



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica – PUCE TEC

Guía técnica para la implementación del tendido de hiladas en paralelo como método racionalizado en mampostería para optimizar la ergonomía laboral y productividad en obras de vivienda en la ciudad de Quito, 2026.

**Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior
en Construcción**

Autor: Marco Antonio Pico Parra

Tutor: Mtr. Marco Antonio Vásquez González

Quito, Ecuador

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por la fortaleza, la constancia y la claridad necesarias para culminar este proceso académico y personal, incluso en los momentos de mayor exigencia.

A mi familia, pilar fundamental de mi vida y razón principal de cada proyecto, esfuerzo y decisión asumida a lo largo de este camino. Su apoyo incondicional, comprensión y paciencia han sido determinantes para enfrentar simultáneamente las responsabilidades laborales, familiares y académicas que este proceso implicó.

Este logro es también para mis padres, cuyo ejemplo de unión, sacrificio y compromiso familiar ha marcado profundamente mi formación personal y profesional. El tiempo compartido y el tiempo ausente, las reuniones, celebraciones y momentos postergados, han tenido un valor emocional que no pasa inadvertido y que agradezco con profunda sinceridad.

A mis queridos hermanos, quienes han sido una fuente constante de inspiración, apoyo y ejemplo a seguir. Sin su guía, motivación y confianza, no habría sido posible asumir este desafío académico. Su trayectoria y compromiso han representado un referente permanente y han sido un impulso determinante para perseverar hasta el final de este proceso.

Finalmente, dedico este trabajo a mi querida esposa y a mi hijo, compañeros incondicionales en todos los proyectos, en los momentos favorables y en aquellos de mayor dificultad. Su acompañamiento, paciencia y comprensión han dado sentido a cada esfuerzo realizado, recordándome constantemente el valor del tiempo, la responsabilidad compartida y el propósito de todo esto.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los docentes que, con su conocimiento, experiencia y vocación, acompañaron este proceso formativo. Su orientación académica, criterio técnico y disposición constante contribuyeron a humanizar una carrera que, en un inicio, parecía distante y abstracta, convirtiéndola en una experiencia de aprendizaje integral y significativa.

A mis compañeros, con quienes se compartieron aciertos, errores y reflexiones a lo largo del proceso, agradezco la camaradería, el intercambio de ideas y el espíritu de colaboración, que permitieron comprender que el crecimiento profesional se fortalece cuando se construye en comunidad.

De manera especial, agradezco al equipo del proyecto Nadur por la apertura, el apoyo logístico y la disposición para permitir la realización de los ensayos en condiciones reales de obra, aportando un contexto técnico y práctico fundamental para el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, extendiendo un reconocimiento a la cuadrilla de obra que participó en los ensayos experimentales, cuya experiencia, compromiso y disposición fueron esenciales para la ejecución de las metodologías evaluadas. Su participación permitió trasladar la investigación del plano teórico al ámbito práctico, enriqueciendo de manera significativa los resultados obtenidos.

A todos quienes, directa o indirectamente, formaron parte de este proceso, ¡muchas gracias!

Tabla de contenidos

Dedicatoria	2
Lista de tablas	6
Capítulo I Planteamiento del problema	11
1.1 Antecedentes	11
1.2 Formulación del problema	12
1.3 Objetivos	13
1.4 Justificación	14
Capítulo II Marco teórico	15
2.1 Fundamentos conceptuales	15
2.1.1 <i>Tipos y sistemas de mampostería</i>	15
2.1.2 <i>Materiales utilizados en la mampostería</i>	18
2.1.3 <i>Elementos y consideraciones constructivas</i>	20
2.2 Estudios relacionados	21
2.2.1 <i>Productividad laboral</i>	22
2.2.2 <i>Rendimientos en mampostería</i>	23
2.2.3 <i>Calidad en los procesos</i>	23
2.2.4 <i>Factores negativos a la productividad</i>	24
2.2.5 <i>Conocimiento empírico y falta de formación técnica</i>	25
2.3 Bases normativas	25
2.3.1 <i>Normativa Nacional</i>	26
2.3.2 <i>Normativa Internacional</i>	29
2.4 Seguridad ocupacional	34
2.4.1 <i>Riesgos laborales en la construcción</i>	35
2.4.2 <i>Ergonomía y lesiones músculo esqueléticas (LME)</i>	36
2.4.3 <i>Evaluación de riesgos ergonómicos</i>	38
2.4.4 <i>Método REBA</i>	39
2.5 Lean Construction	41
2.5.1 <i>Principios filosofía Lean Construction</i>	42
2.5.2 <i>Implementación en los procesos de mampostería</i>	43
2.6. Recomendaciones y vinculación con el proyecto	44
Capítulo III Metodología	48
3.1 Tipo y enfoque de Investigación	48
3.2 Metodología experimental	49
3.3 Técnicas e instrumentos	50
3.4 Procedimientos y análisis de datos	51

3.5 Consideraciones éticas	52
Capítulo IV Desarrollo, análisis y resultados	54
4.1 Descripción del caso de estudio	54
4.1.1 <i>Mano de obra y espacio definido para el ensayo.....</i>	55
4.1.2 <i>Materiales utilizados en el ensayo</i>	57
4.2 Ejecución experimental y levantamiento de datos	60
4.2.1 <i>Procedimiento ensayo método tradicional.....</i>	61
4.2.2 <i>Procedimiento de ensayos método hiladas en paralelo</i>	64
4.2.3 <i>Control geométrico y aspectos cualitativos</i>	66
4.3 Análisis comparativo de datos.....	72
4.3.1 <i>Organización y sincronización del registro</i>	72
4.3.2 <i>Tabulación y cálculo cronológico de actividades</i>	75
4.3.3 <i>Análisis comparativo entre metodologías</i>	81
4.4 Interpretación de resultados	86
4.4.1 <i>Rendimiento de mano de obra y eficiencia productiva</i>	86
4.4.2 <i>Consumo de materiales y efectos logísticos</i>	88
4.4.3 <i>Impacto económico y programación de obra.....</i>	89
4.5 Evaluación REBA.....	91
4.5.1 <i>Evaluación REBA método tradicional</i>	92
4.5.2 <i>Evaluación REBA método paralelo.....</i>	94
4.5.3 <i>Comparación y análisis de resultados REBA.....</i>	95
Conclusiones	97
Referencias bibliográficas.....	101
Anexos	104

Lista de tablas

Tabla 1. Adaptado de NEC-SE-MP (2015), sección 3.2.1; y NTE INEN 0247 (morteros para mampostería).....	27
Tabla 2. Adaptado de Norma colombiana NSR-10, Título D, Tabla D.4.2-2.....	32
Tabla 3. Aspectos destacables para el proyecto (Elaboración propia)	34
Tabla 4. Adaptado de Seguro General de Riesgos del Trabajo del IESS (2018).	41
Tabla 5. Matriz de vinculación del marco teórico con la metodología del proyecto (Elaboración propia).....	47
Tabla 6. Aplicación del método REBA a los dos métodos de mampostería (Elaboración propia)	51
Tabla 7. Variables para medir en los ensayos comparativos (Elaboración propia).....	52
Tabla 8. Adaptada de NTE INEN 3066 Bloques de Hormigón. (Resistencia a la compresión simple).....	58
Tabla 9. Adaptado de ficha técnica - Pegablock Tipo N. Intaco (Rendimiento mampostería Ecuador)	59
Tabla 10. Tabulación y cálculo de duración, método tradicional jornada 01 (Elaboración propia)	76
Tabla 11. Tabulación y cálculo de duración, método hiladas en paralelo jornada 01 (Elaboración propia)	76
Tabla 12. Duraciones por colocación de bloque, método tradicional (Elaboración propia)	77
Tabla 13 Duraciones por colocación de bloque, método hiladas en paralelo (Elaboración propia)	78
Tabla 14 Duraciones por ajustes y pausas, método tradicional (Elaboración propia).....	79
Tabla 15 Duraciones por ajustes y pausas, método tradicional (Elaboración propia).....	80
Tabla 16. Duraciones totales por actividad y metodología (Elaboración propia)	81
Tabla 17. Diferencias de porcentajes por actividad entre metodologías (Elaboración propia)...	85
Tabla 18. Rendimientos, productividad y avance diario, con el ahorro del 20,56% (Elaboración propia)	86
Tabla 19. Tabla final de cálculo método REBA aplicado al método tradicional (Elaboración propia)	93
Tabla 20. Tabla de cálculo método REBA aplicado al método de hiladas en paralelo (Elaboración propia)	94
Tabla 21. Niveles de riesgo y acción, método de hiladas en paralelo (Adaptado de NTP 601,2003)	95
Tabla 22.Relación entre metodología, variables y resultados obtenidos (Elaboración propia)	100

Lista de figuras

Figura 1. Mampostería Simple (Elaboración propia).....	16
Figura 2. Mampostería Reforzada (Elaboración propia).....	16
Figura 3. Mampostería Confinada (Elaboración propia).....	17
Figura 4. Bloques de hormigón (Elaboración propia).....	19
Figura 5. Ladrillos de arcilla (Elaboración propia)	19
Figura 6. Plomada de albañilería (Elaboración propia).....	20
Figura 7. Nivel de burbuja (Elaboración propia)	20
Figura 8. Escaniplo, adaptado de normativa peruana E.070 (Elaboración propia)	31
Figura 9. Tolerancias definidas para juntas de mortero (Elaboración propia)	33
Figura 10. Grupos de evaluación REBA, en base al manual NTP 601 del INSHT 2001. (elaboración propia).....	40
Figura 11. Tolerancias de ejecución del ensayo, tomado de normativa consultada. (elaboración propia).....	47
Figura 12. Herramientas empleadas en la realización de los ensayos (fotografías propias)	53
Figura 13. Torres del proyecto Nadur, sitio del caso estudio, Guayaquil, Ecuador. (Fotografía propia).....	54
Figura 14. Área designada para el ensayo, subsuelo 01 NADUR (Imagen propia).....	55
Figura 15. Espacio de trabajo con áreas definida por metodología (Fotografía propia)	57
Figura 16. Lote de bloques utilizados en los ensayos (Fotografía propia).....	58
Figura 17. Sacos de Pegablock Tipo N – 40 kg marca Intaco, utilizados en los ensayos (Imagen propia).....	59
Figura 18. Cámara lateral capturando el proceso de mampostería desde el costado. (Imagen propia).....	61
Figura 19. Inicio del ensayo - método tradicional de mampostería. (Imagen propia).....	63
Figura 20. Primera jornada- método tradicional: 1 hora, 03 minutos y 33 segundos. (Imagen propia).....	63
Figura 21. Segunda jornada- método tradicional: 44 minutos y 43 segundos. (Imagen propia). 63	
Figura.22. Inicio del ensayo - método de hiladas en paralelo de mampostería. (Imagen propia)65	
Figura 23. Primera jornada- método hiladas en paralelo: 53 minutos y 29 segundos. (Imagen propia).....	65
Figura 24. Segunda jornada- método hiladas en paralelo: 32 minutos y 42 segundos. (Imagen propia).....	65
Figura 25. Control geométrico, primera jornada- método tradicional (Imagen propia).....	66
Figura 26. Nivel horizontal, segunda jornada- método tradicional (Imagen propia).....	67

Figura 27. Nivel vertical, segunda jornada- método tradicional (Imagen propia)	68
Figura 28. Control geométrico, primera jornada- método hiladas paralelo (Imagen propia).....	69
Figura 29. Nivel horizontal, segunda jornada- método hiladas en paralelo (Imagen propia)	70
Figura 30. Nivel vertical, segunda jornada- método hiladas en paralelo (Imagen propia).....	70
Figura 31. Sincronización en línea de tiempo en adobe premiere- método tradicional (Imagen propia)	73
Figura 32. Línea de tiempo y aguja de control, método de hiladas en paralelo (Imagen propia)	74
Figura 33. Reajuste de bloque, método tradicional: 14 minutos y 24 segundos. (Imagen propia)	80
Figura 34. Gráfico comparativo de duración por actividad entre metodologías. (Imagen propia)	82
Figura 35. Gráfico porcentual por actividades del método tradicional. (Imagen propia)	84
Figura 36. Gráfico porcentual por actividades del método de hiladas en paralelo. (Imagen propia)	84
Figura 37. Ciclo del mejoramiento de productividad, (Adaptado de Botero, Álvarez, 2004)	85
Figura 38. Muros realizados dentro del ensayo con ambas metodologías (imagen propia).....	87
Figura 39. Mezcla de sacos de pegablock tipo N de 40 kg, utilizados en los ensayos (Imagen propia)	88
Figura 40. Ilustraciones representativas de las metodologías de mampostería analizadas (Imagen propia)	90
Figura 41. Flexión y extensión de tronco en ambas metodologías de mampostería. (Imagen propia)	91
Figura 42. Actividades de mezcla de mortero y ajustes de hiladas en método tradicional. (Imagen propia)	93
Figura 43. Ilustración del maniquí ergonómico con EPP necesario para mampostería. (Imagen propia)	96

Introducción

La mampostería es uno de los sistemas constructivos más antiguos y, por ende, más utilizados en la historia de la construcción, el cual está presente en el diseño de estructuras de civilizaciones como la griega, egipcia o romana. Pasando a las civilizaciones prehispánicas y andinas hasta las edificaciones coloniales latinoamericanas que perduran hasta el día de hoy, este sistema se ha instaurado por su fácil implementación, aprendizaje y accesibilidad.

En Ecuador su uso ha trascendido de generación en generación, incluyendo diferentes materiales ancestrales como el adobe y el tapial, para después ser sustituidos por el ladrillo artesanal y, eventualmente el bloque de hormigón, tan común hoy en día. Su ejecución tradicional se ha mantenido como una práctica empírica, transmitida entre maestros y albañiles convirtiéndose en una expresión e identidad constructiva nacional y regional, debido a esto, en la actualidad continúa siendo el principal sistema de edificación en el país.

Sin embargo, la práctica no ha evolucionado con el resto de los procesos de la construcción y los errores relacionados con la falta de planificación o estandarización técnica perduran a la par, generando problemas recurrentes de productividad, seguridad ocupacional y calidad de los trabajos, producto de la falta de control en el proceso y la dependencia en el conocimiento y experticia empírica de cada maestro.

El presente proyecto propone la elaboración de una guía técnica para la implementación del tendido de hiladas en paralelo como método racionalizado para la construcción de muros de mampostería.

El proyecto se compone de cinco etapas; investigación teórica, formulación metodológica, ejecución de ensayos comparativos, análisis de resultados y la elaboración de una guía ilustrada. Esta propuesta innovadora no pretende sustituir el proceso constructivo de la mampostería sino contribuir a la modernización técnica del rubro, profesionalizando sus prácticas y fortaleciendo la seguridad, calidad y eficiencia constructiva en el contexto local.

Capítulo I Planteamiento del problema

1.1 Antecedentes

La mampostería consiste en el sistema tradicional de edificación de muros y estructuras de diversa índole o función mediante la colocación manual de unidades apiladas de construcción como piedras, ladrillos y bloques de hormigón, de uso masivo en el país. Actualmente este sistema continúa siendo el sistema más utilizado en el país, con una presencia estimada de 95.9 % de las viviendas construidas (Zúñiga y Campos, 2023). Sin embargo, el mismo estudio indica una realidad crítica, el 81% de los trabajadores del sector nunca han cursado una formación técnica en diseño de mamposterías, evidenciando la magnitud del desconocimiento generalizado con respecto a normas y criterios de ejecución. Esta brecha formativa se ha venido gestando en el contexto propio de la informalidad y variabilidad en los procesos constructivos, donde la práctica empírica se ha normalizado en el ambiente constructivo popular.

El trabajo de Arreaga y Chacón (2023) destaca que la mayoría de obras de mampostería en el país se realizan sin una planificación previa o racionalizada, generando desperdicio de materiales, pérdidas de tiempo y, por ende, un rendimiento deficiente. De igual manera Cruz, Quizhpe y Mendoza (2023) descubrieron que, en todos los rubros relacionados con la mampostería, los rendimientos de mano de obra fueron inferiores a los estipulados por la Cámara de la Construcción, debido principalmente a la falta de organización y supervisión. Estos resultados presentan una oportunidad de mejora mediante la aplicación de metodologías basadas en principios de eficiencia y control de obra. Estas condiciones se agravan con la prevalencia de riesgos ergonómicos asociados y documentados por estudios como los de Cuenca (2020) y Peralta (2021), mismos que indican que las posturas forzadas y repetitivas, las jornadas extensas y las manipulaciones

constantes de materiales generan un alto riesgo de lesiones musculoesqueléticas y fatiga laboral.

En cuanto a la normativa vigente, aunque la norma NEC-SE-VIVIENDA (2015) establece directrices para edificaciones de hasta dos pisos en mampostería confinada, no se encuentran lineamientos específicos sobre procedimientos constructivos o la organización racional del proceso de mampostería en obra. Esta ausencia favorece la persistencia de métodos tradicionales basados en la experiencia empírica de cada maestro, que, a su vez, varía en procedimientos y nomenclaturas según el origen o región de origen del obrero, por lo que la falta de estandarización se hace más evidente.

La implementación de metodologías racionalizadas y herramientas de planificación consideradas por la filosofía Lean Construction, aportan una opción viable para mejorar la ejecución y desempeño de todos los procesos constructivos, entre ellos la mampostería, mediante la eliminación de desperdicios, la correcta organización y la profesionalización de tareas (Pillo, 2021). En este contexto el método propuesto busca generar un aporte a la estandarización de buenas prácticas constructivas, mejorando la productividad y seguridad en el sector de la construcción local.

1.2 Formulación del problema

A partir de las observaciones de campo, tanto en obras durante prácticas pre profesionales como en construcciones del entorno de la ciudad de Quito, consultas a profesionales del sector y la revisión bibliográfica; la mampostería continúa ejecutándose de manera artesanal y sin una metodología técnica definida, generando un entorno que impide garantizar la productividad y seguridad laboral. De esta problemática surge la pregunta:

¿Cómo puede la aplicación del método de tendido de hiladas en paralelo contribuir a mejorar la productividad y las condiciones ergonómicas de los trabajadores de construcción de muros de mampostería en la ciudad de Quito?

1.3 Objetivos

Objetivo general

Desarrollar una guía técnica para la implementación del tendido de hiladas en paralelo como método racionalizado en la construcción de muros de mampostería en Quito, con el propósito de optimizar los tiempos de ejecución, mejorar la ergonomía laboral y estandarizar los procesos constructivos.

Objetivos específicos

- Comparar los métodos tradicional y racionalizado de colocación de mampostería en términos de productividad, calidad y seguridad
- Evaluar los efectos del tendido de hiladas paralelas mediante registros de tiempo y el análisis ergonómico de posiciones en ambos casos con la metodología REBA, método desarrollado en Inglaterra que evalúa las posturas corporales y el tipo de movimiento o acción para determinar el nivel de riesgo de una labor determinada.
- Elaborar y validar un procedimiento técnico de aplicación práctica para obras de vivienda de hasta dos pisos de acuerdo a la norma NEC-SE-VIVIENDA (2015).
- Generar una guía ilustrada con recomendaciones, pasos de ejecución y parámetros de control de calidad y seguridad.

- Contribuir a profesionalizar los procesos de mampostería, fortaleciendo la seguridad ocupacional, la calidad constructiva y la sostenibilidad económica de los proyectos.
- Promover la socialización y transferencia del conocimiento técnico mediante una guía práctica, accesible y de fácil comprensión para maestros y técnicos de obra.

1.4 Justificación

La práctica tradicional de la mampostería en el país, se ha mantenido vigente hasta la fecha debido a factores como su simplicidad y adaptabilidad, pero al mismo tiempo, presenta varias deficiencias en cuanto a planificación, control de calidad y ergonomía. En respuesta a esta situación, el proyecto busca innovar y racionalizar el proceso de mampostería mediante la elaboración de la guía técnica de tendido de hiladas en paralelo.

Su desarrollo pretende contribuir a la profesionalización de la mano de obra, integrando metodologías que faciliten la organización y supervisión del trabajo, la reducción de tiempos improductivos y reducir el desperdicio de materiales y, desde el enfoque de seguridad, mejorar las condiciones ergonómicas del personal de obra.

Finalmente, desde el punto de vista normativo y académico, la propuesta busca alinearse a la normativa vigente NEC-SE-VIVIENDA, así como la NEC-SE-MP de mampostería estructural, complementando sus lineamientos con una metodología probable y medible, generando una herramienta técnica que sirva de referencia para la capacitación de trabajadores y técnicos en el área de la construcción, fomentando una cultura de educación y mejora técnica. Así mismo, la incorporación de los principios de Lean Construcción contribuye a la optimización de flujos de trabajo y la coherencia con directivas contemporáneas de gestión de la construcción (Ballard y Howell,2003).

Capítulo II Marco teórico

2.1 Fundamentos conceptuales

2.1.1 Tipos y sistemas de mampostería

La normativa ecuatoriana define al proceso de mampostería como el conjunto trabado de piezas asentadas con mortero (NEC-SE-MP, 2015). Se trata de la superposición y unión de unidades como piedras, ladrillos o bloques de hormigón mediante un agente aglutinante, comúnmente mortero, formando muros que pueden cumplir funciones estructurales o de cerramiento. Este sistema versátil y adaptable, ha evolucionado según las necesidades como los recursos locales y los criterios normativos de cada región (Arreaga y Chacón, 2023).

En el contexto local, la NEC-SE-MP (2015) clasifica la mampostería en tres grandes categorías; mampostería simple, confinada y reforzada.

- La mampostería simple se compone de muros de unidades juntas con mortero, sin elementos adicionales de confinamiento ni acero de refuerzo. Se utiliza principalmente en cerramientos o divisiones no estructurales, donde las cargas verticales son reducidas.
- La mampostería confinada incorpora elementos de hormigón armado como columnetas y vigas de confinamiento que rodean los paños del muro, limitando su deformación y brindando ductilidad frente a eventos sísmicos. Este tipo es el más común en edificaciones de vivienda de hasta dos pisos, de acuerdo a la NEC-SE-VIVIENDA (2015).
- La mampostería reforzada incluye barras de acero en los huecos de los bloques o en medio de las juntas, para después ser rellenados con mortero o lechada de alta fluidez, permitiendo resistir esfuerzos de tracción y

flexión. Este sistema es más empleado en edificaciones con mayores exigencias estructurales o en zonas de elevada amenaza sísmica (NEC-SE-MP, 2015).

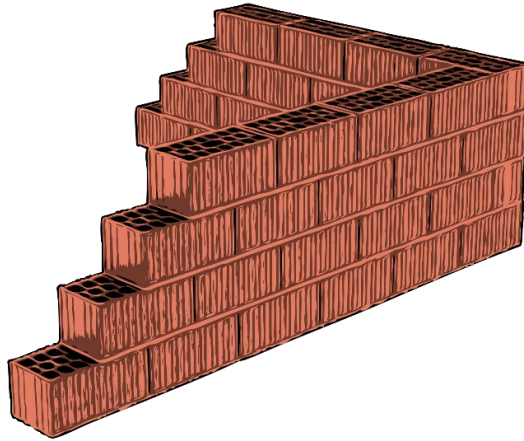


Figura 1. Mampostería Simple (Elaboración propia)

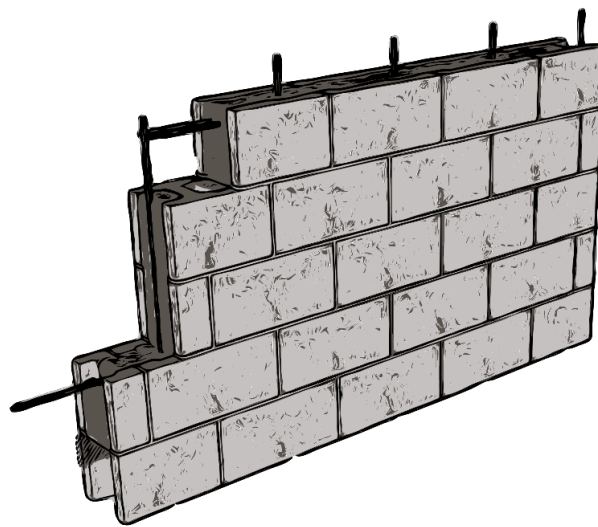


Figura 2. Mampostería Reforzada (Elaboración propia)

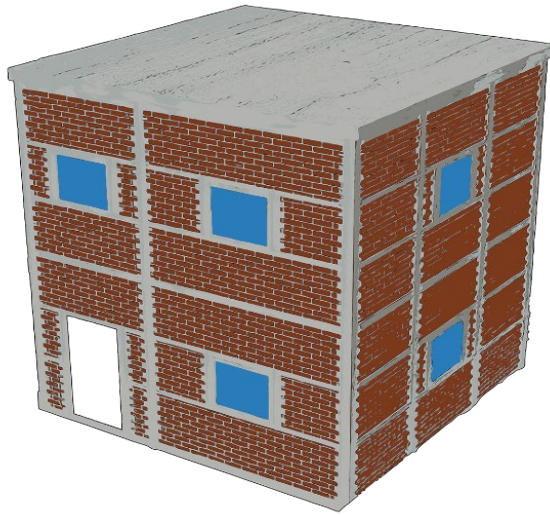


Figura 3. Mampostería Confinada (Elaboración propia)

La selección del tipo de mampostería depende del uso, las cargas de diseño, la disponibilidad de materiales y la calidad de la mano de obra. En la práctica constructiva en Ecuador predomina el uso empírico del sistema confinado, con adaptaciones informales según la experiencia del maestro de obra y las condiciones del terreno (Zúñiga y Campos, 2023). Esto sumado a la falta de control técnico y capacitación repercute en la calidad y seguridad de las edificaciones.

