adicionales medidas en Costa Rica, con rendimientos del *RSMeans*. Esto con el fin de tener una base de datos aún más robusta y poder acceder a aún más rendimientos al utilizar las guías de uso generadas en estas investigaciones.
- Se recomienda que, en la continuación de la investigación, se realice un análisis de Pareto utilizando únicamente los costos de mano de obra, y no de la totalidad de los costos, esto debido a que podría dar a la luz más actividades que si forman parte del 80% del costo de mano de obra, pero que antes no fueron tomadas en cuenta.
- Se recomienda analizar el efecto que tiene la hora del día de las observaciones en el rendimiento de los trabajadores, ya que factores que varían durante el día como el calor, el cansancio y el hambre, podrían tener un efecto significativo en el trabajo.
- Además, se recomienda analizar la diferencia que existe entre rendimientos medidos en proyectos de construcción en serie, y proyectos de casas individuales, para determinar si la diferencia es significativa.
- También, se recomienda a personas que deseen realizar una investigación similar a esta, que lleven el análisis estadístico de los datos medidos al día, para así poder tener una idea de cuantas mediciones hacen falta para lograr el tamaño de muestra deseado

y, además, para poder determinar en las primeras etapas si las actividades medidas tienen alta o poca variabilidad entre mediciones.

- Se recomienda a los interesados en esta investigación tener cautela si desean utilizar el valor promedio de ajuste (1,35) de forma general para las actividades de construcción en Costa Rica, esto debido a la variabilidad entre los factores individuales obtenidos para cada actividad. La desviación estándar de los factores de ajuste es de 0,75, lo cual es muy grande para un promedio de 1,35
- De la mano con el punto anterior, se recomienda que se realice una investigación proponiendo puntos de cambio en los métodos constructivos, materiales y herramientas, para las actividades que poseen rendimientos mucho mayores a los que existen en Estados Unidos (ej: pega de mampostería, Instalado de Metaldeck), con el fin de buscar avance en la industria de la construcción a nivel nacional. Esto podría acercar aun más los rendimientos promedio entre Costa Rica y un país más desarrollado como lo es Estados Unidos.
- Se recomienda realizar una investigación que analice la diferencia entre rendimientos de trabajadores utilizando diferentes métodos de medición en campo. Inclusive incluyendo medición por medio de cámaras, la cual sería la menos invasiva. Esto para determinar si existe un cambio significativo entre los promedios medidos con cada método.
- Por otro lado, se recomienda que, a nivel académico, se realice una investigación en la que se compilen rendimientos de mano de obra en Costa Rica medidos en diferentes investigaciones, trabajos finales de graduación, proyectos académicos, entre otros. Y se comience a generar una base de datos de rendimientos completa y robusta, que facilite la obtención de rendimientos confiables a nivel nacional.
- Por último, es muy importante que cada empresa constructora conozca los rendimientos de sus propios trabajadores, debido a que esta es la forma más precisa de programar y presupuestar un proyecto. Por lo tanto, se recomienda que las empresas constructoras inviertan el tiempo necesario en obtener sus propios rendimientos e inclusive utilizar los rendimientos obtenidos en esta investigación como un complemento adicional.

4. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Parajeles, E. A. (2011). *Herramienta para la estimación de costos en la construcción de viviendas para la empresa Fomento Urbano S.A.* Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, Cartago, Costa Rica.

Brenes Serrano, J. (2014). Análisis de rendimientos y productividad de mano de obra para la empresa La Puerta del Sol Equipo Constructor S.A., Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, Cartago, Costa Rica.

Bridge, A.; Gray, J.; Skitmore, M. (2016). *International Comparisons of Nominal and Real Construction Labour Productivity.* Universidad de Tecnología de Queensland, Facultad de Ciencia e Ingeniería, Brisbane, Australia.

Cámara Costarricense de la Construcción. (abril 2021). *Informe Económico del Sector Construcción.* San José, Costa Rica.

CFIA. (2021). Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA).

Espinoza, C. C. (2003). *Estimación de rendimientos de mano de obra en procesos constructivos de viviendas utilizando bloques modulares de concreto.* Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil, San José, Costa Rica.

Gordian. (2014). RSMeans building construction cost data 2014. Norwell, MA: RSMeans.

Guerra, C. W.; Méndez, E.; Barrero, R.; Egaña, E. (2003). *Estadística.* La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.

Hernández, T. C., et al (2007). *Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de Medición de Rendimiento de Mano de Obra.* Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, Bucaramanga, Colombia.

Jagar, P. (2011). *PARETO, Correct?, False? Useful?* Management Zone. ProQuest One Academic, pp. 33

Mena Solís, R. (2020). *Medición de rendimientos de mano en obra para la construcción de residencias en Costa Rica y determinación de factores de ajuste para los publicados por el RSMeans.* Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil, San José, Costa Rica.

Montgomery, D. (2009). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería*. México: Editorial Limusa.

Mora Valverde, J. J. (2012). *Medición y Análisis de Productividad de Tres Actividades en la construcción de un centro de distribución de 54000m²*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, Cartago, Costa Rica.

Padilla Bonilla, A. A. (2016). *Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, Cartago, Costa Rica.

ProEst. (2018). *What is RSMeans?* [Mensaje en un blog] Recuperado de <https://proest.com/what-is-rsmeans/>

Serpell Bley, A. (2003). *Planificación y control de proyectos*. 2da Edición. Editorial de la Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Villegas Gutiérrez, J. A. (2012). *Estimación de los Rendimientos de Mano de Obra para el Sistema Constructivo de Viviendas de Concreto Colado en Sitio*. Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Civil, San José, Costa Rica.

ANEXOS



Figura 24. Paneles de formaleta Proyecto D



Figura 25. Paneles de formaleta acumulados Proyecto A



Figura 26. Repello de paredes Proyecto B



Figura 27. Colado de losa de contrapiso Proyecto D



Figura 28. Armado de losa de entrepiso Proyecto C