Los sistemas de mampostería pueden clasificarse según su función dentro del conjunto estructural:

- La mampostería portante, que soporta cargas verticales y laterales del edificio.
- La mampostería no portante o de cerramiento, destinada únicamente al cerramiento de espacios sin participar del sistema resistente.
- Y los sistemas mixtos o compuestos, donde la mampostería interactúa con elementos de hormigón armado o acero.

El tipo de sistema influye directamente en la secuencia de ejecución, el rendimiento de la cuadrilla y el control de calidad, variables importantes para el análisis del presente estudio. Arreaga y Chacón (2023) señalan que la planificación del proceso

constructivo, más allá del tipo de sistema, determina el desempeño final en términos de precisión, tiempo y seguridad del trabajador.

2.1.2 Materiales utilizados en la mampostería

Un factor importante en la calidad de una obra de mampostería depende de las propiedades y compatibilidad de sus materiales. Los principales componentes son las unidades modulares, ya sean estas bloques o ladrillos, el mortero de pega, y en casos estructurales, el refuerzo de acero y la lechada. En el país el bloque de hormigón es el material más común en construcciones de vivienda, este es regulado por la norma INEN 638 que establece los requisitos de resistencia mínima, dimensiones, tolerancias, absorción y aspectos superficiales. Estos bloques presentan cavidades longitudinales que reducen su peso y permiten alojar refuerzos, siendo fabricados industrial o artesanalmente. Los bloques deben elaborarse con cemento Portland, áridos finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias y otros materiales inertes adecuados (INEN 638).

El ladrillo cerámico, aunque de uso más tradicional, sigue presente en edificaciones de una o dos plantas, especialmente en zonas rurales o en construcciones de interés social. Sus ventajas radican en la buena resistencia a la compresión, durabilidad y aislamiento térmico, sin embargo, presenta variabilidad dimensional y absorción elevada cuando se produce artesanalmente (Pillo, 2021). Por ello, su empleo requiere control de calidad y adecuada dosificación del mortero.

El mortero de pega es el componente que asegura la adherencia y transmisión de cargas entre las unidades. Su composición básica es; cemento, arena, agua y eventualmente cal o aditivos que aportan trabajabilidad y resistencia de la junta. La NEC-SE-MP (2015) establece la necesidad de controlar la dosificación y la consistencia. La correcta preparación, aplicación y curado del mortero influye directamente en la

durabilidad del muro y en la prevención de fisuras por retracción o deficiencia de adherencia (Arreaga y Chacón, 2023).

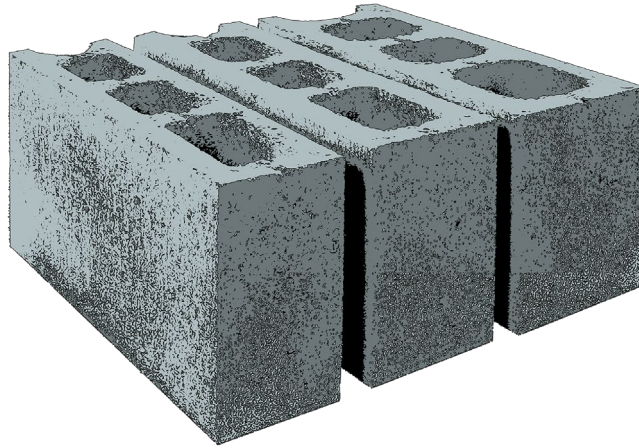


Figura 4. Bloques de hormigón (Elaboración propia)

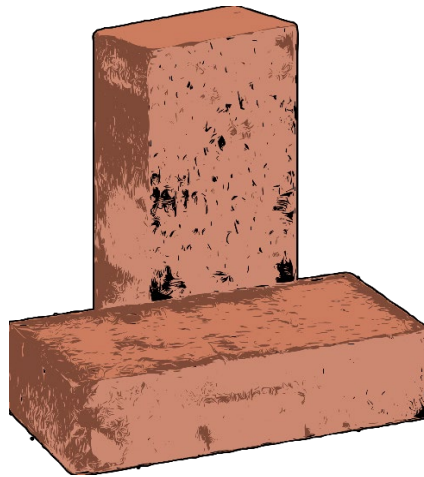


Figura 5. Ladrillos de arcilla (Elaboración propia)

Cuando la mampostería se refuerza con acero, las cavidades se llenan con lechada estructural de consistencia fluida, que garantiza la adherencia al refuerzo del muro. Estos procedimientos requieren control técnico durante el vaciado para evitar segregación o vacíos. Además, materiales auxiliares como hilos de nylon, reglas, niveles y plomadas son herramientas que determinan la precisión geométrica del proceso. Una mala

disposición o uso de estos elementos puede generar errores de alineación y retrabajos, disminuyendo la productividad general del equipo de trabajo (Cruz, Quizhpe y Mendoza, 2023).



Figura 6. Plomada de albañilería (Elaboración propia)

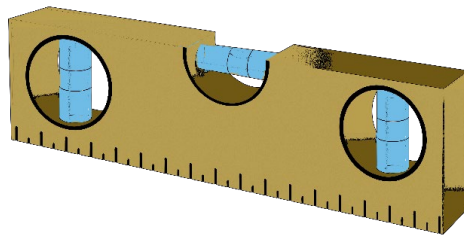


Figura 7. Nivel de burbuja (Elaboración propia)

2.1.3 Elementos y consideraciones constructivas

Entre los elementos principales se destacan; la cimentación, la solera, los paños de muro, las juntas horizontales y verticales, las columnas y vigas de confinamiento, los dinteles y las juntas de dilatación.

- La cimentación debe garantizar estabilidad y nivelación adecuada para evitar asentamientos diferenciales.

- Las juntas de mortero deben presentar un espesor uniforme de entre 10 y 15 mm con llenado completo para asegurar la transmisión de esfuerzos.
- El alineamiento y nivelado se controlan mediante hilos de referencia o “cambijos”, que permiten verificar la rectitud de las hiladas. Sin embargo, en la práctica estas referencias suelen ajustarse de manera empírica sin instrumentos de precisión lo que ocasiona desviaciones geométricas y retrabajos (Arreaga y Chacón, 2023).

El orden y secuencia de ejecución también son determinantes, los métodos tradicionales de avance hilada por hilada requieren constantes desplazamientos y reajustes, generando tiempos muertos y fatiga. La disposición de los materiales dentro del área de trabajo influye en el esfuerzo físico del operario. Estudios de la Universidad Técnica Particular de Loja (Cuenca, 2023) aplicando el método REBA identifican que la manipulación manual de cargas, los giros de tronco y las posturas prolongadas de flexión son los factores más críticos en la construcción de mampostería. Estas condiciones incrementan el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y disminuyen la productividad, reforzando la necesidad de racionalizar las tareas y mejorar la organización del frente de trabajo.

2.2 Estudios relacionados

El estudio de la mampostería en el Ecuador ha cobrado un interés en los últimos años, sobre todo en estudios de mampostería confinada, especialmente por su relevancia estructural y su relación directa con la productividad y la seguridad laboral. Diversas investigaciones han evidenciado que el sistema de mampostería, aunque ampliamente difundido, se desarrolla en un marco de informalidad técnica, carencia de planificación y baja eficiencia productiva. Se detallan los aportes más significativos de la literatura reciente organizados según los ejes que fundamentan el proyecto; productividad laboral,

rendimientos en mampostería, calidad de los procesos, factores que limitan la eficiencia y la formación técnica del personal.

2.2.1 Productividad laboral

Podemos entender la productividad en la construcción como la relación entre la cantidad de obra ejecutada y los recursos empleados en un período determinado, principalmente mano de obra, materiales y tiempo. En el caso de la mampostería, este indicador refleja el desempeño de las cuadrillas y su capacidad para mantener ritmos de trabajo estables y seguros (Cruz, Quizhpe y Mendoza, 2023).

Arreaga y Chacón (2023) identificaron que la planificación deficiente y la falta de organización del frente de trabajo son los principales factores que afectan la productividad en los procesos de colocación de bloques. En su estudio experimental de mejora de procesos de mampostería de bloques de hormigón, determinaron que la introducción de una secuencia racionalizada y la redistribución de materiales puede incrementar el rendimiento entre 15 % y 25 %, además de reducir los desplazamientos innecesarios del personal y los tiempos muertos por espera de materiales.

Pillo (2021) corroboró estos resultados al aplicar principios de Lean Construcción en proyectos inmobiliarios en Quito, donde la estandarización de tareas permitió reducir en un 20 % los desperdicios de materiales y mejorar la productividad global del personal de obra. Ambos estudios destacan la importancia de los procedimientos planificados, el control del flujo de trabajo y la eliminación de tareas sin valor agregado.

De igual manera, Crespo (2015) establece que la productividad en la construcción no depende únicamente de la habilidad individual del obrero, sino de la existencia de sistemas coordinados de planificación, control y retroalimentación.

2.2.2 Rendimientos en mampostería

El rendimiento de mano de obra en todo proceso constructivo es un indicador clave para evaluar la eficiencia y la competitividad de un proyecto. De acuerdo con la Cámara de la Construcción de Cuenca (Cruz, Quizhpe y Mendoza, 2023), el rendimiento promedio estimado para muros de bloques de hormigón de 15 cm de espesor es de 0,75 m² / hora-hombre, sin embargo, los valores obtenidos en campo suelen ser inferiores. Según el análisis de Cruz, et al (2023) basado en los rendimientos en rubros de mampostería en viviendas de dos plantas, los valores promedio son de 0,62 m² / hora-hombre, es decir, un déficit del 20 % respecto al estándar referencial. Los investigadores atribuyeron esta diferencia a la falta de organización del trabajo, la improvisación en la disposición de materiales y la escasa capacitación técnica del personal.

En cuanto al análisis económico, Pillo (2021) evidenció que el aumento de rendimiento genera impactos directos sobre los costos indirectos y de mano de obra, reduciendo los gastos por unidad de superficie construida y mejorando la rentabilidad de la empresa constructora.

2.2.3 Calidad en los procesos

La calidad en el proceso de mampostería se define por la precisión geométrica, la homogeneidad de las juntas y la adherencia entre unidades. Sin embargo, los estudios nacionales revelan deficiencias en el control de ejecución y en el seguimiento de parámetros técnicos (Arreaga y Chacón, 2023).

Uno de los factores más recurrentes es la variación en el espesor de las juntas de mortero, que afecta el comportamiento estructural y la estética del muro. La NEC-SE-MP (2015) establece tolerancias dimensionales y de carga estrictas para garantizar la transmisión adecuada de cargas. Sin embargo, la práctica empírica, junto con la falta de instrumentos de nivelación y supervisión, conlleva errores que reducen la calidad final.

Además, la falta de procedimientos documentados de control de calidad y la carencia de registros de inspección en obra limitan la trazabilidad y dificultan la mejora continua. En este contexto, el desarrollo de una guía técnica estandarizada como la propuesta en este trabajo busca establecer pautas claras para la ejecución, control y evaluación de muros de mampostería, promoviendo uniformidad y reproducibilidad en los resultados.

2.2.4 Factores negativos a la productividad

Los principales factores que afectan la productividad en la mampostería se relacionan con tres dimensiones; organizacional, material y humana. En el plano organizacional, Arreaga y Chacón (2023) reportan deficiencias en la planificación diaria, ausencia de secuencias definidas de trabajo y falta de comunicación entre cuadrillas y supervisión. En el aspecto material, los retrasos por abastecimiento de bloques, mortero o herramientas inciden directamente en los tiempos de espera.

A nivel humano, Peralta (2021) resalta el impacto de las posturas forzadas, la fatiga física y la falta de capacitación en seguridad laboral como limitantes de la productividad. Estas condiciones incrementan la posibilidad de errores, retrabajos y ausentismo por lesiones musculo esqueléticas.

Pillo (2021) y Crespo (2015) coinciden en que la adopción de metodologías basadas en Lean Construcción permite identificar y eliminar desperdicios o actividades que no aporten valor directo al proceso, tales como movimientos innecesarios, esperas, sobreproducción o transporte excesivo, mejorando la eficiencia y reduciendo el impacto físico en los trabajadores.

2.2.5 Conocimiento empírico y falta de formación técnica

Uno de los problemas, si no el principal problema del sector de la construcción en Ecuador es la persistencia del conocimiento empírico como base del oficio, evidenciado por la literatura consultada. Según Zúñiga y Campos (2023), el 53% de los profesionales tienen una experiencia menor a 5 años y el 30% tiene una experiencia inferior a un año. Solo 2 de cada 10 profesionales en el país supera una experiencia mayor a 10 años. Esta brecha formativa repercute en la calidad y seguridad de las edificaciones, especialmente en un país de alta sismicidad como lo es el Ecuador.

La ausencia de capacitación técnica formal también se refleja en la improvisación de procedimientos y en la dependencia del “maestro de confianza”, fenómeno que refuerza la informalidad y limita la innovación. La creación de documentos técnicos accesibles, con lenguaje comprensible y respaldo normativo, se presenta como una estrategia eficaz para reducir esta brecha y fomentar la profesionalización del oficio.

2.3 Bases normativas

El éxito de una construcción en el Ecuador no solo depende de sus materiales, rendimientos o la capacidad individual de cada maestro, sino también del conjunto de todos los parámetros y requisitos mínimos necesarios para cumplir con el objetivo primordial de una edificación, salvaguardar la vida humana y los bienes materiales, teniendo en cuenta aspectos clave como el alto riesgo sísmico del país, así como optimizar el uso de recursos energéticos y riqueza natural, minimizando el impacto ambiental de los procesos constructivos. Surge por tanto la necesidad de implementar un reglamento obligatorio de estándares técnicos operativos para garantizar el control de calidad en todo el proceso de construcción, empezando por el diseño, replanteo, construcción, inspección hasta el continuo mantenimiento de las edificaciones. Brindando un marco legal regulador que unifique todos estos criterios con directrices claras y precisas.

En ese sentido, se hace imprescindible realizar un análisis exhaustivo de los capítulos de la norma ecuatoriana que traten el proceso de mampostería, con el fin de definir los parámetros más adecuados a tener en cuenta para esta investigación. Además, se incluye el análisis de la normativa internacional de la región, con el fin de compararla e identificar y sumar puntos de análisis y datos adicionales o ausentes en la normativa nacional, enriqueciendo de esta manera el marco teórico general de la presente investigación, aportando guías y datos específicos a sumar e implementar en la guía de tendido de hiladas en paralelo.

2.3.1 Normativa Nacional

La Normativa Ecuatoriana de la Construcción denominada (NEC) emitida por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) en colaboración con universidades como la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) así como entidades particulares y profesionales del sector, conforman el conjunto de regulaciones y requisitos técnicos de diseño, seguridad estructural y la ejecución correcta de edificaciones de acuerdo a su uso y materiales en el país. En el caso particular del proceso de mampostería, las secciones más relevantes son la NEC-SE-MP sobre mampostería estructural y la NEC-SE-VIVIENDA destinada a edificaciones de hasta dos pisos con luces de hasta cinco metros, ambas aplicables a viviendas de baja altura, por tanto, directamente pertinentes al alcance de esta investigación.

En su sección NEC-SE-MP se dictaminan los requisitos mínimos de diseño, construcción y control de sistemas de mampostería, ya sea simple, reforzada o parcialmente reforzada y mampostería confinada. En su sección 3.1 se definen las características y propiedades que deben cumplir los materiales a utilizarse en sistemas de

mampostería, su sección 3.1.3 clasifica a las unidades de mampostería en; piezas de arcilla (ladrillo), piezas silicio-calcáreas (bloques de arena y cal) y piezas de hormigón, su función, capacidad portante y geometría.

Su sección 3.2 trata sobre los morteros de pega y de rellenos, estableciendo la dosificación mínima de sus componentes y su clasificación de acuerdo a su tipo y resistencia a la compresión, factores importantes para asegurar la adherencia entre las piezas, así como la uniformidad de las juntas de mortero. Además de otros parámetros como su estabilidad física y química, definida por la NEC-SE-MP (2015) como la resistencia a agentes agresivos.

<i>Tipo de mortero</i>	<i>Resistencia mínima a compresión a 28 días (MPa)</i>	<i>Composición por volumen</i>			<i>Uso en el proyecto</i>
		Cemento	Cal	Arena	
M20	20.0	1	–	2.5	Referencia para ensayos de control; no recomendado para mampostería simple no estructural.
M15	15.0	1	0.5	3.0	Alternativa común en obras; puede usarse como mortero de pega si se requiere mayor resistencia.
M10 (con cal)	10.0	1	0.5	4.0	Adecuado para mampostería no estructural o rellenos; su uso sirve como comparativo técnico.
M10 (sin cal)	10.0	1	–	4.0	Mortero más usado en obra tradicional; será el mortero principal en los ensayos comparativos.

Tabla 1. Adaptado de NEC-SE-MP (2015), sección 3.2.1; y NTE INEN 0247 (morteros para mampostería).

La NEC se complementa con normativa adicional como la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN que trata requisitos de calidad de los materiales, como la norma NTE INEN 638 sobre bloques de hormigón o NTE INEN 0247 sobre requisitos de morteros para unidades de mampostería. Estas a su vez se complementan de normativas internacionales como la ASTM C207, norma de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales que trata directivas del mortero para mampostería. De igual manera, La NEC-SE-MP (2015) recalca en su sección 4.7 denominada “Otros requisitos constructivos” la referencia al capítulo D.4 del título D de la norma colombiana NSR-2010 con el fin de complementar sobre aspectos y tolerancias no explícitas en la norma ecuatoriana.

La NEC-SE-VIVIENDA establece los lineamientos técnicos para edificaciones de hasta dos pisos con luces de hasta cinco metros, cubriendo sistemas de mampostería confinada, hormigón armado o estructuras mixtas. En su sección 2. Alcance y requisitos generales, 2.1. Objetivos y alcances, recalca la importancia de los criterios fundamentales de seguridad y planeamiento estructural ante la amenaza sísmica y su impacto humano y económico. Así como la pertinencia general de estos requisitos para todo profesional relacionado con la construcción dentro del entorno constructivo ecuatoriano.

En la sección 7.8 Inspección y control de obras de mampostería confinada, más concretamente en el apartado 7.8.4 Inspección de obra, se resalta la importancia de asegurar la calidad de la mano de obra calificada, el control geométrico y la supervisión técnica, aspectos relevantes a este estudio como la importancia del espesor de las juntas de mortero, su uniformidad y alineación como parte del proceso constructivo. Se aclara, por ejemplo, que el espesor de las juntas de mortero sea el mínimo permitiendo uniformidad y alineación, mas no detalla valores específicos.

En este sentido, la metodología de tendido de hiladas en paralelo se alinea con las disposiciones normativas al promover una ejecución más controlada, con mejor precisión

en el nivelado y alineación de los muros, mejorando la precisión, el control y la repetibilidad del proceso. Por tanto, esta norma constituye la base principal para el alcance del proyecto, ya que delimita el ámbito de aplicación a viviendas de hasta dos pisos y garantiza la pertinencia técnica de la propuesta dentro del marco legal ecuatoriano.

Estudios como el de Quinde, Jiménez y Ortega (2023) recuerdan que la mampostería confinada es la tipología más utilizada en viviendas de dos pisos del país, con la particularidad de que no es necesaria la supervisión técnica en estos casos. Subrayando la necesidad de establecer requerimientos constructivos claros y consistentes.

Durante la investigación del presente estudio se reconoció también la ausencia de información específica en cuanto al rango mínimo y máximo de espesor de la junta horizontal de mortero en ambos capítulos de la NEC. Aspecto importante a considerar para la colocación de las hiladas de mampostería, corroborado por Quinde, Jiménez y Ortega (2023) que afirman que, junto a la resistencia a la compresión del mortero de junta, son fundamentales para la resistencia a la compresión de la mampostería. Del mismo modo, aclaran que espesores excesivos en las juntas de mortero causan una reducción en la resistencia a la compresión del sistema.

2.3.2 Normativa Internacional

Con el objetivo de ampliar y complementar las áreas poco desarrolladas en cuanto al control dimensional y parámetros específicos de ejecución pertinentes al proceso de mampostería, y en el mismo sentido que la NEC ecuatoriana se complementa de normativa internacional para sustentar y profundizar sobre los procesos bajo estándares compartidos por la industria de la construcción en general.

Para este trabajo fue necesaria la consideración de la normativa de ~~en~~ construcción vigente de países de la región como Perú, Chile y Colombia. Estos países vecinos no solo comparten raíces y prácticas constructivas históricas sino también características geológicas y riesgos sísmicos similares, así como la predominancia de sistemas

constructivos como la mampostería confinada como tipología estructural en Latinoamérica para edificaciones de baja altura (Quinde et al, 2023).

Al revisar estas normativas en términos de los procesos de mampostería, todas ellas comparten principios comunes en cuanto a seguridad sísmica, exigencias y dosificación de materiales y calidad constructiva. Sin embargo, se distinguen en algunos criterios de supervisión, control y detalle de los procesos.

En el Perú, la normativa en construcción es de las más extensas de la región, la Norma E.070 cubre la albañilería, en su capítulo 4, Procedimiento de construcción, artículo 10 de especificaciones generales, es explícita en detalle de procesos como características geométricas de las unidades, morteros y juntas, estableciendo un rango de espesor horizontal específico de 10 a 15 milímetros (10 - 15 mm), facilitando la adherencia y continuidad del mismo, advirtiendo del exceso del mismo como factor negativo en la resistencia a la compresión. Además, establece claramente una jornada recomendada en la que se avancen hiladas hasta 1 metro y entre 20 y 30 centímetros (1,20 - 1,30 metros) de altura, para evitar deformaciones y asentamientos diferenciales por mortero fresco, en sus apartados 10.2 y 10.6 respectivamente. Estos puntos no solo contribuyen a mantener la calidad y eficiencia estructural del sistema, sino que mejoran el entorno de trabajo, evitando jornadas prolongadas en posturas incómodas.

La norma peruana hace mención del uso de dos dispositivos de control opcional a manera de recomendación, el “escantillón” que viene a ser una madera recta y plana donde se marcan previamente las medidas de ladrillo o bloque, más la junta de mortero, facilitando la realización de las hiladas a manera de regla. Por otro lado, se menciona el “Escaniplo” invento de ingeniería peruana descrita como herramienta de calibración compuesta de dos parantes metálicos, con un contrapeso en cada una, nivel y plomada incorporados, con guías a manera de dientes metálicos para marcar la altura de cada

ladrillo o “ladrillos maestros, mejorando el proceso constructivo. Ambos instrumentos comparten el sentido en intención principal del presente proyecto por lo que su mención y posible adaptación de concepto es de especial valor para la elaboración de un instrumento opcional del método de hiladas en paralelo.

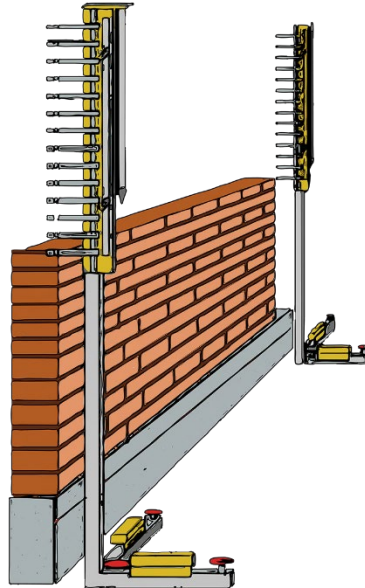


Figura 8. Escaniplo, adaptado de normativa peruana E.070 (Elaboración propia)

La norma chilena oficial NCh 2123, Of 2003 trata sobre los requisitos de diseño y cálculo de la albañilería confinada, mantiene una estructura similar, incorporando recomendaciones prácticas denominadas “Disposiciones de construcción” capítulo 8, entre las cuales se consideran directivas para la ubicación de tuberías y ductos, el aparejo y la protección y curado de los muros. Además, en su capítulo 9 destaca criterios de inspección y control de obra como ensayos de campo para el mortero, las piezas de albañilería y, al igual que la norma peruana, el control del espesor de juntas, recalando que este sea el mínimo que permita uniformidad de la capa de mortero y alineación de las piezas de mampostería, alineándose y complementando estos principios descritos en la NEC-SE-VIVIENDA.

Por su parte, Colombia rige su diseño y construcción de sistemas de mampostería en su normativa NSR-10, Título D sobre mampostería estructural. Muy similar en

contenido, estructura y diseño a la NEC, al igual que la norma ecuatoriana, esta sustentadas en normas técnicas colombianas denominadas NTC, que al igual que las normas INEN, especifican características y propiedades de materiales, dimensiones geométricas de las unidades de mampostería. Al igual que las anteriores normas consultadas, en su apartado D.45.10.1 Morteros de junta, define aspectos como el espesor máximo de juntas de pega, incluyendo en este caso, la tabla D.4.2-2 de tolerancias constructivas para muros de mampostería donde se agregan, en el caso de la junta de mortero de 10 milímetros, una tolerancia de más/menos 4 milímetros (-4mm + 4mm), así como otros datos útiles que contribuyen al control de la calidad del proceso y son altamente relacionables y aplicables al control de calidad del método de hiladas paralelas.

<i>Elemento evaluado</i>	<i>Tolerancias (NSR-10D.4.2-2)</i>	<i>Utilidad para el proyecto</i>
Dimensiones (sección/elevación)	-6 mm a +12,5 mm	Control geométrico de variaciones en altura o longitud del paño entre métodos.
Junta de mortero (10 mm)	-4 mm a +4 mm (+5 mm como máximo; E0.70 y NCh2123)	Parámetro clave para comparar método tradicional vs. hiladas en paralelo.
Celdas o cavidades	-6 mm a +9 mm	Revisión de unidades de bloque previo al ensayo, uniformidad inicial para ambos métodos.
Superficie de apoyo (Cara superior de muro)	±2 mm/m (1/500) – máx. ±12 mm	Permite evaluar asentamiento entre hiladas y la regularidad del crecimiento vertical
Plomo del muro	±2 mm/m – máx. ±12 mm (1/500)	Variable principal en la comparación experimental entre métodos por reorganización de posturas y guías
Alineamiento longitudinal	±2 mm/m – máx. ±12 mm (1/500)	Se evalúa mediante hilo guía y nivel para comparar rectitud y control de trayectoria.

Tabla 2. Adaptado de Norma colombiana NSR-10, Título D, Tabla D.4.2-2.

La comparación entre las normativas destaca que, si bien la NEC establece los criterios y requisitos fundamentales para el diseño y ejecución de la mampostería como tal, la norma de los países vecinos enriquece aspectos como;

- Parámetros cuantitativos de juntas
- Detalle operativo del proceso constructivo
- Tolerancias geométricas definidas
- Procedimientos de inspección y control dimensionado
- Herramientas tradicionales de control adicionales que mejoran la precisión y control de proceso como el escantillón o el escaniplo.

Estos elementos contribuyen de manera directa a la elaboración y fundamentación técnica de esta propuesta, de manera que no solo este alineada dentro del marco local, sino que aproveche de los estándares y buenas prácticas constructivas de la región, fortaleciendo y unificando los ejes de productividad, ergonomía y estandarización en el proceso de mampostería.

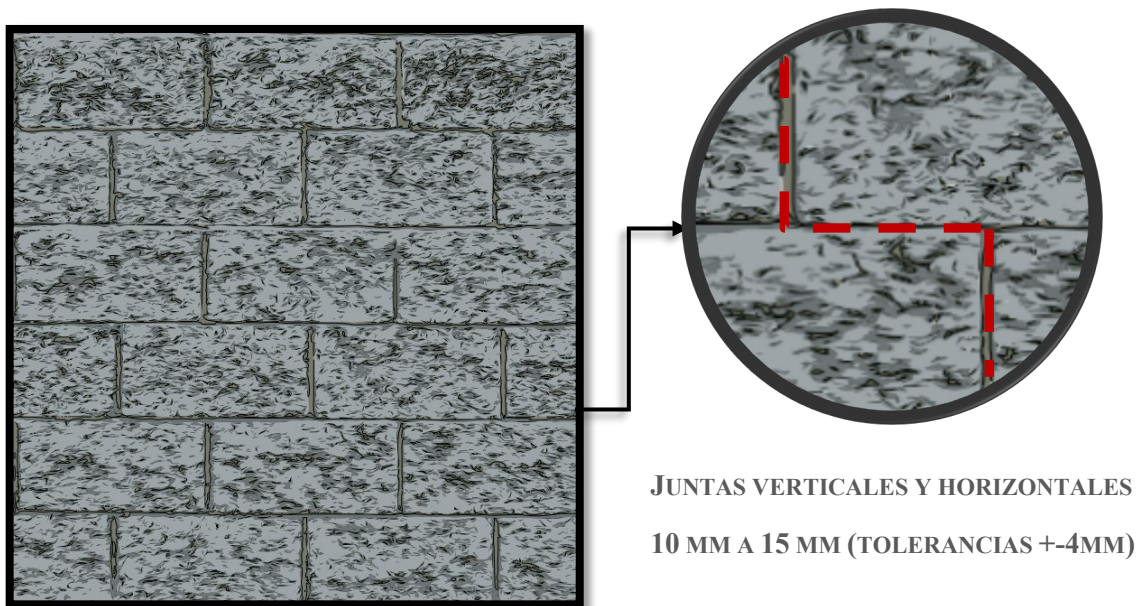


Figura 9. Tolerancias definidas para juntas de mortero (Elaboración propia)

<i>Norma</i>	<i>Espesor de junta de mortero</i>	<i>Tolerancias constructivas</i>	<i>Altura máxima de jornada</i>	<i>Aspectos destacables para el proyecto</i>
<i>NEC-SE-MP (Ecuador)</i>	No especifica rango exacto (solo uniformidad y continuidad)	No presenta tabla de tolerancias dimensionales para obra	No especifica	Se basa en referencias INEN y ASTM para materiales
<i>NEC-SE-Vivienda (Ecuador)</i>	No especifica rango	Control geométrico mediante inspección visual	No especifica	Aporta lineamientos de inspección, control de obra y supervisión técnica
<i>Norma E.070 Perú (Albañilería)</i>	10–15 mm definidos	No presenta tabla específica	1,20–1,30 m	Norma más detallada en procesos constructivos; incorpora conceptos útiles como escantillón y escañiplo
<i>NSR-10 (Colombia), Título D</i>	10 mm ± 4 mm	Tabla D.4.2-2 con tolerancias específicas	No especifica	Incluye controles dimensionales, referencia explícita utilizada por NEC
<i>NCh 2123 (Chile)</i>	Mínima capa necesaria para alineación y uniformidad	Controles por inspección de obra	No especifica	Refuerza criterios de uniformidad, calidad del mortero y orden del proceso

Tabla 3. Aspectos destacables para el proyecto (Elaboración propia)

2.4 Seguridad ocupacional

La situación social, económica y política en el Ecuador ha dictaminado la evolución de la seguridad ocupacional. En la década de los treinta se crea el Código del Trabajo, este iría modificándose con el tiempo para ir definiendo el marco legal de la seguridad laboral en el país, más tarde se establecerían instituciones públicas como el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) y el Ministerio del Trabajo, entidades que regulan el cumplimiento de las leyes y que también brindan servicios de salud y gestión en casos de accidentes o enfermedades laborales.

La implementación del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores (Decreto Ejecutivo 2393), abordó temas como la evaluación de riesgos, medidas de

prevención y la creación de comités de seguridad con participación activa de los trabajadores. Esta nueva norma facilitó la participación de los trabajadores, dando atribuciones a los Comités de Seguridad y se fijaban criterios para situaciones de riesgo no existentes hasta el momento. (Harari et al, 2020)

En este marco legal se han dispuesto varias obligaciones por parte de los empleadores como la evaluación de riesgos presentes en el ambiente laboral, medidas preventivas para disminuir los riesgos, así como la dotación de equipos de protección personal (EPP) e instalación de señalética adecuada. Llevar a cabo chequeos médicos periódicos, la capacitación constante sobre temas de seguridad a los trabajadores y la creación de los comités de seguridad, integrados por miembros de empleadores y trabajadores que evaluaran y mejoraran las condiciones laborales. De igual manera, se busca garantizar una serie de derechos para los trabajadores como poder trabajar en un ambiente seguro, el derecho a la información, capacitación y participación de los ámbitos de seguridad y salud ocupacional.

2.4.1 Riesgos laborales en la construcción

La industria de la construcción es una de la más versátiles e importantes en la economía del Ecuador, brindando empleo e infraestructura fundamental para el funcionamiento de los servicios básicos como vivienda, salud o educación, de manera que resulta esencial para el progreso del país. Sin embargo, es una de las industrias con más índices de accidentes y riesgos laborales para los trabajadores, quienes están expuestos a factores como caídas, agentes químicos, posturas incómodas, manipulación de cargas pesadas y vibraciones (Kibria, 2023).

Los riesgos laborales en el ámbito de la construcción pueden clasificarse de acuerdo a la exposición y actividad de los trabajadores, en las siguientes categorías;

físicos, químicos, mecánicos, eléctricos, y ergonómicos. De acuerdo a Peralta (2021) el riesgo se entiende como una medida de la magnitud del posible daño frente a un peligro, teniendo en cuenta el nivel de vulnerabilidad ante el mismo. Recalcando, además, la importancia de establecer la diferencia entre la probabilidad de que el peligro ocurra, la vulnerabilidad ante este y el riesgo en sí.

Para efectos de esta investigación, en las actividades de mampostería los riesgos ergonómicos y mecánicos son los más comunes debido a los movimientos repetitivos consecuentes de la manipulación constante de bloques o ladrillos, levantamiento de peso, trabajo en posiciones inclinadas y la exposición a vibraciones o superficies irregulares. Según Briones y Gárate (2024). Los obreros que realizan la colocación de mampostería se encuentran expuestos a grandes cantidades de polvo por cortes de material, así como la falta de organización del espacio de trabajo y poca higiene.

2.4.2 Ergonomía y lesiones músculo esqueléticas (LME)

El concepto de ergonomía puede entenderse como el conjunto de aspectos que comprenden las interacciones de las personas en un sistema determinado como una actividad de trabajo, el entorno o ambiente y las limitaciones físicas y mentales del individuo. Peralta (2012) recalca que su objetivo es garantizar la armonía entre las actividades del trabajador y el entorno donde las desempeña. En este sentido, el mismo estudio clasifica la ergonomía en:

- Ergonomía física, comprende las características del cuerpo humano, su anatomía, posturas de trabajo, manipulación de cargas y materiales, así como posibles lesiones relacionadas con la actividad laboral específica.

- Ergonomía cognitiva conlleva los procesos mentales de la persona, tales como la memoria, el razonamiento y la percepción, aspectos a tomar en cuenta en términos de estrés laboral.
- Ergonomía organizacional, que comprende la optimización de estructuras y proceso técnicos relacionados con la gestión, diseño y jornada de trabajo, aspectos organizacionales que influyen en la calidad y productividad de las tareas.

De acuerdo con estadísticas del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, entre los factores de riesgo que enfrentan los trabajadores, los riesgos ergonómicos como la manipulación de cargas, posturas y movimientos repetitivos representan el 79,8%, seguidos por otros riesgos de distinta naturaleza con un 9,5%. De igual manera se señala como causa indirecta de estos factores a la supervisión y liderazgo deficiente con un 40,5% (IESS,2018).

Las lesiones musculo esqueléticas (LME) son consecuencias frecuentes de toda actividad física repetitiva, por tanto, muy comunes en la construcción, entre las cuales están las torceduras, distinciones de ligamentos o la inflamación de los tendones conocida como tendinitis. De acuerdo con Peralta (2021) a diferencia de los accidentes o riesgo físicos inmediatos como caídas o atrapamientos por maquinaria, estos daños se van generando paulatinamente, por lo que su identificación y mitigación es más compleja de administrar. Estas lesiones generan síntomas que inciden directamente en la salud y desempeño del trabajador como dolor, cansancio crónico y dislocaciones, responsables de alrededor del 30% de costos de compensación del trabajador (Peralta, 2021).

2.4.3 Evaluación de riesgos ergonómicos

El propósito del procedimiento de evaluación de riesgos es identificar, cuantificar y mitigar las condiciones que afectan y comprometen la salud del trabajador. Existen varias metodologías para llevar a cabo este objetivo, como los métodos OWAS (Sistema de análisis de postura de trabajo Ovako) por sus siglas en inglés, RULA (Evaluación rápida de extremidades superiores), que permite evaluar los riesgos ergonómicos de los miembros superiores del cuerpo y REBA (Evaluación rápida de todo el cuerpo) que comprende la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que afectan toda su anatomía, y los daños acumulativos debido a la carga postural (Arellano 2022).

En el ámbito ecuatoriano, el análisis realizado por Cuenca (2020) tomando como base de estudio a trabajadores de la construcción de la ciudad de Loja, aplicó esta metodología, determinando que las tareas más críticas son la colocación de bloques en hiladas inferiores y la preparación del mortero, debido a las posturas prolongadas de flexión lumbar y la manipulación repetitiva de cargas entre 8 y 15 kilos. Estos resultados respaldan la necesidad de diseñar procesos constructivos que reduzcan la exposición a estas condiciones, mediante la reorganización espacial del trabajo, el uso de herramientas auxiliares y la planificación de tareas.

Además, Arellano (2022) en su análisis de riesgos ergonómicos en la ciudad de Guayaquil, recuerda el hecho de que los trabajadores no acostumbran a seguir las directivas y el uso del equipo personal de seguridad (EPP). Esto se debe a varios factores como la falta de instrucción, comodidad o simple negligencia y descuido por lo que se debe fomentar su uso y correcta dotación por parte del empleador.

2.4.4 Método REBA

El método de evaluación rápida de todo el cuerpo o (REBA) por sus siglas en inglés, fue desarrollado en Inglaterra en el año 2000 por Sue Hignett y Lynn McAtamney, es una herramienta para determinar y analizar la carga postural que ejerce una actividad específica en el cuerpo entero de manera rápida y efectiva, analizando el impacto de estas en dos segmentos corporales;

- Cuello, tronco y piernas, ángulos de flexión, torsión y extensión.
- Brazos, antebrazos y muñecas, teniendo en cuenta postura y alineación

Se otorga una puntuación según el nivel y exigencia de la actividad muscular debido a posturas estáticas y dinámicas como las acciones reiterativas superiores a 4 veces por minuto, finalmente, en base a estos parámetros se otorga un nivel de acción y urgencia de intervención ergonómica.

La guía técnica española NTP 601; Evaluación de las condiciones de trabajo, carga postural, método REBA, elaborado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, brinda criterios de valoración, así como esquemas y tablas operativas que permiten el análisis correcto y estandarizado de las posturas en varios sectores de producción. Este documento normativo sirve de guía para la adaptación y aplicación del método REBA tanto en la metodología de los ensayos como en los parámetros evaluativos aplicados a las posturas principales del proceso de mampostería.

El estudio de Kibria (2023), realizado en obras de edificación en Asia, analizó mediante el método REBA, las posturas de albañiles, determinando niveles de riesgo alto a muy alto en actividades de colocación de bloques, mezcla de mortero y transporte manual de materiales. De forma similar, el estudio de Cuenca (2023) desarrollado por la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) aplicó el método REBA a trabajadores de la construcción, concluyendo que el 68% de las tareas evaluadas presentan niveles de

riesgo alto o muy alto, con necesidad de intervención inmediata mediante rediseño de tareas o implementación de pausas activas.

Dentro del contexto del presente proyecto, el método REBA será aplicado como herramienta de evaluación comparativa entre el sistema tradicional de colocación de mampostería y el sistema propuesto, realizando un diagnóstico de la exposición al riesgo ergonómico de los obreros en ambos casos. De manera que se pueda determinar si la reorganización del proceso racionalizado presenta una puntuación de menor impacto a los obtenidos mediante el método tradicional y sus consecuentes deficiencias ergonómicas. Su integración al presente proyecto aporta criterios cuantitativos de seguridad laboral, la identificación de puntos críticos del proceso y establecer recomendaciones reales en base a evidencia, mejorando las condiciones de trabajo y fomentando la cultura de prevención en el sector.

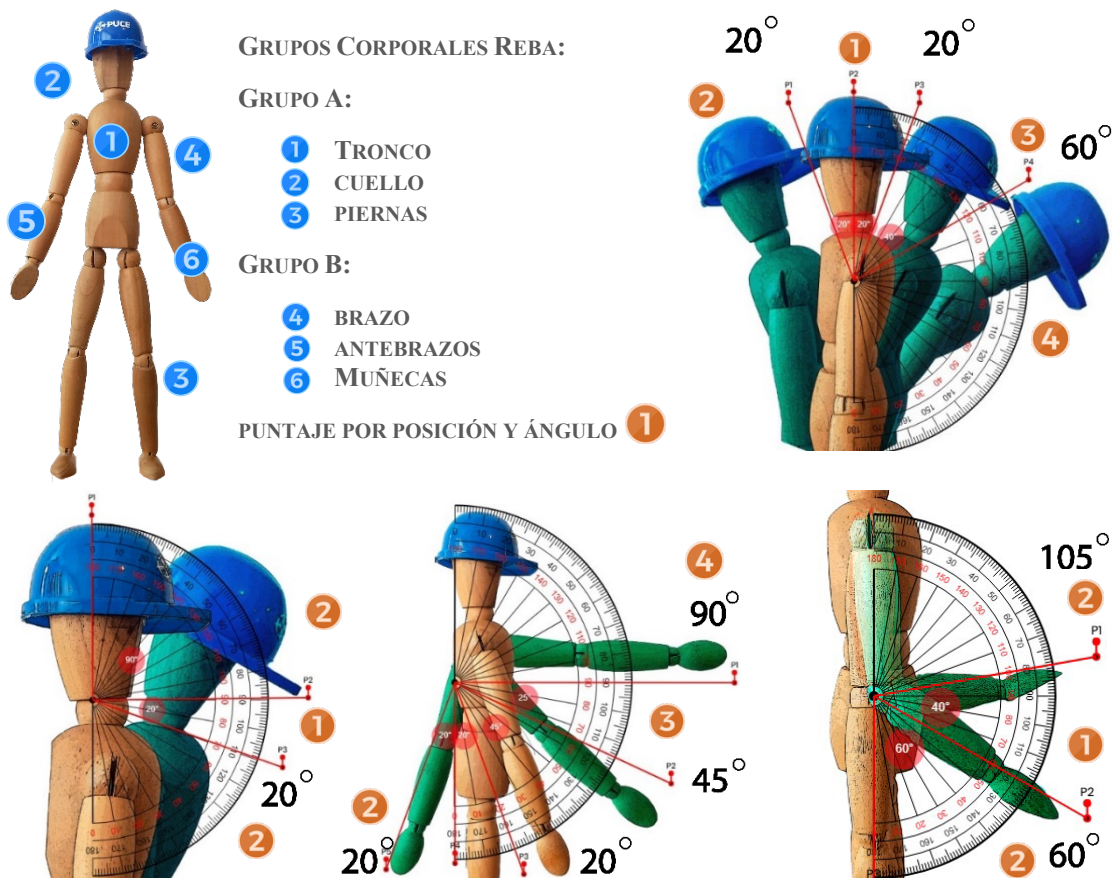


Figura 10. Grupos de evaluación REBA, en base al manual NTP 601 del INSHT 2001. (elaboración propia)

<i>Condiciones de riesgo</i>	<i>Descripción adaptada al contexto del proyecto</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>Riesgos ergonómicos</i>	Manipulación de bloques, posturas forzadas, inclinaciones repetidas al nivelar hiladas, levantamiento y traslado de cargas, torsiones frecuentes del tronco.	79,8
<i>Riesgos físicos</i>	Exposición a ruido, vibraciones y polvo durante corte de bloques y mezclado de mortero.	6,3
<i>Riesgos químicos</i>	Exposición a partículas finas de cemento, vapores o polvos durante la preparación del mortero.	1,5
<i>Riesgos biológicos</i>	Exposición a hongos o bacterias en obra húmeda o materiales almacenados sin protección.	1,1
<i>Riesgos psicosociales</i>	Presión por tiempos de obra, coordinación deficiente entre cuadrillas, pausas insuficientes.	0,9
<i>Protecciones colectivas inadecuadas</i>	Ausencia de barandas, señalización o control de acceso en zonas de trabajo.	0,4
<i>Equipos de protección insuficientes</i>	Falta de guantes, mascarillas o calzado apropiado.	1,1
<i>Herramientas o materiales deficientes</i>	Herramientas improvisadas, hilos sin tensión adecuada, niveles descalibrados.	0,2
<i>Espacio limitado para maniobras</i>	Pasos estrechos, interferencias con instalaciones, almacenamiento desordenado.	1,2
<i>Señalización insuficiente</i>	Ausencia de advertencias visuales que orienten el flujo seguro de trabajo.	0,1
<i>Otros</i>	Situaciones no clasificadas.	9,5

Tabla 4. Adaptado de Seguro General de Riesgos del Trabajo del IESS (2018).

2.5 Lean Construction

Este concepto se traduce como construcción esbelta, también conocida como Construcción sin pérdidas, se trata de una adaptación del sistema de producción automatizada “Lean Production” de la marca japonesa Toyota al entorno de la construcción (Crespo, 2015). Teniendo como objetivo principal potencial el valor para los clientes, minimizando al mismo tiempo cualquier clase de desperdicio durante la totalidad de un

proyecto, generando una cultura de optimización continua, planificación efectiva y correcta utilización de recursos (Ballard y Howell, 2003).

Su aplicación ha tomado relevancia durante la última década, particularmente en proyectos de vivienda en la ciudad de Quito, tal es el caso del estudio de Pillo (2021) quien determinó que la aplicación de estos criterios en el rubro de mampostería de bloque alivianado de 40 centímetros de largo por 20 de altura y 15 de ancho (40 cm x 20 cm x 15 cm), permitió un aumento en la producción del 16%. Así mismo, Crespo (2015) aclara que la implementación de herramientas lea permitió mejorar la productividad en obras de Quito entre un 15% y 30%, evidenciando que la reducción de desperdicios y la planificación coordinada generan un impacto positivo tanto en costos como en calidad de los trabajos.

2.5.1 Principios filosofía Lean Construction

De acuerdo con Pillo (2021) los principales principios fundamentales de esta filosofía son:

- Eliminar actividades que no agreguen valor: como esperas, movimientos innecesarios, potenciando inversamente a los procesos que más valor generan.
- Aumento de valor del producto final, satisfacción del cliente.
- Reducción de la variabilidad, garantizando la homogeneidad de los procesos en cuanto a su planificación.
- Reducción de tiempo de ciclos, restando esperas y tiempos muertos.
- Simplificar el proceso minimizando el número de pasos o actividades innecesarias.

- Aumentar la flexibilidad del producto final, facilitando la capacidad de adaptación al cambio.
- Concentrar el control de la totalidad del proceso, manteniendo la supervisión efectiva durante todo el ciclo de vida de un proyecto.
- Equilibrar la mejora de flujo del proceso con mejoras de conversión.
- Benchmarking, se trata de una técnica que busca los mejores índices de la competencia con el fin de hacer comparaciones e implementación de ajustes.

Exige un fuerte compromiso por parte de la industria de la construcción y sus profesionales. La planificación previa y la eliminación de desperdicios son la base de esta filosofía. Como mencionan Botero y Álvarez (2004) también se requieren una serie de condiciones como la capacitación y participación activa del personal de producción, la implementación de propuestas de mejora y el mismo compromiso a nivel gerencial.

2.5.2 Implementación en los procesos de mampostería

Su implementación en los procesos de mampostería está enfocada en eliminar todos los desperdicios asociados a esta actividad, optimizando el flujo de trabajo de forma colaborativa, para ello se identifican las siguientes herramientas de para su implementación;

- Mapeo del Flujo de Valor (VSM): Se debe analizar y mapear el proceso actual de mampostería, desde la llegada del material (ladrillos, bloques, cemento, arena, agua) hasta el muro terminado. Esto permite visualizar cuellos de botella, tiempos de espera como el fraguado, falta de material y movimientos innecesarios del personal, identificando las principales fuentes de desperdicio y reducción en el rendimiento del personal.

- Last Planner System (LPS): sistema de planificación colaborativa que involucra directamente a los trabajadores y jefes de cuadrilla en la programación semanal, estableciendo compromisos realistas, gestionando restricciones y promoviendo la confiabilidad en el cumplimiento de metas.
- Gestión de materiales Just In Time (JIT): Que los materiales lleguen justo cuando se requieren y en la cantidad necesaria evita acumulaciones, deterioros y desorden en obra. El uso de sistemas visuales facilita el control del flujo y abastecimiento de materiales.
- 5S: Metodología orientada a mantener un entorno de trabajo limpio, seguro y ordenado, reduciendo tiempos improductivos y riesgos de accidentes.

2.6. Recomendaciones y vinculación con el proyecto

El desarrollo del marco teórico permitió establecer los cimientos que orientan y definen el alcance de esta propuesta dentro del contexto normativo y constructivo ecuatoriano. Los fundamentos conceptuales del proceso de mampostería describen la diversidad de sistemas como la mampostería simple, reforzada y confinada, donde la propuesta puede ser replicada sin mayores modificaciones, teniendo en cuenta a la vez que la variabilidad de herramientas, materiales y aparejos requiere criterios definidos de modulación, control geométrico y uniformidad del proceso.

Por consecuente, la revisión de la norma técnica ecuatoriana (NEC 2015) fue indispensable para establecer los parámetros estructurales básicos, correcta clasificación de materiales y definir criterios de inspección y control del proceso, aplicados en la práctica al control de obra, además de definir el alcance del proyecto a viviendas de hasta

dos pisos de altura, dadas sus características económico-sociales y su predominancia en edificaciones de esta índole del país (Quinde 2023). Sin embargo, es necesario señalar que durante el periodo transcurrido desde su emisión en el 2015 se han generado varios estudios y experiencias relevantes en el ámbito de la construcción del país y en el exterior, por lo que una nueva revisión y actualización sería recomendable.

De igual manera, la comparación y análisis entre la NEC y sus similares del Perú, Colombia y Chile, no solo reforzaron los conceptos fundamentales, sino que además permitieron identificar aspectos relevantes para la correcta ejecución del proceso como rangos mínimos de juntas de mortero, altura máxima de hiladas por jornada de trabajo o tolerancias dimensionales aplicables al proceso de control de obra. Por lo que su integración al proyecto, tanto en su fase metodológica como en la elaboración de la guía técnica de la propuesta aplica valor técnico y pertinencia normativa.

Desde el eje ergonómico, las investigaciones revisadas del marco teórico demuestran que el proceso tradicional común de mampostería presenta riesgos elevados de lesiones musculo esqueléticas (LME) debido a posturas forzadas y manipulación repetitiva de materiales (Cuenca, 202). La implementación del método REBA, respaldado por la guía del INSST español para su elaboración dentro del contexto del proyecto, permitirá evaluar comparativamente el impacto de estos riesgos en ambas metodologías incluyendo el esquema y tabla guía para su correcta realización y tabulación de resultados.

La bibliografía consultada sobre la implementación de lean construcción, coincide en que esta no debe limitarse a una sola metodología sino integrarse dentro de la cultural

y práctica de gestión de obras. En cuanto al presente proyecto, se identifican los siguientes puntos a tomar en cuenta para su correcta implementación:

- Planificación del flujo de trabajo: organizando las actividades de mampostería por sectores verticales y horizontales, evitando interferencias y reduciendo desplazamientos.
- Estandarización de procedimientos: definir secuencias repetibles y medibles para la colocación de bloques, asegurando calidad y uniformidad en los resultados.
- Mejoras adaptables: evaluar los tiempos de ejecución, las posturas de trabajo y la ergonomía para realizar ajustes progresivos.
- Control visual y comunicación: implementar referencias visuales, hilos guía de distintos colores para diferenciar los métodos de mampostería a ensayar y el continuo registro fotográfico que faciliten la supervisión y control del procedimiento, así como facilitar la transferencia de información en todo momento.

De esta forma el enfoque podrá reforzar el carácter técnico y metodológico del proyecto, como base sólida en cuanto a principios de racionalización y optimización de recursos humanos y materiales. Crespo (2015) concluye que, para mejorar la productividad en el sector de la construcción, se debe optimizar los procesos constructivos tomando acciones correctivas orientadas a la eliminación de los problemas identificados.

<i>Componente teórico</i>	<i>Aporte clave</i>	<i>Aplicación a metodología del proyecto</i>
<i>Tipos de mampostería y materiales (NEC-SE-MP, INEN)</i>	Características de unidades, mortero y juntas.	Definición de materiales para ambos ensayos; limitación de junta; control geométrico.
<i>Estado del arte (rendimientos, productividad)</i>	El método tradicional presenta pérdidas de tiempo y retrabajos (Cruz et al, Arreaga y Chacón, 2023).	Justificación del análisis comparativo y registro de tiempos.
<i>Normas internacionales (E.070 Perú, NSR-10, NCh2123)</i>	Límites claros de juntas y altura de jornada (1,20–1,30 m).	Aplicación en el diseño del encofrado de nivelado para hiladas paralelas.
<i>Seguridad y ergonomía (REBA, UTPL 2023)</i>	60–70 % de tareas de albañilería tienen riesgo alto.	Aplicación de REBA para ambos métodos + filmación como insumo.
<i>Lean Construction</i>	Necesidad de estandarizar procesos y eliminar desperdicios (Crespo, 2015).	Estructuración de secuencia de trabajo, control visual y sectorización de muros.

Tabla 5. Matriz de vinculación del marco teórico con la metodología del proyecto (Elaboración propia)

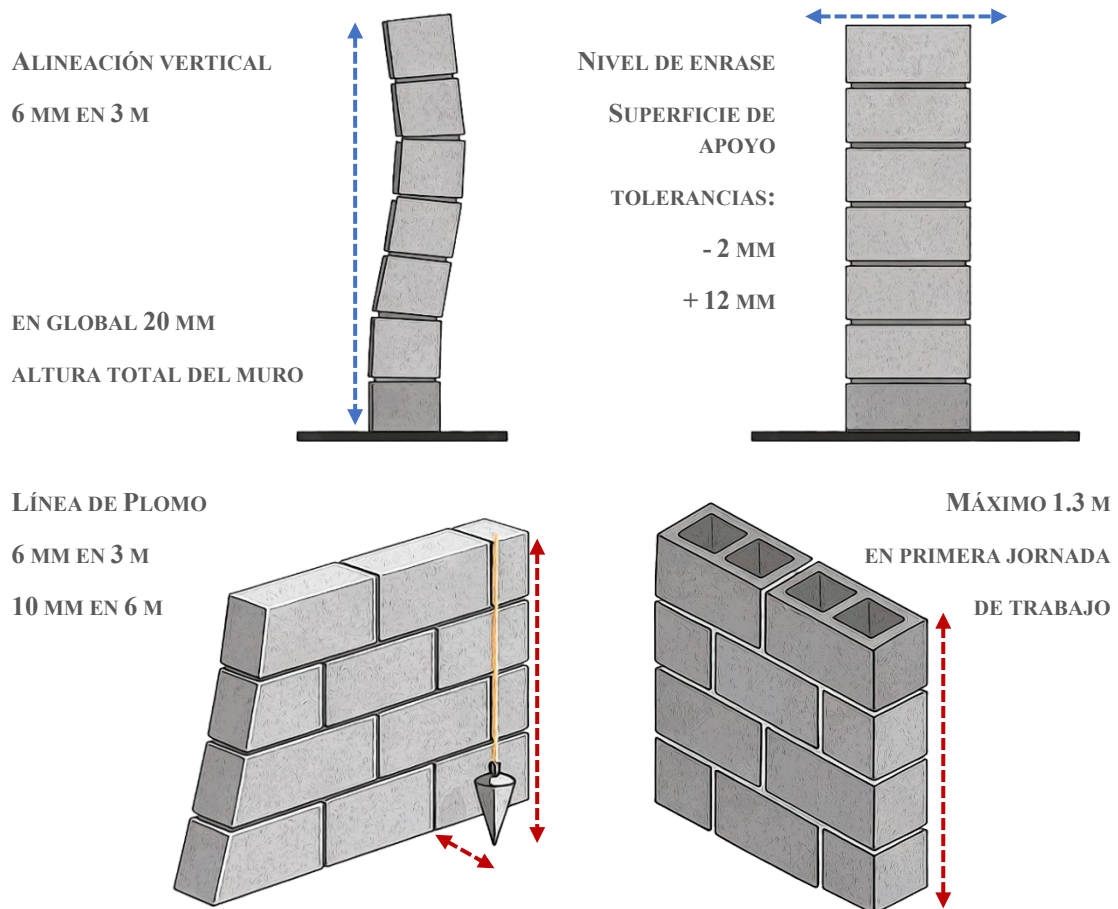


Figura 11. Tolerancias de ejecución del ensayo, tomado de normativa consultada. (elaboración propia)

Capítulo III Metodología

El proceso metodológico a implementar establece la ruta de procesos a seguir, pero además delinea las estrategias de sociabilización necesarias para reducir la resistencia de los trabajadores a nuevas técnicas, facilitando la adopción del método de hiladas en paralelo. Así como la necesidad de resguardar la integridad humana, técnica y normativa en cada paso de la fase experimental, asegurando la validez del estudio y su veracidad al reflejar las condiciones reales de obra del país.

3.1 Tipo y enfoque de Investigación

Para la fase experimental de este proyecto se adopta un enfoque mixto, combinando elementos cuantitativos y cualitativos, ampliando el espectro de análisis con el fin de evaluar los dos métodos de mampostería y obtener mayor cantidad de información que enriquezca la fase posterior de análisis.

El enfoque cuantitativo es necesario para medir aspectos verificables en cuanto a productividad y ergonomía. Datos que serán obtenidos mediante cronometraje directo, registro constante de imágenes en video y fotografías, anotaciones de campo, conteo de los ciclos del proceso constructivo, aplicación de una tabla propia del método REBA, desarrollada en base a la guía técnica española revisada y el análisis de las secuencias de video e imágenes para corroborar con los datos tomados de cada metodología, generando datos objetivos bajo las mismas condiciones.

Por su parte, el enfoque cualitativo busca complementar el análisis tomando en cuenta la lógica operativa del trabajador, los motivos de su resistencia o adaptación orgánica del sistema propuesto, así como los factores que influyen en la variabilidad de su desempeño y rendimiento. La observación directa y el registro permitirá definir la organización básica de la cuadrilla, el uso de herramientas y elementos como la

colocación del hilo de referencia para la hilada y el grado de improvisación que se presente durante la ejecución, así como las posibles dificultades se susciten en la implementación del método propuesto. De esta forma la metodología empleada es coherente con los estudios que subrayan el impacto de la práctica empírica en los procesos constructivos locales (Arreaga y Chacón 2023).

3.2 Metodología experimental

Se pretende la ejecución controlada de dos procesos de colocación de mampostería, en igualdad de condiciones y bajo los parámetros definidos en el marco teórico. Se levantarán dos procesos de mampostería;

- Método Tradicional: Entendido como el método de cada maestro o albañil independiente para llevar a cabo el trabajo.
- Método de Hiladas en Paralelo: Se implementarán los parámetros investigados y propuestos, previa capacitación y sociabilización de la metodología.

Estos ensayos podrán realizarse con muros pilotos independientes, o dos procesos similares como la colocación de bloque en dos muros perpendiculares en forma de “L”, procurando que estos mantengan características morfológicas idénticas para que los datos puedan ser comparados sin variaciones que alteren los resultados en cualquiera de los casos. De igual manera, ambos procesos serán realizados por el mismo obrero o cuadrilla dado el caso y disponibilidad de la obra en cuestión.

Esta metodología experimental permitirá identificar tiempos de colocación, ajustes constantes, interrupciones, desplazamientos, posturas prolongadas y cargas físicas relevantes. Cada parámetro de observación será subdividido en subactividades del proceso en ambos casos para facilitar el cálculo de los indicadores resultantes en los

parámetros definidos como; regularidad geométrica, calidad del aparejo, uniformidad de juntas y el impacto de la racionalización del proceso sobre la precisión, ergonomía y flujo de la actividad.

3.3 Técnicas e instrumentos

La investigación empleará técnicas de observación directa de los procesos, la toma del tiempo determinará la duración total de cada proceso por lo que se empleará un cronómetro visual y proyectado sobre una pantalla que se registrará por video, este estará dispuesto en un plano general que abarque toda el área de trabajo, corroborando la duración exacta de cada método, así como un plano cercano y sincronizado del cronómetro para su correcta interpretación. El proceso en cada caso incluirá fases de preparación, asentado y correcciones, por lo que el análisis posterior del material audiovisual será fundamental para la interpretación precisa de la secuencia de movimientos, extrayendo fotogramas y fotografías que servirán además para el análisis aplicado del método REBA.

Este contará con una planilla de autoría propia, elaborada en base al procedimiento oficial creado por Hignett y McAtammey (2000) en conjunto con la guía técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo español, analizando posturas del obrero durante todo el proceso. Cada postura se puntuará en base al sistema, obteniendo valores que permitirán categorizar el nivel de riesgo en ambas instancias, los valores obtenidos serán comparados con los estudios similares como el de Cuenca (2020) corroborando la exactitud de estos.

<i>Fase</i>	<i>Actividades</i>	<i>REBA</i>	<i>Instrumento</i>	<i>Resultado</i>
1.Observación	Colocación de bloque,mortero, nivelado, traslado	Cuello-tronco- piernas + brazo- antebrazo- muñeca	Imágenes + ficha REBA	Identificación de posturas críticas.
2. Medición	Análisis cuadro por cuadro	Ángulos y cargas	Observación	Puntajes parciales A, B y C.
3.Comparación	Método tradicional vs. hiladas en paralelo	Nivel de riesgo	Matriz comparativa propia	Confirmar si el método propuesto reduce riesgo.

Tabla 6. Aplicación del método REBA a los dos métodos de mampostería (Elaboración propia)

Se propone además un prototipo de dispositivo simple que sirva de asistencia en al proceso propuesto. Inspirado en los instrumentos descritos en la normativa peruana como el Escantillón y el “Escaniplo”, adaptando el formato y medidas nominales de bloque de mampostería y a los espesores de junta estandarizados. Se trata básicamente de dos niveles (uno en cada extremo del muro) a los que se incorporan una plomada (física o digital) e indentaciones o ganchos para amarrar las hiladas paralelas, respetando las marcas geométricas descritas. Este prototipo permitirá diferenciar claramente las condiciones de trabajo del proceso propuesto, agilizando además el proceso de preparación del mismo previo a la colocación de la mampostería.

3.4 Procedimientos y análisis de datos

Se iniciará cada procedimiento con la preparación del espacio, el acopio de materiales, herramientas y la inducción previa de los participantes y encargados de obra acerca del método y los objetivos de los ensayos, procurando no intervenir en sus decisiones constructivas, ya que cada ensayo debe ser realizado de manera independiente y bajo el mismo entorno condicional.

Una vez obtenida toda la información necesaria y posterior a su interpretación, se procederá a la tabulación de datos a tablas comparativas y hojas de cálculo, sistematizando su proceso interpretación y cálculo. Identificando diferencias clave que puedan traducirse a datos y cifras definidas.

Desde el punto de vista cualitativo, será necesaria la interpretación de patrones y consideraciones relacionadas con la organización de área de trabajo, la percepción del esfuerzo y el comportamiento en general durante el método de hiladas en paralelo, con el fin de que esta información complementaria ayude a contextualizar los resultados numéricos obtenidos y facilite su comprensión e interpretación.

<i>Categoría</i>	<i>Variable</i>	<i>Unidad / Método de medición</i>	<i>Propósito</i>
<i>Productividad</i>	Tiempo por m ²	Minutos/m ² (cronómetro)	Comparar eficiencia.
<i>Calidad geométrica</i>	Nivel, plomo, espesor junta	Nivel / regla / plomada	Verificar precisión entre métodos.
<i>Ergonomía</i>	Puntaje REBA	Escala 1–15	Determinar riesgo postural.
<i>Pausas-Reajustes</i>	Pausas o trayectorias	Observación / conteo	Identificar desperdicio de movimiento.

Tabla 7. Variables para medir en los ensayos comparativos (Elaboración propia)

3.5 Consideraciones éticas

Es importante que la investigación se desarrolle bajo criterios éticos que promuevan y garanticen la genuinidad de los procesos, en ese sentido, es imperativo que los trabajadores participen de forma informada, segura y voluntaria. Por ello se elaborará un acta en donde se detallará el propósito académico del estudio, las actividades a realizarse, los riesgos posibles asociados al trabajo en obra, así como el procedimiento para el análisis y uso de los datos obtenidos. Esta deberá ser leída y firmada previa al

inicio de los ensayos. El documento permitirá asegurar la transparencia de los ensayos, así como la validación del consentimiento informado de los participantes.

Entre los datos que deberán constar en dicha acta se definen;

- Objetivos y carácter académico del estudio
- Descripción de las actividades a realizar y sus consecuentes riesgos.
- Compromiso del autor de la investigación a no intervenir durante los ensayos, limitándose a su documentación.
- Autorización para el registro audiovisual con fines exclusivamente académicos.
- Confidencialidad de la información personal.

Se priorizará la seguridad durante todo el proceso, los ensayos serán realizados teniendo en cuenta la normativa ecuatoriana y las buenas prácticas constructivas que promueve. Verificando que estas actividades no interfieran con los trabajos propios de la obra que permitirá el desarrollo del ensayo, procurando también que los procedimientos no infieran en riesgos adicionales para los trabajadores.



Figura 12. Herramientas empleadas en la realización de los ensayos (fotografías propias)

Capítulo IV Desarrollo, análisis y resultados

4.1 Descripción del caso de estudio

El ensayo comparativo de los métodos de mampostería entre el método tradicional y método de hiladas en paralelo se desarrolló en el Proyecto Nadur, ubicado en el Lote 056 de la Urbanización Mocolí Golf Club, en la Isla Mocolí, cantón Samborondón, área metropolitana de Guayaquil. El proyecto consiste en un conjunto residencial de alta densidad controlada, conformado por dos torres de cinco pisos levantadas sobre una plataforma común que incluye estacionamientos, áreas técnicas y espacios comunales.

La estructura principal del conjunto está constituida por un sistema de hormigón armado configurado mediante columnas perimetrales alineadas a fachada y un núcleo central rígido que alberga escaleras y ascensores, formando un sistema estructural tipo tubo en tubo, característico de edificaciones que priorizan el desempeño sísmico y la estabilidad lateral.

Las alturas entre losas alcanzan 3,70 m, y el proyecto incorpora además un nivel de medio subsuelo destinado a estacionamientos, bodegas y salas de máquinas. Las 26 unidades habitacionales se distribuyen en tipologías entre 200 y 350 m², con un total de 52 parqueaderos, y entre ambas torres se emplaza una piscina central como elemento de cohesión del conjunto.



Figura 13. Torres del proyecto Nadur, sitio del caso estudio, Guayaquil, Ecuador. (Fotografía propia)

Las características del proyecto Nadur, tanto en escala como en tipología constructiva facilitaron el escenario adecuado para evaluar el desempeño de las metodologías de ejecución de mampostería en condiciones genuinas del proceso constructivo, con interferencias típicas de obra, contingencias ambientales propias de Guayaquil y dinámicas laborales reales de una cuadrilla base de mampostería.

4.1.1 Mano de obra y espacio definido para el ensayo

El primer paso de la investigación de campo fue delimitar el área a intervenir con las dos metodologías de mampostería a comparar. Aprovechando el avance de la obra en el subsuelo del proyecto NADUR, mismo que a la fecha de realización de los ensayos se encontraba levantando mampostería de bloque de hormigón para separar las bodegas del nivel subsuelo. Estos espacios comparten dimensiones por diseño, por lo que resultó idóneo para el proceso de experimentación de las metodologías.

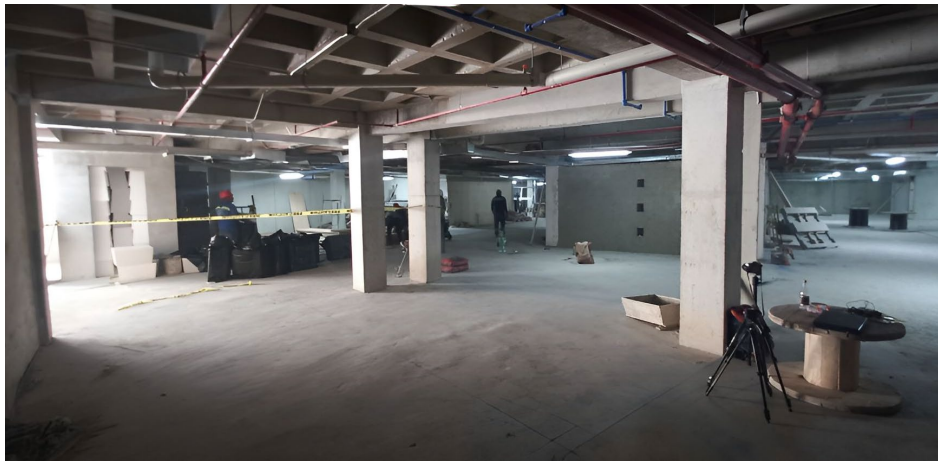


Figura 14. Área designada para el ensayo, subsuelo 01 NADUR (Imagen propia)

Habiendo definido los pasos a implementar y las condiciones del procedimiento en la etapa metodológica, y una vez socializado el proceso con los encargados del proyecto, el residente de obra responsable habilitó una cuadrilla base de mampostería de bloque de hormigón, conformada por;

- Maestro de Obra
- Albañil
- Peón

Estructura de cuadrilla común según la bibliografía, observación en campo y acorde a la organización logística laboral del proyecto. Cabe destacar que la presencia del Maestro mayor de obra fue mínima durante el desarrollo de los ensayos, limitándose a una supervisión esporádica durante el proceso, acorde a su valor de incidencia o cantidad de 0,10 en el APU (análisis de precios unitarios) de bloque de 15 cm del proyecto. (Anexo 9).

La cuadrilla contó con todas las herramientas necesarias para el levantamiento de los muros, tales como; bailejo, cajón para preparar la mezcla de mortero, nivel, plomada, clavos, flexómetro y piolas de colores, azul para diferenciar el método tradicional del método de hiladas en paralelo, con piola de color naranja.

Esta nomenclatura de colores se mantiene en adelante durante el proceso del análisis de datos para mantener un orden lógico que facilite la interpretación de los datos obtenidos al comparar ambas metodologías y sus componentes.

Previo al inicio del ensayo se revisó y corroboró la dotación y uso correcto de los equipos de protección personal (EPP) necesarios para la elaboración de la actividad, confirmándose el uso adecuado de, casco, impermeable reflectivo, faja de protección, guantes y botas de protección, provistos por la empresa.

De igual manera se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos para el área de trabajo previo a los ensayos;

- Se verificó el estado del piso, la existencia de agujeros o protuberancias marcadas que puedan causar irregularidades en el asentamiento de las piezas.

- Que el área de trabajo esté despejada, sin escombros, cableado o bultos que entorpezcan el flujo de trabajo en ambas metodologías, reforzando la homogeneidad del proceso.
- Que las actividades relacionadas a la investigación y levantamiento de datos como el registro de imágenes en video desde dos cámaras, sus constantes ajustes y la toma de datos en planilla de control de los ensayos no interfieran con las obras normales del proyecto Nadur.



Figura 15. Espacio de trabajo con áreas definida por metodología (Fotografía propia)

4.1.2 Materiales utilizados en el ensayo

Para la elaboración de los ensayos se utilizaron 220 bloques prensados de hormigón con dimensiones nominales de $15 \times 19 \times 39$ cm, un peso de 9.10 kg y una resistencia de 30 kg/cm² equivalente a 2.94 megapascales (MPa) cada uno.

Ubicándolos dentro de la clase B de mampostería no estructural de acuerdo con su uso y resistencia según la norma NTE INEN 3066 que trata los requisitos y métodos de ensayo para los bloques de hormigón. Estos bloques son utilizados comúnmente en bloques de pared, paredes livianas y estructuras ligeras.

<i>Descripción</i>	<i>Resistencia neta mínima a la compresión simple (MPa)*</i>		
	Clase A	Clase B	Clase C
<i>Promedio de 3 bloques Por bloque</i>	13,8	4,0	1,7
<i>* 1 MPa = 10,2 kg/cm²</i>	12,4	3,5	1,4

*Tabla 8.
Adaptada de NTE INEN 3066 Bloques de Hormigón. (Resistencia a la compresión simple)*

A diferencia de los ladrillos, los bloques de concreto no deben ser colocados en condiciones húmedas, deben estar secos ya que su retención de humedad es mayor, al momento de secarse, estos pueden contraerse una vez esté levantado el muro, causando fisuras y comprometiendo la integridad del muro.



Figura 16. Lote de bloques utilizados en los ensayos (Fotografía propia)

Como mortero de pega se utilizaron 15 sacos de Pegablock tipo N de la marca INTACO, en su versión de 40 kg, diseñado para cumplir con la norma NTE INEN 2518 Tipo N de requisitos para mortero de unidades de mampostería. Este mortero tiene una resistencia a la compresión mayor a 53 kg/cm² o 5.2 MPa a los 28 días, de buena trabajabilidad, excelente adherencia y una alta retención de agua, según los datos provistos en su ficha técnica.

Estas características técnicas de este mortero premezclado permiten adaptarse de mejor manera a las condiciones climáticas de Guayaquil, con temperaturas elevadas y

frecuentemente ventosas, reduciendo la elevada dosificación de agua utilizada en la mezcla de morteros comunes para compensar su pérdida por vaporización.

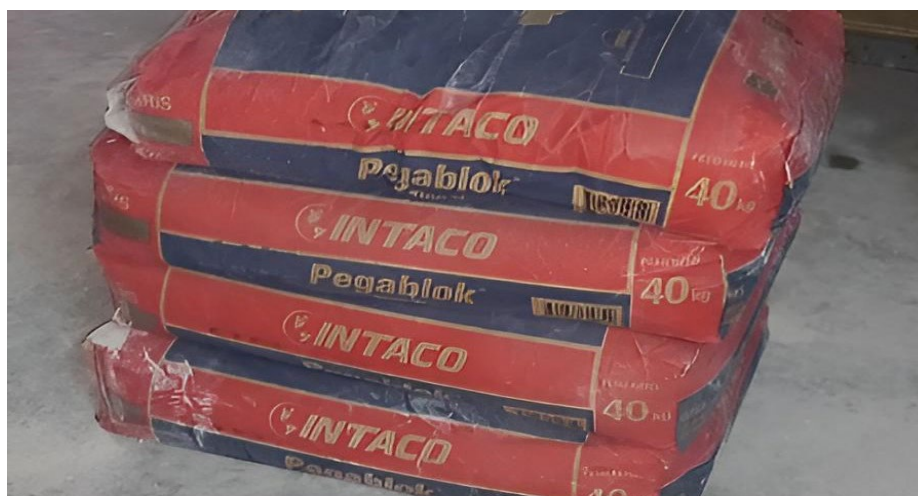


Figura 17. Sacos de Pegablock Tipo N – 40 kg marca Intaco, utilizados en los ensayos (Imagen propia)

Debido a estas variables propias de la mampostería y del mortero hecho en obra, donde la calidad y humedad de los agregados, así como la dosificación manual suelen alterar la densidad y rendimiento de la mezcla, el uso de materiales homogéneos en la realización de los ensayos minimiza las variables aleatorias de estos insumos, reduciendo a la vez la incertidumbre en los resultados obtenidos.

De acuerdo con la ficha técnica del producto, la versión de 40 kg de Pegablock produce 20 litros de mortero, obteniendo rendimientos aproximados que dependen directamente de las dimensiones del bloque a utilizar y el ancho de junta.

<i>Dimensiones del bloque</i>	<i>Espesor de la junta</i>	<i>Cantidad de bloques por saco</i>	
		25 kg	40 kg
<i>6 cm x 19 cm x 39 cm</i>	10 mm	15 – 18	24 – 28
<i>9 cm x 19 cm x 39 cm</i>		12 – 14	20 – 23
<i>14 cm x 19 cm x 39 cm</i>		10 – 12	17 – 20
<i>19 cm x 19 cm x 39 cm</i>		9 – 11	15 – 18
<i>6 cm x 19 cm x 39 cm</i>	15 mm	10 – 12	16 – 19
<i>9 cm x 19 cm x 39 cm</i>		8 – 9	13 – 15
<i>14 cm x 19 cm x 39 cm</i>		7 – 8	11 – 13
<i>19 cm x 19 cm x 39 cm</i>		6 – 7	10 – 12

Tabla 9. Adaptado de ficha técnica - Pegablock Tipo N. Intaco (Rendimiento mampostería Ecuador)

4.2 Ejecución experimental y levantamiento de datos

La ejecución de los ensayos de campo se sustentó en los principios de Lean Construction (Construcción esbelta) analizados en el marco teórico y en la metodología de análisis de tiempo de los procesos mediante el cronometraje continuo de tareas. Al evaluar de forma directa el proceso de mampostería en un ambiente controlado y en igualdad de condiciones, se busca identificar las subactividades que la conforman, y a su vez, diferenciar su grado de incidencia y duración en la productividad general del proceso principal.

La comparación entre el método tradicional y el método de hiladas en paralelo se realizó mediante el registro en video de los tiempos de ejecución de dos muros en igualdad de condiciones, manteniendo constantes las variables como de mano de obra, materiales dimensiones, altura de muro por jornada y condiciones del espacio de trabajo.

De esta manera se consiguió aislar al método constructivo como variable principal de análisis, permitiendo cuantificar las diferencias observadas entre las metodologías en términos de productividad, racionalización de procesos y ergonomía, asegurando que dichas diferencias respondan al proceso de ejecución y no a factores externos.

En este contexto se dio inicio al registro del proceso mediante el uso de dos cámaras de video, una de cara frontal que capturó el plano general del proceso constructivo de los muros y otra lateral que registró el perfil del albañil, capturando el ángulo perpendicular de los movimientos y acciones realizadas, registro necesario para la correcta evaluación REBA de cada actividad realizada.

La investigación se complementa con la inclusión del cronómetro digital Free Stopwatch, aplicación de la empresa Comfort Software Group para el sistema operativo Windows, esta permite la medición de intervalos de tiempo en horas, minutos, segundos y milisegundos en tiempo real. Este cronómetro se dispuso ante cámara, procurando que

este sea visible en las tomas, este aspecto no solo fue importante para la correcta sincronización de los videos, sino también para su posterior análisis, el mismo se ejecutó en una computadora portátil a la par de cada muro, de manera que los tiempos parciales y totales de ejecución queden claramente documentados.



Figura 18. Cámara lateral capturando el proceso de mampostería desde el costado. (Imagen propia)

Así mismo se acompañaron ambos procesos con la toma de datos manuales in situ, en una serie de planillas de control elaboradas para los ensayos que incluyeron; formatos de registro manual de tiempos por metodología, medición de tolerancias y criterios de control geométrico, una planilla personalizada REBA de campo, la ficha técnica general de datos de los ensayos y el acta de consentimiento informado de los participantes (Anexo 10).

Debe aclararse que estos apuntes se realizaron durante el desarrollo de los ensayos en obra y estuvieron pensados como material de respaldo complementario para ser corroborado y ajustado con el registro y análisis de imágenes de los procedimientos.

4.2.1 Procedimiento ensayo método tradicional

Iniciando por el ensayo mediante el método tradicional de mampostería, se procuró no intervenir de manera alguna más que para el registro de actividades. Únicamente se requirió el levantamiento del muro en coherencia con la práctica usual y

experticia común de la cuadrilla en obra, de modo que los valores obtenidos reflejen la práctica inalterada del proceso de mampostería.

Ambas metodologías se desarrollaron en dos jornadas, alcanzando la altura definida de hasta 1,30 metros máximo en la primera jornada y terminando ambos muros en la segunda jornada, lo que permitió analizar no solo el rendimiento inicial, sino también el comportamiento del proceso conforme avanzaba la ejecución de los ensayos.

A través del desarrollo del ensayo, se lograron identificar las siguientes actividades principales que conformaron el proceso constructivo de mampostería de comienzo a fin;

- Mezcla de mortero
- Llenado de juntas horizontales y verticales
- Colocación de bloques por hiladas
- Ajustes de hilada, bloques y pausas

A continuación, se describen los datos preliminares obtenidos en campo durante levantamiento del muro mediante el método tradicional de mampostería en sus dos jornadas de trabajo.

Método tradicional:

Primera jornada:

- Se completaron 5 hiladas, de aproximadamente 12 bloques cada una.
- Tiempo registrado: 1 hora, 03 minutos y 36 segundos.

Segunda jornada:

- Se levantaron 4 hiladas, también de aproximadamente 12 bloques c/u.
- Se utilizaron 9 sacos de Pegablock Tipo N de 40 kg.
- Tiempo registrado: 44 minutos y 53 segundos.
- Tiempo total método tradicional: 1 hora, 48 minutos con 29 segundos.



Figura 19. Inicio del ensayo - método tradicional de mampostería. (Imagen propia)



Figura 20. Primera jornada- método tradicional: 1 hora, 03 minutos y 33 segundos. (Imagen propia)



Figura 21. Segunda jornada- método tradicional: 44 minutos y 43 segundos. (Imagen propia)

4.2.2 Procedimiento de ensayos método hiladas en paralelo

Para la realización del ensayo con el método de hiladas en paralelo, se hizo uso de una piola naranja predispuesta antes de comenzar el levantamiento del muro, para lo cual, no solo fue necesario la pronta instrucción del proceso a la cuadrilla, también se tomaron una serie de precauciones previas al inicio del ensayo y en consecuencia de la observación detallada del primer método;

- Se definió una altura máxima de junta entre la losa de cimentación y la primera hilada de bloques de entre 15 y 20 mm, con la finalidad de controlar diferencias con el enrase de la losa y el asentamiento por el peso del muro.
- Se tuvo en cuenta la altura real del bloque de 39 cm, más la junta definida de 10 mm para definir el espaciado entre hiladas paralelas.
- Se solicitó al peón que estuviese más presente y pendiente en la asistencia del proceso de mezcla de mortero y traslado de los materiales para agilizar la labor del albañil, en concordancia con sus responsabilidades dentro de la cuadrilla.

Método de hiladas en paralelo

Primera jornada:

- Se ejecutaron 6 hiladas, con aproximadamente 10 bloques por hilada.
- Tiempo registrado: 53 minutos con 29 segundos.

Segunda jornada:

- Se completaron 5 hiladas, igualmente de 10 bloques cada una.
- Se utilizaron 6 sacos de pegablock Tipo N de 40 kg
- Tiempo registrado: 32 minutos y 42 segundos.
- Tiempo total método de hilada en paralelo: 1 hora, 26 minutos y 11 segundos.

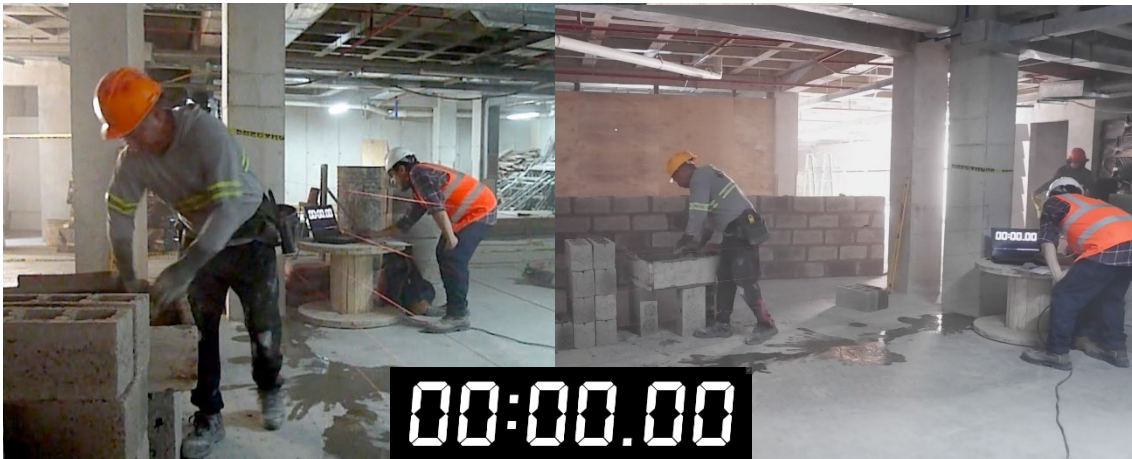


Figura.22. Inicio del ensayo - método de hiladas en paralelo de mampostería. (Imagen propia)



Figura 23. Primera jornada- método hiladas en paralelo: 53 minutos y 29 segundos. (Imagen propia)



Figura 24. Segunda jornada- método hiladas en paralelo: 32 minutos y 42 segundos. (Imagen propia)

4.2.3 Control geométrico y aspectos cualitativos

Una vez concluidos ambos muros mediante sus respectivas metodologías, se procedió a realizar el control geométrico de plomo, nivel y alineación tomados como referencia del conjunto de normativas investigadas. Se registraron los siguientes resultados:

Método tradicional:

Primera jornada:

- Plomada: $\pm 2,5$ mm en 1,03 m de altura.
- Juntas horizontales y verticales: 20 mm y hasta 30 mm respectivamente.
- Altura de muro: 5 hiladas x 0,19 (altura bloque) + 4 juntas horizontales x 0,02 (espesor promedio) = 1,03 metros.
- Largo del muro: 12 bloques x 0,39 (largo bloque) + 11 juntas verticales x 0,03 (espesor promedio) = 5,01 metros.
- Dimensión del muro con el método tradicional jornada 01:
 $1,03 \times 5,01 = 5,16 \text{ m}^2$



Figura 25. Control geométrico, primera jornada- método tradicional (Imagen propia)

Método tradicional:

Segunda jornada:

- Plomada: $\pm 2,5$ mm en 1.87 m de altura.
- Juntas horizontales y verticales: 20 mm y hasta 30 mm respectivamente.
- Altura de muro: 9 hiladas x 0,19 (altura bloque) + 8 juntas horizontales x 0,02 (espesor promedio) = 1,87 metros.
- Largo del muro: 12 bloques x 0,39 (largo bloque) + 11 juntas verticales x 0,03 (espesor promedio) = 5,01 metros.
- Dimensión del muro con el método tradicional:
 $1,87 \times 5,01 = 9,36 \text{ m}^2$
- Cantidad total de bloques método tradicional: 108 (número de bloques) / 9 (número de hiladas) = 12 bloques por hilada.
- Nivel vertical y horizontal: Se aprecia una ligera inclinación de la burbuja del nivel hacia la línea izquierda en ambos casos, denotando un ligero desnivel o pendiente del 1% (1 cm por metro) aproximadamente.



Figura 26. Nivel horizontal, segunda jornada- método tradicional (Imagen propia)



Figura 27. Nivel vertical, segunda jornada- método tradicional (Imagen propia)

Método hiladas en paralelo:

Primera jornada:

- Plomada: ± 1 mm en 1,19 m de altura.
- Juntas horizontales y verticales: 10 mm y hasta 20 mm respectivamente.
- Altura de muro: 6 hiladas x 0,19 (altura bloque) + 5 juntas horizontales x 0,01 (espesor promedio) = 1,19 metros.
- Largo del muro: 10 bloques x 0,39 (largo bloque) + 9 juntas verticales x 0,02 (espesor promedio) = 4,08 metros.
- Dimensión del muro con el método hiladas en paralelo jornada 01:
 $1,19 \times 4,08 = 4,86 \text{ m}^2$



Figura 28. Control geométrico, primera jornada- método hiladas paralelo (Imagen propia)

Método hiladas en paralelo:

Segunda jornada:

- Plomada: ± 1 mm en 2.19 m de altura.
- Juntas horizontales y verticales: 10 mm y hasta 20 mm respectivamente.
- Altura de muro: 11 hiladas x 0,19 (altura bloque) + 10 juntas horizontales x 0,01 (espesor promedio) = 2,19 metros.
- Largo del muro: 10 bloques x 0,39 (largo bloque) + 9 juntas verticales x 0,02 (espesor promedio) = 4,08 metros.
- Dimensión del muro con el método de hiladas en paralelo:
 $2,19 \times 4,08 = 8,94 \text{ m}^2$
- Cantidad total de bloques método tradicional: 110 (número de bloques) / 11 (número de hiladas) = 10 bloques por hilada.
- Nivel vertical y horizontal: Se aprecia un nivel centrado en ambas instancias, la burbuja se encuentra bien centrada, por tanto, se interpreta que el muro está bien nivelado.



Figura 29. Nivel horizontal, segunda jornada- método hiladas en paralelo (Imagen propia)



Figura 30. Nivel vertical, segunda jornada- método hiladas en paralelo (Imagen propia)

Se identificaron diferencias relevantes con respecto al control geométrico de los muros construidos, no solo en términos dimensionales sino también en cuanto a la organización del espacio de trabajo y la dinámica de la cuadrilla.

En términos de alineación y nivel, el método tradicional evidencio mayor dependencia de correcciones frecuentes y sucesivas de alineación de bloques mediante

pequeños golpes para el asentado de bloques, especialmente en las primeras hiladas de cada jornada del método tradicional.

En contraste, el método de hiladas en paralelo permitió establecer referencias geométricas claras desde el inicio del proceso, facilitando el control y alineación geométrica de forma continua, reduciendo la necesidad de correcciones posteriores.

Con respecto al espesor de juntas de mortero, el método tradicional presentó un mayor uso y desperdicio de material a simple vista, debido a la dispersión empírica del mismo y la necesidad de compensar irregularidades de los bloques con respecto a la hilada única, esto derivó en un mayor consumo de material y al mismo tiempo, menos calidad geométrica.

Más allá de los valores geométricos, los ensayos permitieron identificar aspectos cualitativos determinantes con respecto a la organización y comportamiento de la cuadrilla. En el método tradicional, el rol del peón fue, en cierta medida, más esporádico y reactivo al avance del muro, preparando la mezcla de vez en cuando y en cuanto otras tareas lo permitían, dejando un porcentaje de esta labor en manos del albañil quien tuvo que realizar la mezcla de mortero más de una vez.

Para el segundo método se tomaron algunas precauciones en ese aspecto, solicitando la participación más activa y anticipada del peón, de acuerdo con el avance del muro. Al mantener la mezcla lista, los bloques dispuestos para fácil alcance del albañil y un espacio de trabajo despejado donde las labores puedan fluir sin interrupciones. Este ajuste permitió que el albañil incrementara su productividad, reduciendo interrupciones y mejorando la continuidad del proceso.

El proceso repetitivo y con menores pausas por reajustes y mezcla de mortero contribuyó a una ejecución del muro más fluida en el método paralelo. Estos aspectos influyen directamente en la producción general del rendimiento durante la jornada.

4.3 Análisis comparativo de datos

Una vez culminados los ensayos comparativos entre metodologías in situ y habiendo obtenido el registro de ambas en video y fotografía, se procedió al análisis comparativo de los datos obtenidos, con el fin de aportar sentido lógico a los resultados y poder interpretarlos dentro del marco de la investigación.

Debido a la gran cantidad de material audiovisual obtenido tras capturar tomas en secuencia de ambos procesos desde su inicio hasta su culminación, el tiempo total obtenido fue de 3 horas, 14 minutos y 40 segundos. Considerando que la grabación se realizó a dos cámaras, fue necesario implementar un proceso de organización de tomas por fecha de registro, metodología, cámara determinada y jornada realizada.

Esta pre-organización del material es crucial para el montaje secuencial y consiguiente sincronización de tomas de acuerdo con el cronometraje registrado de cada metodología. Es consistente además con prácticas profesionales de archivo, nomenclatura y análisis de material audiovisual pensado como uso de archivo, tomas de paso o B-roll.

A este sistema se incorpora la nomenclatura por color entre métodos aplicada desde el color de las hiladas, de manera que el avance del análisis y los resultados obtenidos del mismo mantengan una lógica secuencial y puedan ser interpretados claramente.

4.3.1 Organización y sincronización del registro

Para este paso inicial del análisis fue necesario el uso de un programa profesional de edición y montaje de video, determinante en el proceso de análisis de tiempos para lograr un control más preciso del material que vaya más allá de un simple vistazo a las tomas en secuencia y la anotación de los registros de forma manual y en tiempo real.

Para este caso se utilizó el software de la empresa Adobe, Premiere Pro. Este programa no solo sirve para la edición general de video, también permite la sincronización de las tomas de video dentro de una misma línea temporal con el fin de obtener una versión coherente, secuencial y en paralelo de ambas cámaras o perspectivas de los procesos.

El registro en video de los procesos reduce el margen de error comparado con metodologías como el uso de un cronómetro físico y el apunte manual de tiempos en campo, actividad que se realizó como respaldo mediante las fichas del ensayo, pero que estuvo pensado desde un inicio como punto de partida para ser corroborado y corregido por el análisis técnico.

En el mismo sentido, el cronometraje fluido de comienzo a fin de los ensayos no modifica ni altera los procesos constructivos, eliminando la necesidad de pausar el cronómetro, anotar el fin de cada actividad y volver a poner en marcha todo el proceso cada vez que se toman registros.

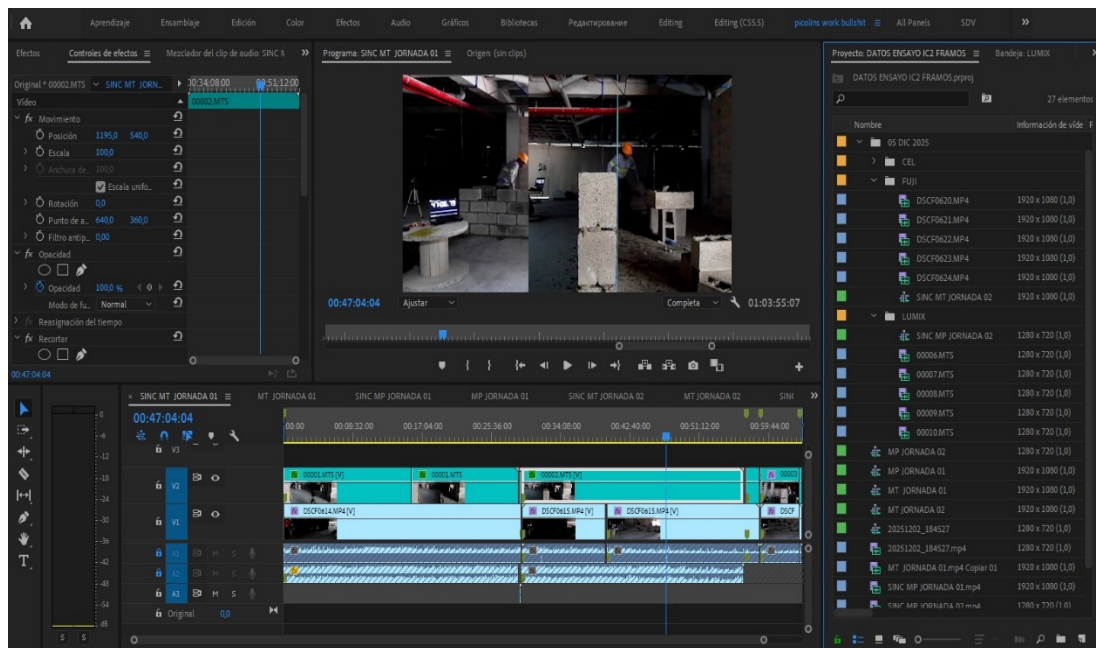


Figura 31. Sincronización en línea de tiempo en adobe premiere- método tradicional (Imagen propia)

Además, brinda la posibilidad del control de cada plano de video en términos de cuadros por segundo capturado, esto quiere decir que se obtienen de 24 a 30 (cuadros por segundo, dependiendo el sistema y configuración) imágenes que constituyen cada segundo de video, otorgando un control preciso de cada actividad realizada, logrando de esta manera determinar con exactitud el comienzo y fin de cada una de ellas.

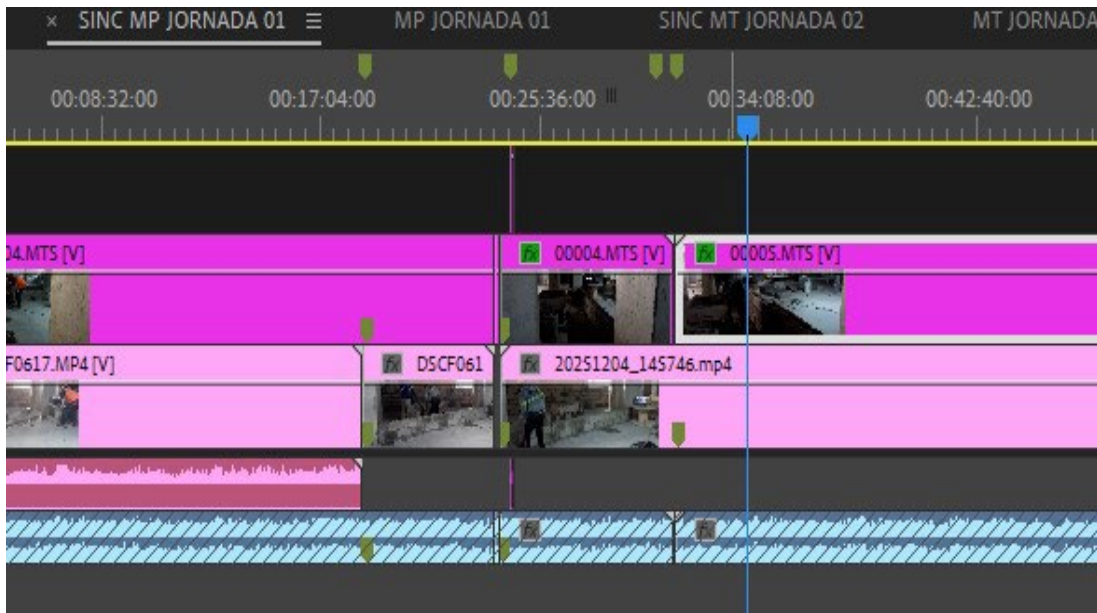


Figura 32. Línea de tiempo y aguja de control, método de hiladas en paralelo (Imagen propia)

Una vez sincronizadas las tomas de cada jornada y de ambas metodologías, y tras correcciones necesarias de imagen, color y exposición debido a las condiciones de iluminación del espacio donde se realizaron los ensayos. Se obtuvieron finalmente 4 líneas de tiempo bien definidas y completas para ser tabuladas y cuantificadas en el siguiente paso del análisis;

- Método tradicional – Jornada 01
- Método hiladas en paralelo – Jornada 01
- Método tradicional – Jornada 02
- Método hiladas en paralelo – Jornada 02

4.3.2 Tabulación y cálculo cronológico de actividades

Con las versiones finales de las jornadas por metodología en una línea de tiempo sincronizada y con ayuda del software de video como herramienta de control temporal, se procedió a la tabulación de tiempos de cada una en orden secuencial, para esto se utilizó el programa de Excel para hojas de cálculo de datos de la empresa Microsoft.

El procedimiento se basó en la reproducción continua, pausada y exhaustiva de cada jornada, con el fin de tabular exactamente el inicio y fin de cada actividad observada y definida en la realización de los ensayos. Anotando cada acción en su orden lógico secuencial, tal como fueron registradas.

La metodología de cálculo consistió en registrar los valores provistos por el cronómetro en el transcurso total de cada actividad y su cálculo se realizó de la siguiente manera;

- Inicio actividad “A”: inicia en 0 horas, 00 minutos y 00 segundos.
- Fin actividad “A”: termina en 0 horas. 01 minutos y 44 segundos.
(duración efectiva de actividad “A”)
- Inicio Actividad “B”: inicia al termino de “A” en 0:01:44
- Fin actividad “B”: termina en 0:01:50
- Cálculo de duración actividad “B”: la duración de la siguiente actividad “B” resulta en la resta del tiempo acumulado o fin de la actividad predecesora “A”, menos el tiempo acumulado a fin de la actividad “B”.

Con esta metodología se logra obtener la duración exacta individual por actividad, el momento dentro de la secuencia temporal cuando se llevó a cabo, y finalmente, la suma de las duraciones finales de cada proceso completo, mismas que debían coincidir con la duración total registrada de los procesos en la fase de ensayos.

En las siguientes tablas se observa el inicio del proceso de cálculo de las primeras jornadas hasta las primeras hiladas, siendo evidente que al momento de terminar de colocar la primera hilada de bloques en el método tradicional en el minuto 07 con 55 segundos, en el método de hiladas en paralelo esta terminó de ser colocada en el minuto 05 con 40 segundos, ganado inicialmente 2 minutos aproximadamente.

MÉTODO TRADICIONAL JORNADA 01 (hh:mm:ss)

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:00:00	0:01:44	0:01:44
<i>Mezcla de Mortero</i>	0:01:44	0:01:50	0:00:06
<i>Llenado de Juntas Horizontales y Verticales</i>	0:01:50	0:02:00	0:00:10
<i>Mezcla de Mortero</i>	0:02:00	0:02:08	0:00:08
<i>Llenado de Juntas Horizontales y Verticales</i>	0:02:08	0:02:30	0:00:22
<i>Mezcla de Mortero</i>	0:02:30	0:02:42	0:00:12
<i>Llenado de Juntas Horizontales y Verticales</i>	0:02:42	0:03:08	0:00:26
<i>Mezcla de Mortero</i>	0:03:08	0:03:24	0:00:16
<i>Llenado de Juntas Horizontales y Verticales</i>	0:03:24	0:03:44	0:00:20
<i>Colocación de Bloques HILADA 01</i>	0:03:44	0:07:55	0:04:11

Tabla 10. Tabulación y cálculo de duración, método tradicional jornada 01 (Elaboración propia)

MÉTODO HILADAS EN PARALELO JORNADA 01 (hh:mm:ss)

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
<i>Llenado de Juntas Horizontales y Verticales</i>	0:00:00	0:01:24	0:01:24
<i>Colocación de Bloques HILADA 01</i>	0:01:24	0:05:40	0:04:16
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:05:40	0:06:07	0:00:27
<i>Mezcla de Mortero</i>	0:06:07	0:06:35	0:00:28
<i>Llenado de Juntas Horizontales y Verticales</i>	0:06:35	0:08:55	0:02:20
<i>Mezcla de Mortero</i>	0:08:55	0:09:29	0:00:34
<i>Llenado de Juntas Horizontales y Verticales</i>	0:09:29	0:11:35	0:02:06
<i>Colocación de Bloques HILADA 02</i>	0:11:35	0:16:10	0:04:35

Tabla 11. Tabulación y cálculo de duración, método hiladas en paralelo jornada 01 (Elaboración propia)

Continuando el mismo proceso secuencial de cada jornada completa, se realizó una revisión adicional de los tiempos obtenidos para la corroboración y veracidad de los datos, volviendo a revisar cada acción de comienzo a fin, cerciorándose que la suma de duraciones por actividad resulte en la duración total de cada ensayo.

De esta manera se obtuvieron las hojas de cálculo de tabulación por cronometraje general de cada metodología, obteniendo la duración total del proceso constructivo de cada muro, permitiendo además la agrupación y cuantificación de duraciones totales por actividad, de manera que se pueda analizar el impacto individual de cada acción y su incidencia dentro de cada metodología.

A continuación, los tiempos totales obtenidos por actividad de colocación de hiladas de bloque con el método tradicional en ambas jornadas.

MÉTODO TRADICIONAL BLOQUES JORNADA 01

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
<i>Colocación de Bloques HILADA 01</i>	0:03:44	0:07:55	0:04:11
<i>Colocación de Bloques HILADA 02</i>	0:18:05	0:21:18	0:03:13
<i>Colocación de Bloques HILADA 03</i>	0:30:08	0:34:03	0:03:55
<i>Colocación de Bloques HILADA 04</i>	0:43:50	0:47:58	0:04:08
<i>Colocación de Bloques HILADA 05</i>	0:56:57	1:00:05	0:03:08
			0:18:35

MÉTODO TRADICIONAL BLOQUES JORNADA 02

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
<i>Colocación de Bloques HILADA 06</i>	0:05:20	0:07:56	0:02:36
<i>Colocación de Bloques HILADA 07</i>	0:17:29	0:21:01	0:03:32
<i>Colocación de Bloques HILADA 08</i>	0:28:13	0:29:07	0:00:54
<i>Colocación de Bloques HILADA 08</i>	0:30:04	0:32:17	0:02:13
<i>Colocación de Bloques HILADA 09</i>	0:40:33	0:44:53	0:04:20
			0:13:35

Tabla 12. Duraciones por colocación de bloque, método tradicional (Elaboración propia)

En comparación las duraciones por hilada de bloque con el método de hiladas en paralelo.

MÉTODO H. PARALELO BLOQUES JORNADA 01

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Colocación de Bloques HILADA 01	0:01:24	0:05:40	0:04:16
Colocación de Bloques HILADA 02	0:11:35	0:16:10	0:04:35
Colocación de Bloques HILADA 03	0:22:00	0:27:29	0:05:29
Colocación de Bloques HILADA 04	0:32:40	0:36:56	0:04:16
Colocación de Bloques HILADA 05	0:41:37	0:45:05	0:03:28
Colocación de Bloques HILADA 06	0:50:45	0:53:29	0:02:44
			0:24:48

MÉTODO H. PARALELO BLOQUES JORNADA 02

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Colocación de Bloques HILADA 07	0:01:57	0:02:28	0:00:31
Colocación de Bloques HILADA 07	0:02:43	0:05:28	0:02:45
Colocación de Bloques HILADA 08	0:09:17	0:11:40	0:02:23
Colocación de Bloques HILADA 08	0:12:01	0:12:13	0:00:12
Colocación de Bloques HILADA 09	0:15:43	0:18:35	0:02:52
Colocación de Bloques HILADA 10	0:24:02	0:26:45	0:02:43
Colocación de Bloques HILADA 11	0:30:10	0:32:42	0:02:32
			0:13:58

Tabla 13 Duraciones por colocación de bloque, método hiladas en paralelo (Elaboración propia)

Como se puede observar, los tiempos generales de colocación de bloque se mantienen consistentes en ambas metodologías, con ligeras variaciones de entre 6 minutos aproximadamente entre las primeras jornadas y de 23 segundos en las segundas jornadas. Algo similar sucede al comparar las actividades de llenado mortero de juntas horizontales y verticales, ambas actividades consideradas productivas y parte esencial de proceso de armado del muro.

Sin embargo, este no es el caso con las actividades de mezcla de mortero y ajustes por hiladas, bloques y pausas. Si bien en la observación directa esta diferencia fue

aparente y esperada dentro del contexto de los ensayos, el poder visualizar con cifras los valores reales de cada metodología aporta una visión más detallada e integral de cada actividad.

MÉTODO TRADICIONAL AJUSTES Y PAUSAS JORNADA 01

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:00:00	0:01:44	0:01:44	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:07:55	0:09:01	0:01:06	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:16:17	0:18:05	0:01:48	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:21:41	0:22:20	0:00:39	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:28:27	0:30:08	0:01:41	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:41:45	0:43:50	0:02:05	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:52:00	0:52:40	0:00:40	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:55:44	0:56:57	0:01:13	0:10:56

MÉTODO TRADICIONAL AJUSTES Y PAUSAS JORNADA 02

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:00:25	0:01:43	0:01:18	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:02:05	0:03:39	0:01:34	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:12:06	0:15:46	0:03:40	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:21:01	0:21:23	0:00:22	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:23:22	0:24:20	0:00:58	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:26:33	0:27:37	0:01:04	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:35:18	0:36:52	0:01:34	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:37:03	0:39:04	0:02:01	0:12:31

Tabla 14 Duraciones por ajustes y pausas, método tradicional (Elaboración propia)

Se pueden cuantificar aproximadamente 23 minutos con 27 segundos en total de reajustes de bloques, hiladas y pausas en el método tradicional, en contraste se presentan los registros del método de hiladas en paralelo, siendo un caso similar los tiempos comparados de mezcla de mortero.

MÉTODO H. PARALELO AJUSTES Y PAUSAS JORNADA 01

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:05:40	0:06:07	0:00:27	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:21:43	0:22:00	0:00:17	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:32:16	0:32:40	0:00:24	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:36:56	0:37:17	0:00:21	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:48:54	0:49:11	0:00:17	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:49:23	0:50:12	0:00:49	0:02:35

MÉTODO H. PARALELO AJUSTES Y PAUSAS JORNADA 02

ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:02:28	0:02:43	0:00:15	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:11:40	0:12:01	0:00:21	
<i>Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas</i>	0:23:24	0:24:02	0:00:38	0:01:14

Tabla 15 Duraciones por ajustes y pausas, método tradicional (Elaboración propia)

Preliminarmente se evidencia una marcada reducción de estos tiempos improductivos en ambas jornadas del método de hiladas en paralelo en comparación al método tradicional. Con el objetivo de obtener una perspectiva más objetiva y global de estos valores, se procede a la comparación de los totales por actividad y su incidencia general en ambas metodologías constructivas.



Figura 33. Reajuste de bloque, método tradicional: 14 minutos y 24 segundos. (Imagen propia)

4.3.3 Análisis comparativo entre metodologías

El análisis comparativo de resultados obtenidos en el ensayo experimental entre el método tradicional y el método de hiladas en paralelo permitió identificar diferencias relevantes en términos de tiempo de ejecución, distribución de actividades, control del proceso constructivo y la dinámica de la cuadrilla entre las metodologías.

Estos resultados finales no se limitan a reducciones puntuales de tiempo o consumo de material, sino que responden a una reorganización estandarizada del proceso constructivo. Los resultados se derivan del análisis sistemático de los registros audiovisuales, el cronometraje continuo en obra, la tabulación y cuantificación de datos, según los lineamientos definidos en la metodología del estudio.

DURACIÓN POR ACTIVIDAD MÉTODO TRADICIONAL

<i>ACTIVIDAD</i>	JORNADA 01	JORNADA 02	DURACIÓN	
<i>Colocación de bloques por hilada</i>	0:18:35	0:13:35	0:32:10	
<i>Ajustes hiladas, bloques y pausas</i>	0:10:56	0:12:31	0:23:27	
<i>Mezcla de mortero</i>	0:09:06	0:03:07	0:12:13	
<i>Llenado de juntas horizontales y verticales</i>	0:24:59	0:15:40	0:40:39	1:48:29

DURACIÓN POR ACTIVIDAD MÉTODO PARALELO

<i>ACTIVIDAD</i>	JORNADA 01	JORNADA 02	DURACIÓN	
<i>Colocación de bloques por hilada</i>	0:24:48	0:13:58	0:38:46	
<i>Ajustes hiladas, bloques y pausas</i>	0:02:35	0:01:14	0:03:49	
<i>Mezcla de mortero</i>	0:02:35	0:01:35	0:04:10	
<i>Llenado de juntas horizontales y verticales</i>	0:23:31	0:15:55	0:39:26	1:26:11

Tabla 16. Duraciones totales por actividad y metodología (Elaboración propia)

Una vez obtenidos los valores totales de las actividades de cada metodología, se puede corroborar que, si bien los tiempos de actividades complementarias por reajustes de bloque y mezcla de mortero se redujeron significativamente entre los métodos, los valores de actividades productivas directamente relacionadas con la edificación de los muros como la colocación de los bloques y el llenado de juntas de mortero se mantuvieron constantes.

Incluso se registra un aumento de 6 minutos con 36 segundos en el caso de la colocación de bloques en el método de hiladas en paralelo, evidenciando que el ahorro de tiempo entre los ensayos no se logra por un incremento forzado en la velocidad del proceso constructivo, sino en la reducción de tiempos improductivos como reajustes de bloques, colocación de hilo, pausas operativas y la reorganización efectiva del trabajo de la cuadrilla, concretamente en la incidencia del peón al tener lista la mezcla de mortero.

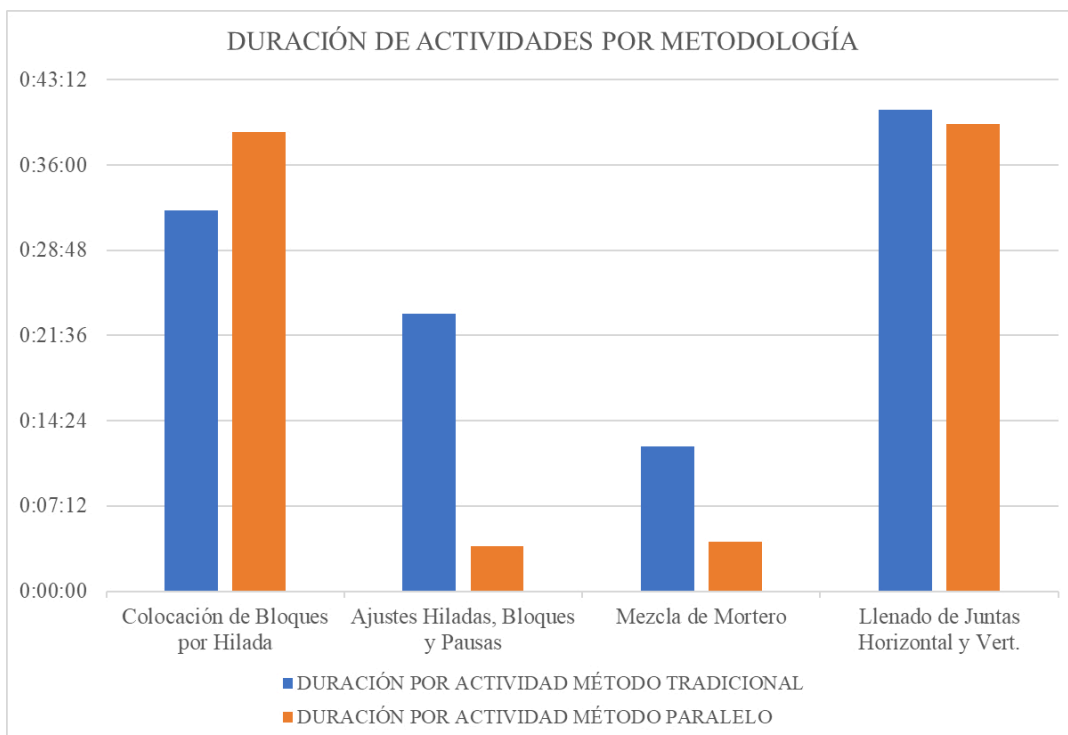


Figura 34. Gráfico comparativo de duración por actividad entre metodologías. (Imagen propia)

Con el fin de obtener un valor de ahorro total logrado en términos de porcentaje de beneficio, se aplicó el concepto de Lean: transformación – flujo – valor desarrollado por Lauri Koskela, buscando optimizar el proceso a través de una transformación de tareas, optimizando el flujo de trabajo y maximizando el valor entregado (Pillo, 2021).

Se obtuvo la diferencia de tiempos totales entre los métodos, aplicando la fórmula del ahorro absoluto de ingresos menos gastos, adaptada a la gestión de tiempos, tomando el tiempo total del método tradicional como tiempo inicial de referencia, y el tiempo total del método de hiladas en paralelo como tiempo final;

- Ahorro absoluto: Tiempo inicial – Tiempo final
- Ahorro absoluto: 1 h: 48 m: 29 s – 1 h: 26 min: 11 s
- Ahorro absoluto: 22 minutos con 18 segundos

Aplicando la fórmula de retorno de inversión (ROI) donde se resta la inversión del beneficio neto, dividido para el mismo monto de inversión y multiplicado por 100 para obtener el porcentaje de ganancia o pérdida. Extrapolando los datos obtenidos, sustituyendo el valor invertido como el tiempo total del método tradicional y el ahorro de 22m 18s como la utilidad obtenida para obtener el porcentaje total de ahorro entre metodologías;

- Porcentaje de Ahorro: $\text{Tiempo inicial} - \text{Tiempo final} / \text{Tiempo inicial} \times 100$
- Porcentaje de Ahorro: $22\text{m } 18\text{s} / 1\text{ h: } 48\text{ m: } 29\text{ s} \times 100$
- Porcentaje de Ahorro: **20,56 %**

El análisis evidencia que el método de hiladas en paralelo representa una reducción global del tiempo de ejecución aproximada del 20,56 % en comparación con el método tradicional, bajo igualdad de condiciones de obra, realizados por la misma cuadrilla.

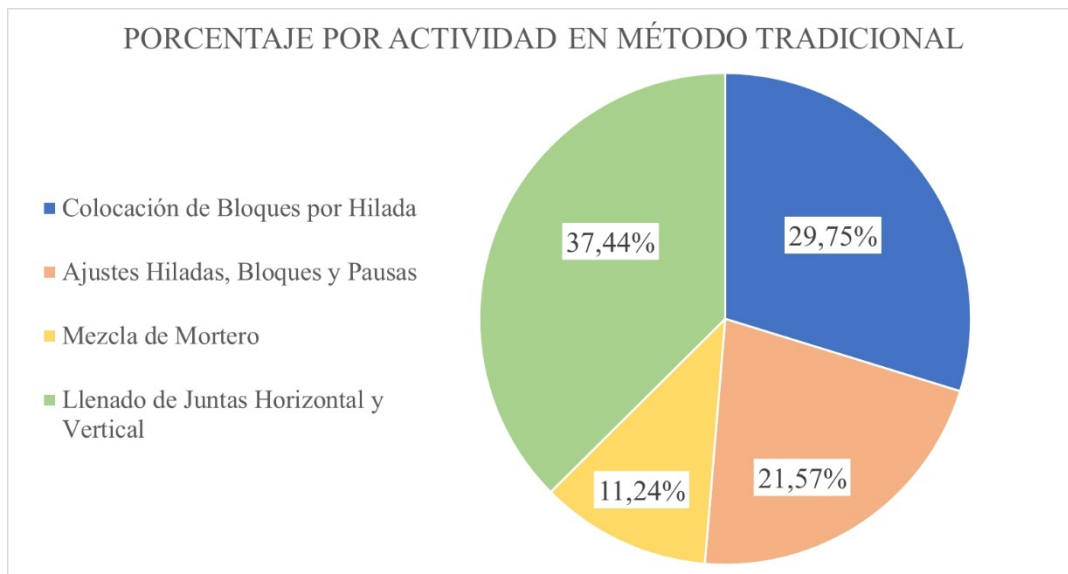


Figura 35. Gráfico porcentual por actividades del método tradicional. (Imagen propia)

En el método tradicional, los constantes ajustes de hilo, bloques y pausas representan aproximadamente el 21,57 % del tiempo total, mientras que en el método de hiladas en paralelo esta actividad se reduce a alrededor del 4,81 %, lo que evidencia un mayor control geométrico desde el inicio del proceso.

Esta disminución confirma que la reorganización del proceso constructivo, apoyada en guías visuales, referencias continuas y secuencias repetitivas, permite minimizar la necesidad de correcciones posteriores.

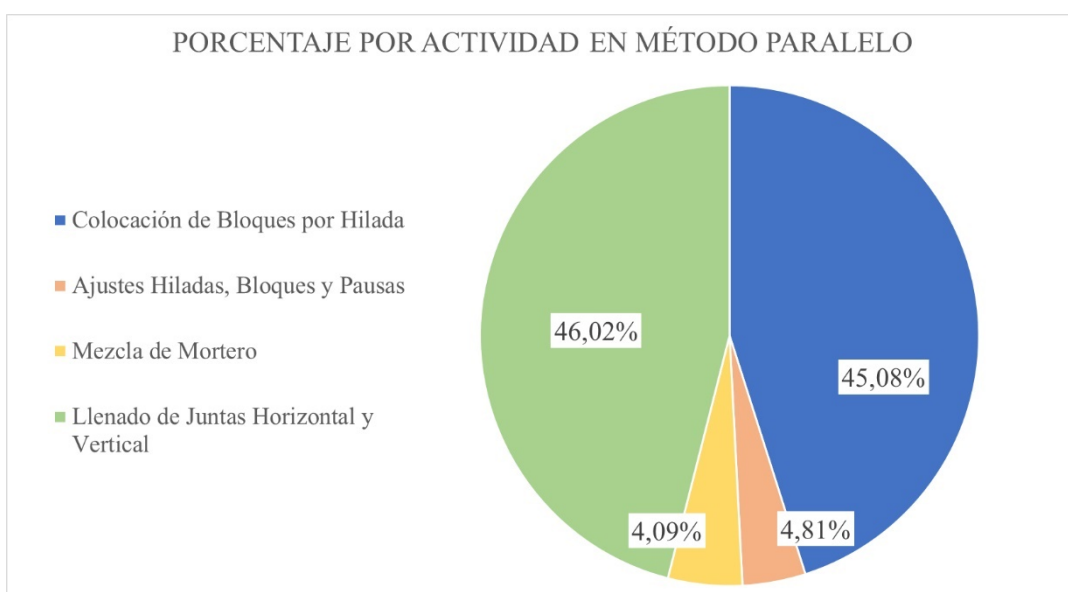


Figura 36. Gráfico porcentual por actividades del método de hiladas en paralelo. (Imagen propia)

De igual manera, se observa que los tiempos productivos como la colocación de bloque y el llenado de juntas de mortero se incrementan en un 15,33 % y un 8,58% respectivamente, alineándose con los conceptos de Lean mencionados por Botero y Álvarez (2004), afirmando que al aumentar los tiempos productivos y disminuir los no contributivos o pérdidas, aumenta la eficacia de mano de obra y su productividad.

La siguiente tabla describe la diferencia de porcentajes en cuanto al aumento de tiempos productivos y reducción de los improductivos entre las dos metodologías.

DIFERENCIAS EN PORCENTAJES ENTRE MÉTODOS TRADICIONAL

<i>ACTIVIDAD</i>	% MT	% MP	% TOTAL
<i>Colocación de bloques por hilada</i>	29,75%	45,08%	15,33%
<i>Ajustes hiladas, bloques y pausas</i>	21,57%	4,09%	17,48%
<i>Mezcla de mortero</i>	11,24%	4,81%	6,44%
<i>Llenado de juntas horizontal y verticales.</i>	37,44%	46,02%	8,58%

Tabla 17. Diferencias de porcentajes por actividad entre metodologías (Elaboración propia)



Figura 37. Ciclo del mejoramiento de productividad, (Adaptado de Botero, Álvarez, 2004)

4.4 Interpretación de resultados

4.4.1 Rendimiento de mano de obra y eficiencia productiva

A partir de los resultados finales del análisis comparativo entre las metodologías, se evidencia que el método de hiladas en paralelo genera mejoras consistentes en el rendimiento de la mano de obra, debido principalmente a una mayor organización del proceso constructivo y a la reducción de interrupciones durante la ejecución, permitiendo una ejecución más fluida y predecible del muro.

Al aplicar el beneficio obtenido con el método de hiladas en paralelo del 20,56% a los valores de rendimiento encontrados en los análisis de precios unitarios de mampostería del proyecto Nadur y los valores descritos en la bibliografía, se puede visualizar el margen de beneficio posible aplicado a cada una de estas instancias.

Multiplicando el valor de rendimiento por el porcentaje de ahorro se obtiene el valor en términos de rendimiento inverso de metros cuadrado /hora hombre (m^2 /hh).

<i>Fuente / Caso de estudio</i>	<i>Rendimiento MT h/m²</i>	<i>Rendimiento MP (-20 %) h/m²</i>	<i>Productividad MT m²/h</i>	<i>Product. MP m²/h</i>	<i>Avance MT m²/día</i>	<i>Avance MP m²/día</i>
<i>Pillo (2021)</i>	0,90	0,72	1,11	1,39	8,9	11,1
<i>Pillo (2021) Caso optimizado</i>	0,71	0,56	1,40	1,78	11,2	14,3
<i>Cruz, Quizhpe y Mendoza (2023)</i>	0,75	0,60	1,33	1,67	10,7	13,3
<i>Cruz, Quizhpe y Mendoza (2023) Caso optimizado</i>	0,60	0,48	1,67	2,08	13,3	16,7
<i>Proyecto Nadur (MT observado)</i>	0,72	0,64	1,25	1,56	10,0	12,5

Tabla 18. Rendimientos, productividad y avance diario, con el ahorro del 20,56% (Elaboración propia)

Como se puede apreciar, independientemente del punto de partida del rendimiento inicial, la aplicación del método de hiladas en paralelo genera una mejora consistente en todos los escenarios analizados. Se evidencia un incremento de la productividad horaria y un mayor avance diario del rubro de mampostería.

En el caso del proyecto Nadur, la mejora aplicada mantiene coherencia técnica y confirma que el beneficio del método no depende exclusivamente de condiciones ideales, sino de la reorganización del proceso constructivo, el control geométrico de las hiladas y la reducción de retrabajos. De esta manera, el análisis comparativo demuestra que los beneficios observados son transferibles a otros contextos de vivienda, particularmente a proyectos de interés social, donde pequeñas mejoras en rendimiento diario pueden representar ahorros determinantes en términos de plazo y costos indirectos.

La repetitividad del proceso mejora la coordinación de la cuadrilla, aspecto observado en campo y verificado en el análisis de los registros, optimizando el ritmo de trabajo, y al mismo tiempo, reduce la dependencia de la experiencia empírica del albañil. En este sentido, el método de hiladas en paralelo presenta un potencial cuantificable para incrementar la productividad en proyectos donde la mano de obra suele tener niveles de capacitación desiguales, aspecto fundamental del presente investigación y que es la condición más frecuente en proyectos de vivienda del país.



Figura 38. Muros realizados dentro del ensayo con ambas metodologías (imagen propia)

4.4.2 Consumo de materiales y efectos logísticos

Considerando el consumo de material, más concretamente el mortero de junta, ya desde la fase experimental se pudo evidenciar el uso de 9 sacos de mortero premezclado Pegablock Tipo N en su versión de 40 kg para la elaboración el método tradicional, en directa relación a juntas horizontales de 20 mm y juntas verticales de hasta 30 mm respectivamente, esto sumado al desperdicio observado en obra.

En contraste, el método de hiladas en paralelo utilizó 6 sacos del mismo material, optimizando el consumo en un 30% aproximadamente, debido a la junta controlada de 10 mm se pudo reducir el volumen de mortero requerido comparado al método tradicional.

De acuerdo con la tabla 9 de rendimientos de mampostería de concreto para Ecuador de la ficha técnica de Pegablock Tipo N de 40 kg, para bloques de 14 cm x 19 cm x 39 cm, con un espesor de junta de 10 mm, ocuparía de 17 a 20 bloques y de 11 a 13 bloques con juntas de 15 mm:

- Método tradicional (15 mm a 20 mm): $108 \text{ bloques} / 12 = 9 \text{ sacos de mortero}$.
- Método de hiladas en paralelo (10 mm): $110 \text{ bloques} / 18 = 6 \text{ sacos de mortero}$.

Confirmando la información del fabricante y lo experimentado in situ.



Figura 39. Mezcla de sacos de pegablock tipo N de 40 kg, utilizados en los ensayos (Imagen propia)

Este ahorro no solo tiene implicaciones económicas, también se identifican beneficios logísticos relevantes, la disminución del volumen de mortero requerido implica una reducción de transporte interno en obra, aspecto evidenciado en el método tradicional, donde el peón estuvo menos presente en el proceso constructivo, justamente por la necesidad de más material, ajuste del espacio de trabajo y pausas no planificadas.

En consecuencia, una menor cantidad de material en circulación contribuye a reducir interferencias con otras actividades de obra y facilita la limpieza y orden del área de trabajo, aspectos que, aunque frecuentemente subestimados, tienen un impacto directo en la eficiencia general del proceso constructivo.

4.4.3 Impacto económico y programación de obra

El conjunto de beneficios descritos en cuanto a de rendimiento de mano de obra y el control en el consumo de materiales representan un impacto económico positivo para el rubro de mampostería, no solo en términos de reducción de costos, sino también como una optimización previsible del proceso como método de control de obra y presupuesto.

Desde la perspectiva del cronograma, la disminución progresiva del tiempo de mampostería contribuye a una disminución en el plazo de ejecución del rubro, reduciendo a su vez las interferencias con actividades posteriores como instalaciones y acabados. Generando efectos positivos en la planificación general de obra.

Además, la liberación de mano de obra y materiales genera un beneficio de oportunidad, permitiendo asignar estos recursos a distintos frentes de trabajo o mejoras en la calidad de acabados sin incrementar el presupuesto inicial del proyecto.

Es necesario recalcar que los beneficios descritos no son resultados absolutos, se interpretan bajo condiciones reales de obra, con una cuadrilla convencional, sin intervenciones forzadas en la labor de la cuadrilla más allá de inclusión del método

propuesto y los conceptos aplicables de Lean Construction (Construcción esbelta). Sin embargo, factores como la experiencia de la cuadrilla, las dimensiones, calidad y suministro de materiales y por último, pero no menos importante, las condiciones climáticas que pueden influir en los resultados finales.

En síntesis, el proceso de análisis evidencia que el método de hiladas en paralelo no solo introduce mejoras cuantificables, sin que también propone un proceso más ordenado y estandarizado, compatible con los principios de calidad, productividad y eficiencia desarrollados en el marco teórico y la metodología del proyecto.

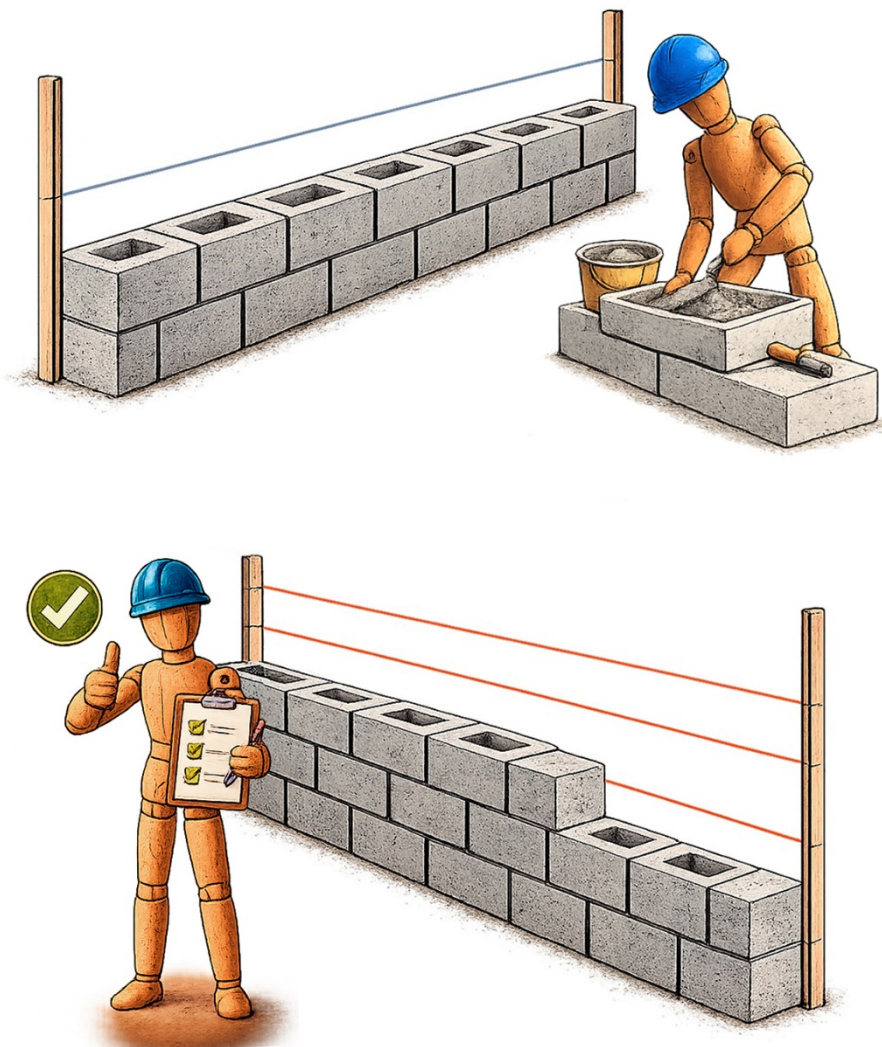


Figura 40. Ilustraciones representativas de las metodologías de mampostería analizadas (Imagen propia)

4.5 Evaluación REBA

Continuando con el análisis integral de los ensayos experimentales, se aplico el método de evaluación rápida del cuerpo entero (REBA) con el fin de identificar y comparar la carga postural presente en el proceso constructivo de mampostería bajo el método tradicional y el método de hiladas en paralelo.

La evaluación se centró en las posturas predominantes del albañil durante las actividades más representativas definidas al comienzo de la fase de análisis y que constituyen el proceso constructivo. Se consideró tanto a los grupos corporales definidos por el método y previamente descritos en el marco teórico, así como criterios adicionales del método;

- Grupo A – tronco, cuello y piernas: permitiendo evaluar posturas de flexión, extensión y torción durante la colocación de bloques, especialmente en las hiladas inferiores y durante ajustes.
- Grupo B – brazos, antebrazos y muñecas: analizando la manipulación de bloques, la ejecución de juntas de mortero y el uso de herramientas manuales.
- Criterios extra – carga / fuerza, agarre y actividad: Estos factores tienen relación directa a la mampostería en términos de repetitividad, tipo de actividad muscular y peso de carga individual del bloque.



Figura 41. Flexión y extensión de tronco en ambas metodologías de mampostería. (Imagen propia)

4.5.1 Evaluación REBA método tradicional

A través del análisis REBA de las actividades y posiciones más representativas del método tradicional de mampostería, se pudo evidenciar una concentración de puntuaciones entre los rangos de riesgo alto, llegando a una puntuación total de 11, implicando la necesidad de intervención inmediata según la escala oficial del método.

Estos resultados se deben a los siguientes factores;

- Flexión pronunciada del tronco: ángulos superiores 60°, especialmente durante la colocación de bloques en las primeras hiladas inferiores, el llenado de sus juntas y los ajustes de bloque e hilo por hilada.
- Flexión de extremidades superiores: flexión de brazo y antebrazos superiores a 120°, ambas debido al posicionamiento del bloque y al control y ajuste manual de alineamiento.
- Posturas sostenidas de cuello: flexión de cuello constante por necesidad de inspección reiterada.
- Manipulación repetida de carga: considerando el peso nominal del bloque de hormigón tipo B, de entre 10 y 12 kg.
- Repetitividad y duración de posturas: directamente relacionado a la mezcla de mortero parcialmente asistida, por falta de distribución adecuada de tareas de cuadrilla.

La falta de referencias visuales obliga al albañil a realizar ajustes constantes, aumentando el número de posturas forzadas, su duración y repetitividad de los movimientos. Estas condiciones incrementan la puntuación global REBA, aumentando la exposición a lesiones y absentismo de la cuadrilla, resultados acorde a los estudios similares del sector como la aplicación del método REBA por parte de Cuenca (2020).

MÉTODO TRADICIONAL
SUMA DE TABLAS A - B - C / CARGA - AGARRE - ACTIVIDAD

	CARGA / FUERZA	AGARRE	ACTIVIDAD	TOTALES
TOTAL A	5	2		7
TOTAL B	6	1		7
TOTAL C	9		2	11

Tabla 19. Tabla final de cálculo método REBA aplicado al método tradicional (Elaboración propia)

Los puntos otorgados por actividad que se agregan al total acumulado de la tabla C que agrupa los valores obtenidos de los grupos del cuerpo A y B, están relacionados a la mezcla de mortero y los ajustes de hiladas, bloques y pausas. Como se pudo verificar en el análisis previo, en el método tradicional se registraron instancias que cumplen con ambas condiciones por actividad del método;

- Factor actividad 01: +1 punto si una o más partes del cuerpo están estáticas o aguantadas por más de 1 minuto.
- Factor actividad 02: +1 punto si existen movimientos repetitivos superiores a 4 veces por minuto.

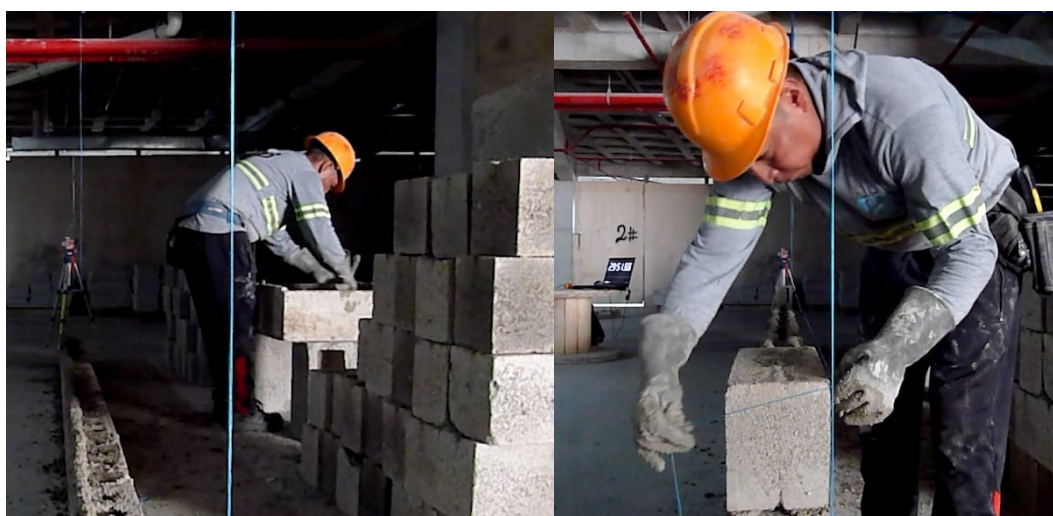


Figura 42. Actividades de mezcla de mortero y ajustes de hiladas en método tradicional. (Imagen propia)

4.5.2 Evaluación REBA método paralelo

En contraste, al aplicar el análisis al método de hiladas en paralelo, se pudo evidenciar que la reorganización del proceso de trabajo incide en el impacto de la carga postural ya que el uso de los hilos guía previamente nivelados, el control del espesor de juntas dentro de los rangos definidos por la normativa y la correcta distribución de tareas de la cuadrilla, disminuyen drásticamente el tiempo invertido por el albañil en las actividades que aportaron 2 puntos extras en el caso del método tradicional.

MÉTODO HILADAS EN PARALELO
SUMA DE TABLAS A - B - C / CARGA - AGARRE - ACTIVIDAD

	CARGA / FUERZA	AGARRE	ACTIVIDAD	TOTALES
TOTAL A	4	2		6
TOTAL B	6	1		7
TOTAL C	9		0	9

Tabla 20. Tabla de cálculo método REBA aplicado al método de hiladas en paralelo (Elaboración propia)

La evaluación resultó en una puntuación global de 9, correspondiente a un nivel de riesgo alto con una necesidad pronta de intervención que, si bien no disminuye significativamente el riesgo debido a las posturas exigentes propias del rubro, la reorganización del proceso permite una reducción medible de la carga acumulada, brindando un margen de tiempo para la toma de decisiones dentro de obra.

Entre los factores que influyen en la disminución de la puntuación;

- Leve disminución del ángulo de flexión del tronco: al tener las hiladas en paralelo, no se evidenció una torsión exagerada de más de 60°, reduciendo este puntaje en particular en un 1 punto con respecto al otro método.

- Reducción de ajustes repetitivos: al mantener un mejor control geométrico, se redujo la necesidad de correcciones posteriores, por ende, menos flexiones.
- Mejor organización de la cuadrilla: el peón asume un papel más activo y predecible al avance progresivo del muro, preparando a tiempo el suministro de mortero, liberando al albañil de estas tareas por periodos acumulados de actividad.
- Menor tiempo en posturas forzadas: al disminuir desplazamientos innecesarios y optimizar la secuencia de colocación de bloques.

NIVELES DE RIESGO/ ACCIÓN

NIVEL DE ACCIÓN	PUNTUACIÓN	NIVEL DE RIESGO	INTERVENCIÓN
0	1	Inapreciable	No necesario
1	2 - 3	Bajo	Puede ser necesario
2	4 - 7	Medio	Necesario
3	8 - 10	Alto	Necesario pronto
4	11 - 15	Muy alto	Acción inmediata
			TOTAL REBA 9

Tabla 21. Niveles de riesgo y acción, método de hiladas en paralelo (Adaptado de NTP 601,2003)

4.5.3 Comparación y análisis de resultados REBA

Al comparar las puntuaciones obtenidas de cada método, si bien la diferencia pareciera ser menor a simple vista, la disminución consistente en los niveles de riesgo ergonómico presenta beneficios a largo plazo, considerando que la mayoría de las afectaciones y lesiones de esta naturaleza tienen, de igual manera, un proceso extendido de efectos negativos en la salud.

La diferencia de puntaje entre los métodos, aunque no representa una eliminación del riesgo ergonómico inherente a la mampostería, se entiende como una mejora en términos preventivos, al cambiar la exposición fuera del rango de intervención inmediata, aportando control y tiempo de acción.

Estos resultados no se interpretan como valores absolutos, sino mas bien como tendencias comparativas que evidencian un impacto positivo de la reorganización del proceso y sus condiciones de trabajo, dentro de los parámetros de mejora continua, prevención de riesgos en el sector de la construcción.

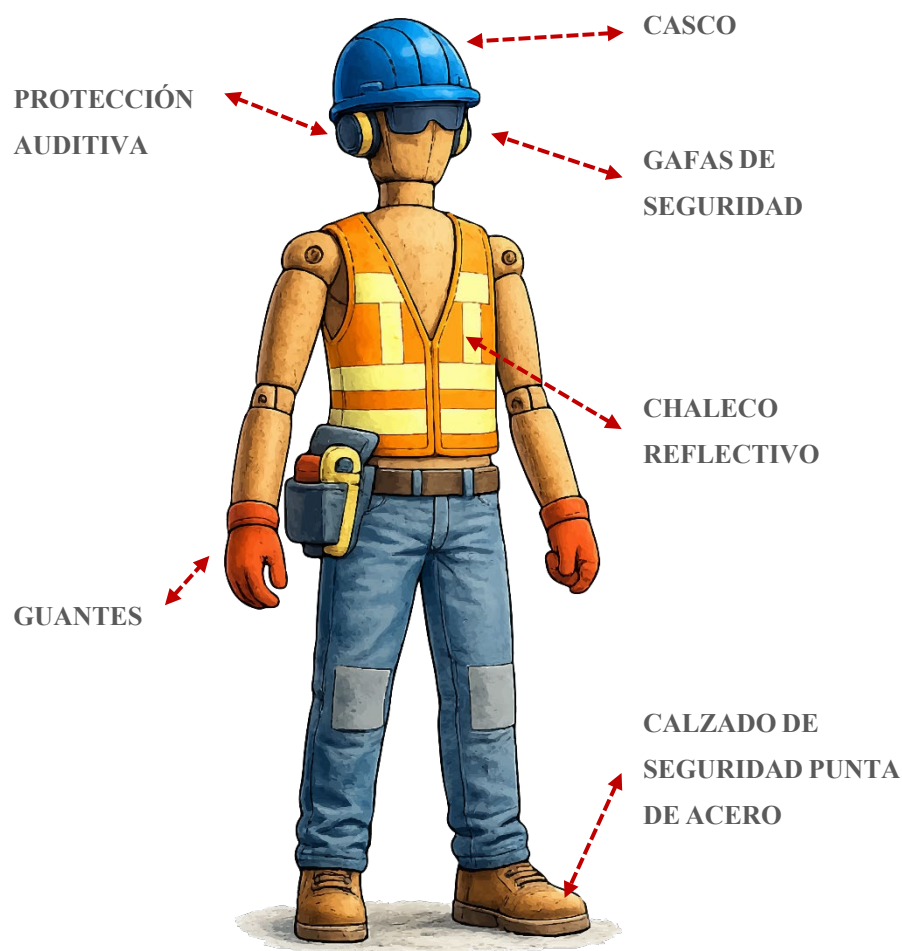


Figura 43. Ilustración del maniquí ergonómico con EPP necesario para mampostería. (Imagen propia)

Conclusiones

La ejecución controlada y comparativa de los dos procesos de colocación de mampostería, el método tradicional y el método de tendido de hiladas en paralelo, desarrollados bajo condiciones equivalentes de obra y siguiendo los parámetros definidos en la metodología experimental del Capítulo III, permitió cumplir los objetivos planteados en la presente investigación y validar técnicamente la propuesta metodológica planteada.

La aplicación de una metodología experimental integral, basada en la medición de tiempos, el control geométrico, el análisis del consumo de materiales y la evaluación ergonómica mediante el método REBA, permitió analizar el proceso constructivo de la mampostería no solo desde una perspectiva productiva, sino también desde la calidad de ejecución, la organización del trabajo y la seguridad ocupacional. Esta configuración metodológica demostró ser adecuada para identificar diferencias reales, objetivas y comparables entre ambos métodos.

En términos de productividad, los resultados evidencian que el método de hiladas en paralelo permite una mejora significativa en el rendimiento de la mano de obra, con una reducción aproximada del 20 % en el tiempo efectivo de ejecución respecto al método tradicional. Este ahorro no responde a una intensificación forzada del trabajo del albañil, sino a la eliminación de tiempos improductivos asociados principalmente a reajustes constantes de bloques, piola y alineaciones.

Mientras que en el método tradicional estas actividades representan una porción relevante del tiempo total de ejecución, en el método propuesto se reducen sustancialmente gracias al control previo de las hiladas y a una mejor planificación del proceso. Al extrapolar estos resultados a una vivienda tipo regulada por la NEC-SE-VIVIENDA (2015), con un aproximado de entre 100 y 120 m² de mampostería, se estima

un ahorro promedio de entre 12 y 15 horas-hombre por vivienda. En escenarios de conjuntos habitacionales de 10 a 30 viviendas, este beneficio se amplifica de manera considerable, alcanzando ahorros acumulados con impactos directos en los plazos de ejecución y en los costos asociados al rubro.

Respecto al consumo de materiales, el control previo del espesor de las juntas y la estandarización del proceso permitieron una optimización significativa en el uso del mortero de pega. Los ensayos demostraron que, para superficies equivalentes, el método tradicional requirió 9 sacos de mortero, debido principalmente a juntas irregulares y correcciones posteriores, mientras que el método de hiladas en paralelo utilizó 6 sacos al mantener juntas controladas de aproximadamente 10 mm, valores coherentes con las recomendaciones del fabricante y con la normativa técnica revisada.

Este ahorro, extrapolado a una vivienda tipo y posteriormente a conjuntos habitacionales, no solo representa un beneficio económico directo, sino que reduce el acarreo interno, la manipulación manual de cargas y el desperdicio de materiales, contribuyendo a prácticas constructivas más sostenibles mediante un uso más eficiente de los recursos y una menor generación de impactos asociados al transporte y manejo de insumos.

Desde el punto de vista del control geométrico, la metodología propuesta facilitó un mejor cumplimiento de los criterios de plomo, nivel, alineación y espesor de juntas, de acuerdo con los rangos establecidos en la normativa nacional e internacional analizada. La utilización de guías de hiladas previamente definidas permitió anticipar el control dimensional antes de la colocación de los bloques, reduciendo la acumulación de errores y la necesidad de correcciones posteriores. Este aspecto resulta relevante para la calidad y el desempeño del sistema de mampostería estructural, especialmente en edificaciones ubicadas en zonas de amenaza sísmica como lo es el Ecuador.

La evaluación ergonómica mediante el método REBA confirmó que la reorganización del proceso constructivo incide directamente en la reducción de la exposición a posturas forzadas y movimientos repetitivos de riesgo. El método tradicional presentó niveles de riesgo muy altos, asociados a flexiones prolongadas del tronco, torsiones frecuentes y a la ejecución simultánea de tareas por parte del albañil.

En contraste, el método de hiladas en paralelo, al redistribuir funciones dentro de la cuadrilla, ordenar el frente de trabajo y reducir los reajustes continuos, mostró una disminución clara en la carga postural, desplazando la evaluación hacia niveles de riesgo menores. Estos resultados refuerzan la importancia de incorporar evaluaciones ergonómicas en el análisis de procesos constructivos, como una herramienta preventiva frente a las lesiones musculoesqueléticas recurrentes en el sector de la construcción.

La investigación evidencia que los beneficios obtenidos no son aislados, sino que se alinean con los principios de Lean Construction (Construcción esbelta) desarrollados en el marco teórico, tales como la eliminación de desperdicios, la mejora del flujo de trabajo, la estandarización de procesos y la optimización de los recursos humanos y materiales. En este sentido, el método de hiladas en paralelo se presenta como una estrategia de racionalización del proceso de mampostería adaptable a distintas configuraciones de obra, sin requerir inversiones significativas ni cambios drásticos en los materiales o en el oficio del albañil

<i>Variable evaluada</i>	<i>Unidad</i>	<i>Método tradicional</i>	<i>Hiladas en paralelo</i>
<i>Productividad</i>	h/m ²	0,60	0,48
<i>Tiempo total ensayo</i>	min	108,5	86,2
<i>Espesor de junta</i>	mm	15 – 20	≈ 10
<i>Reajustes geométricos</i>	Nº / observación	Frecuentes	Ocasionales
<i>Consumo de mortero</i>	sacos / 10 m ²	9 – 10	5 – 6
<i>Acarreo manual</i>	kg aprox	Alto	Medio
<i>Puntaje REBA</i>	Escala 1–15	11	9
<i>Nivel de riesgo REBA</i>	Clasificación	Muy alto	Alto
<i>Organización del trabajo</i>	Cualitativo	Reactiva	Planificada

Tabla 22. Relación entre metodología, variables y resultados obtenidos (Elaboración propia)

Finalmente, la elaboración de la guía práctica ilustrada constituye uno de los aportes más relevantes del presente trabajo, al traducir los resultados técnicos, normativos y experimentales en un instrumento didáctico accesible para profesionales, técnicos y cuadrillas de obra. La guía facilita la socialización del método y su aplicación en obras de vivienda de hasta dos pisos, particularmente en proyectos de vivienda de interés social, donde la optimización de tiempos, costos, materiales y condiciones de trabajo resulta determinante.

De esta manera, la investigación no solo cumple con los objetivos académicos planteados, sino que integra de forma coherente criterios de productividad, sostenibilidad y seguridad ocupacional, aportando una herramienta concreta con potencial de impacto real en la práctica constructiva local, en concordancia con la NEC-SE-VIVIENDA (2015.)

Referencias bibliográficas

- Arreaga, A., & Chacón, J. (2023). Estrategias de mejora en la productividad y seguridad en procesos de mampostería en Ecuador. Universidad Central del Ecuador.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá, Colombia.
- Ballard, G., & Howell, G. (2003). Lean Construction: Principles and Practices. *Journal of Construction Research*, 1(1), 1-12.
- Cajamarca-Zúñiga, M., & Campos, J. (2023). Estado del conocimiento técnico y uso de la mampostería en Ecuador: Deficiencia de los programas locales de educación superior en ciencias de la construcción. *Anales de Edificación*, 9(2), 120-132. <https://doi.org/10.20868/abe.2023.2.5113>
- Crespo, M. (2015). Aplicación de los principios de Lean Construction en procesos de edificación. *Revista Ingeniería y Sociedad*, 22(3), 45-58.
- Cruz, D., Quizhpe, M., & Mendoza, A. (2023). Evaluación del rendimiento de mano de obra en obras de mampostería: estudio comparativo de productividad. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 38(2), 57-69.
- Harari, R., Ghersi, R., Comi, N., Banguera, M., Leocata, G., & Harari, J. F. (2000). Trabajo y salud en Ecuador: Antecedentes, experiencias y perspectivas. Quito, Ecuador: Abya-Yala. https://digitalrepository.unm.edu/abya_yala/515
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2014). INEN 638: Bloques de hormigón. Requisitos. Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (2003). NCh 2123: Mampostería estructural – Requisitos. Santiago, Chile.

- Kibria, G. (2023). Ergonomic risk assessment of brick masonry workers using the REBA method. *International Journal of Construction Ergonomics*, 29(1), 14-23.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2015a). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-MP: Mampostería estructural. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2015b). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-VIVIENDA. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Norma Técnica E.070: Mampostería. Lima, Perú.
- Ministerio de Trabajo del Ecuador. (2018). Guía técnica de ergonomía y prevención de lesiones músculo-esqueléticas en el sector de la construcción. Quito, Ecuador.
- Olman Hernández Ureña, & Pérez González, J. (2011). Bases del lenguaje gráfico en arquitectura. San José, Costa Rica: Editorial UCR.
- Panorama-Nacional-de-Salud-de-los-Trabajadores-Encuesta de Condiciones de Trabajo y Salud (2022). (2022). Quito, Ecuador: Ministerio de Salud Pública del Ecuador.
- Pillo, D. (2022). Estudio comparativo de productividad en obras de mampostería estructural en Quito. Universidad Central del Ecuador.
- Quinde, J. A., Jiménez-Pacheco, J., & Ortega-Guamán, E. (2023). Revisión de normas de diseño para mampostería confinada en Latinoamérica: propuestas para la Norma Ecuatoriana de Construcción. *Revista Politécnica*, 51(1), 77-87.
<https://doi.org/10.33333/rp.vol51n1.07>

- Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). (2022). Evaluación de riesgos ergonómicos en el sector de la construcción ecuatoriano mediante el método REBA. Loja, Ecuador: Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). (2018). Boletín estadístico N.º 24 del Seguro General de Riesgos del Trabajo (nov.–dic. 2018). Quito, Ecuador.
https://www.iesse.gob.ec/documents/10162/51889/Boletin_estadistico_2018_nov-dic.pdf
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2003). NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment) (NTP 601). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
<https://www.insst.es/documentacion/coleccion-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/17-serie-ntp-numeros-576-a-610-ano-2003/ntp-601-evaluacion-de-las-condiciones-de-trabajo-carga-postural.-metodo-reba-rapid-entire-body-assessment>.

Anexos

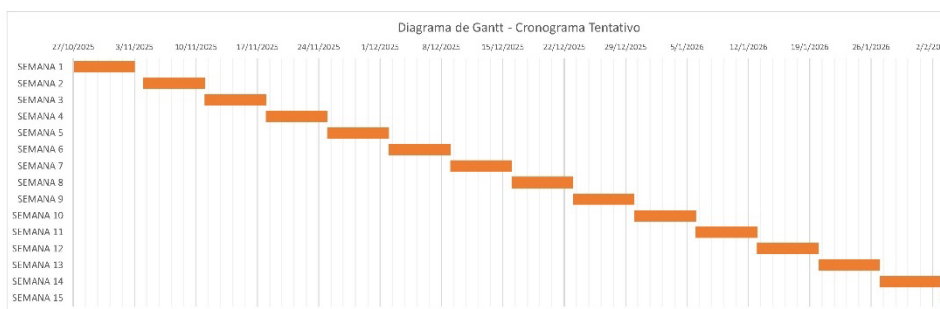
PUCETEC - Tecnología Superior en Construcción
Integración Curricular II
Cronograma Proyecto de Titulación- Diagrama de Gantt



Docente: Arq. Marco A. Vazconez
Estudiante: Marco Pico
Fecha: 21 de octubre de 2025

Inicio proyecto 27/10/2025
Fin proyecto 10/2/2026

Semanas	Nombre actividad	Fecha inicio	Duración días	Fecha fin
SEMANA 1	Revisión del tema aprobado y definición del problema de investigación	27/10/2025	7	3-nov
SEMANA 2	Redacción del borrador del Capítulo I	4/11/2025	7	11-nov
SEMANA 3	Revisión y aprobación del Capítulo I con tutor	11/11/2025	7	18-nov
SEMANA 4	Desarrollo del Marco Teórico (Capítulo II) – Fase 1	18/11/2025	7	25-nov
SEMANA 5	Desarrollo del Marco Teórico (Capítulo II) – Fase 2 y revisión bibliográfica complementaria	25/11/2025	7	2-dic
SEMANA 6	Diseño metodológico y redacción del Capítulo III	2/12/2025	7	9-dic
SEMANA 7	Validación del diseño metodológico y preparación de trabajo de campo	9/12/2025	7	16-dic
SEMANA 8	Ejecución práctica en obra: aplicación del método de tanzas paralelas	16/12/2025	7	23-dic
SEMANA 9	Procesamiento y tabulación de datos experimentales	23/12/2025	7	30-dic
SEMANA 10	Análisis comparativo entre método tradicional y propuesto (Capítulo IV)	30/12/2025	7	6-ene
SEMANA 11	Redacción del Capítulo IV (Análisis y Resultados)	6/1/2026	7	13-ene
SEMANA 12	Discusión de resultados y redacción del Capítulo V (Discusión)	13/1/2026	7	20-ene
SEMANA 13	Redacción del Capítulo VI (Conclusiones y Recomendaciones)	20/1/2026	7	27-ene
SEMANA 14	Revisión integral del documento y ajustes de estilo, formato APA y numeración	27/1/2026	7	3-feb
SEMANA 15	Preparación de presentación final y entrega de tesis al tutor	3/2/2026	7	10-feb



PUCETEC - Tecnología Superior en Construcción
Integración Curricular II
TABULACIÓN DE DATOS: MÉTODO TRADICIONAL JORNADA 01



Docente: Arq. Marco A. Vazconez
Estudiante: Marco Pico
Fecha de Ensayo: 04 de diciembre de 2025

MÉTODO TRADICIONAL JORNADA 01 (hh:mm:ss)			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:00:00	0:01:44	0:01:44
Mezcla de Mortero	0:01:44	0:01:50	0:00:06
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:01:50	0:02:00	0:00:10
Mezcla de Mortero	0:02:00	0:02:08	0:00:08
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:02:08	0:02:30	0:00:22
Mezcla de Mortero	0:02:30	0:02:42	0:00:12
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:02:42	0:03:08	0:00:26
Mezcla de Mortero	0:03:08	0:03:24	0:00:16
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:03:24	0:03:44	0:00:20
Colocación de Bloques HILADA 01	0:03:44	0:07:55	0:04:11
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:07:55	0:09:01	0:01:06
Mezcla de Mortero	0:09:01	0:09:25	0:00:24
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:09:25	0:11:14	0:01:49
Mezcla de Mortero	0:11:14	0:11:48	0:00:34
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:11:48	0:12:33	0:00:45
Mezcla de Mortero	0:12:33	0:13:18	0:00:45
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:13:18	0:14:44	0:01:26
Mezcla de Mortero	0:14:44	0:15:16	0:00:32
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:15:16	0:16:17	0:01:01
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:16:17	0:18:05	0:01:48
Colocación de Bloques HILADA 02	0:18:05	0:21:18	0:03:13
Mezcla de Mortero	0:21:18	0:21:31	0:00:13
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:21:31	0:21:41	0:00:10
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:21:41	0:22:20	0:00:39
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:22:20	0:24:13	0:01:53
Mezcla de Mortero	0:24:13	0:24:41	0:00:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:24:41	0:25:30	0:00:49
Mezcla de Mortero	0:25:30	0:26:09	0:00:39
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:26:09	0:28:27	0:02:18
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:28:27	0:30:08	0:01:41
Colocación de Bloques HILADA 03	0:30:08	0:34:03	0:03:55
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:34:03	0:36:26	0:02:23
Mezcla de Mortero	0:36:26	0:38:23	0:01:57
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:38:23	0:39:06	0:00:43
Mezcla de Mortero	0:39:06	0:39:54	0:00:48
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:39:54	0:41:45	0:01:51
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:41:45	0:43:50	0:02:05
Colocación de Bloques HILADA 04	0:43:50	0:47:58	0:04:08
Mezcla de Mortero	0:47:58	0:48:13	0:00:15
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:48:13	0:52:00	0:03:47
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:52:00	0:52:40	0:00:40
Mezcla de Mortero	0:52:40	0:53:38	0:00:58
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:53:38	0:54:45	0:01:07
Mezcla de Mortero	0:54:45	0:54:58	0:00:13
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:54:58	0:55:44	0:00:46
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:55:44	0:56:57	0:01:13
Colocación de Bloques HILADA 05	0:56:57	1:00:05	0:03:08
Mezcla de Mortero	1:00:05	1:00:43	0:00:38
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	1:00:43	1:03:36	0:02:53
DURACIÓN TOTAL			1:03:36

MÉTODO HILADAS EN PARALELO JORNADA 01 (hh:mm:ss)			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:00:00	0:01:24	0:01:24
Colocación de Bloques HILADA 01	0:01:24	0:05:40	0:04:16
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:05:40	0:06:07	0:00:27
Mezcla de Mortero	0:06:07	0:06:35	0:00:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:06:35	0:08:55	0:02:20
Mezcla de Mortero	0:08:55	0:09:29	0:00:34
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:09:29	0:11:35	0:02:06
Colocación de Bloques HILADA 02	0:11:35	0:16:10	0:04:35
Mezcla de Mortero	0:16:10	0:16:32	0:00:22
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:16:32	0:19:26	0:02:54
Mezcla de Mortero	0:19:26	0:19:54	0:00:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:19:54	0:21:43	0:01:49
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:21:43	0:22:00	0:00:17
Colocación de Bloques HILADA 03	0:22:00	0:27:29	0:05:29
Mezcla de Mortero	0:27:29	0:27:57	0:00:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:27:57	0:32:16	0:04:19
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:32:16	0:32:40	0:00:24
Colocación de Bloques HILADA 04	0:32:40	0:36:56	0:04:16
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:36:56	0:37:17	0:00:21
Mezcla de Mortero	0:37:17	0:37:32	0:00:15
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:37:32	0:41:37	0:04:05
Colocación de Bloques HILADA 05	0:41:37	0:45:05	0:03:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:45:05	0:48:54	0:03:49
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:48:54	0:49:11	0:00:17
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:49:11	0:49:23	0:00:12
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:49:23	0:50:12	0:00:49
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:50:12	0:50:45	0:00:33
Colocación de Bloques HILADA 06	0:50:45	0:53:29	0:02:44
DURACIÓN TOTAL			0:53:29

DIFERENCIA TIEMPOS (MT-MP JORNADA 01)

0:10:07

Anexo 2. Tabulación de registros de tiempos, ambos métodos, primera jornada. (elaboración propia)

PUCETEC - Tecnología Superior en Construcción
Integración Curricular II
TABULACIÓN DE DATOS: MÉTODO TRADICIONAL JORNADA 02



Docente: Arq. Marco A. Vazconez
Estudiante: Marco Pico
Fecha de Ensayo: 04 de diciembre de 2025

MÉTODO TRADICIONAL JORNADA 02 (hh:mm:ss)			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:00:00	0:00:14	0:00:14
Mezcla de Mortero	0:00:14	0:00:25	0:00:11
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:00:25	0:01:43	0:01:18
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:01:43	0:02:05	0:00:22
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:02:05	0:03:39	0:01:34
Mezcla de Mortero	0:03:39	0:03:45	0:00:06
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:03:45	0:05:20	0:01:35
Colocación de Bloques HILADA 06	0:05:20	0:07:56	0:02:36
Mezcla de Mortero	0:07:56	0:08:15	0:00:19
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:08:15	0:09:46	0:01:31
Mezcla de Mortero	0:09:46	0:09:55	0:00:09
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:09:55	0:12:06	0:02:11
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:12:06	0:15:46	0:03:40
Mezcla de Mortero	0:15:46	0:16:01	0:00:15
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:16:01	0:17:29	0:01:28
Colocación de Bloques HILADA 07	0:17:29	0:21:01	0:03:32
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:21:01	0:21:23	0:00:22
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:21:23	0:22:36	0:01:13
Mezcla de Mortero	0:22:36	0:23:22	0:00:46
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:23:22	0:24:20	0:00:58
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:24:20	0:25:47	0:01:27
Mezcla de Mortero	0:25:47	0:25:56	0:00:09
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:25:56	0:26:33	0:00:37
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:26:33	0:27:37	0:01:04
Mezcla de Mortero	0:27:37	0:27:55	0:00:18
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:27:55	0:28:13	0:00:18
Colocación de Bloques HILADA 08	0:28:13	0:29:07	0:00:54
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:29:07	0:30:04	0:00:57
Colocación de Bloques HILADA 08	0:30:04	0:32:17	0:02:13
Mezcla de Mortero	0:32:17	0:32:32	0:00:15
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:32:32	0:34:38	0:02:06
Mezcla de Mortero	0:34:38	0:34:54	0:00:16
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:34:54	0:35:18	0:00:24
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:35:18	0:36:52	0:01:34
Mezcla de Mortero	0:36:52	0:37:03	0:00:11
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:37:03	0:39:04	0:02:01
Mezcla de Mortero	0:39:04	0:39:16	0:00:12
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:39:16	0:40:33	0:01:17
Colocación de Bloques HILADA 09	0:40:33	0:44:53	0:04:20
DURACIÓN TOTAL			0:44:53

MÉTODO HILADAS EN PARALELO JORNADA 02 (hh:mm:ss)			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:00:00	0:01:57	0:01:57
Colocación de Bloques HILADA 07	0:01:57	0:02:28	0:00:31
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:02:28	0:02:43	0:00:15
Colocación de Bloques HILADA 07	0:02:43	0:05:28	0:02:45
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:05:28	0:09:17	0:03:49
Colocación de Bloques HILADA 08	0:09:17	0:11:40	0:02:23
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:11:40	0:12:01	0:00:21
Colocación de Bloques HILADA 08	0:12:01	0:12:13	0:00:12
Mezcla de Mortero	0:12:13	0:12:32	0:00:19
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:12:32	0:15:43	0:03:11
Colocación de Bloques HILADA 09	0:15:43	0:18:35	0:02:52
Mezcla de Mortero	0:18:35	0:19:32	0:00:57
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:19:32	0:21:57	0:02:25
Mezcla de Mortero	0:21:57	0:22:16	0:00:19
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:22:16	0:23:24	0:01:08
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:23:24	0:24:02	0:00:38
Colocación de Bloques HILADA 10	0:24:02	0:26:45	0:02:43
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:26:45	0:30:10	0:03:25
Colocación de Bloques HILADA 11	0:30:10	0:32:42	0:02:32
	DURACIÓN TOTAL		0:32:42

DIFERENCIA TIEMPOS (MT-MP JORNADA 02)

0:12:11

DIFERENCIA TIEMPOS (MT-MP JORNADA 01)

0:10:07

TOTAL DIFERENCIA TIEMPOS (MT-MP)

0:22:18

Anexo 3. Tabulación de registros de tiempos, ambos métodos, segunda jornada. (elaboración propia)



Docente: A. Marco A. Yacovaz
Cursante: Ivana Pico
Fecha del Ensayo: 04 de diciembre de 2015

MÉTODO TRADICIONAL JORNADA 01 (hh:mm:ss)			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:00:00	0:01:44	0:01:44
Mezcla de Mortero	0:01:44	0:01:50	0:00:06
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:01:50	0:02:00	0:00:10
Mezcla de Mortero	0:02:00	0:02:08	0:00:08
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:02:08	0:02:30	0:00:22
Mezcla de Mortero	0:02:30	0:02:42	0:00:12
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:02:42	0:03:08	0:00:26
Mezcla de Mortero	0:03:08	0:03:24	0:00:16
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:03:24	0:03:44	0:00:20
Colocación de Bloques HILADA 01	0:03:44	0:07:55	0:04:11
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:07:55	0:08:01	0:01:06
Mezcla de Mortero	0:09:01	0:09:25	0:00:24
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:09:25	0:11:14	0:01:49
Mezcla de Mortero	0:11:14	0:11:48	0:00:34
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:11:48	0:12:33	0:00:45
Mezcla de Mortero	0:12:33	0:13:18	0:00:45
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:13:18	0:14:44	0:01:26
Mezcla de Mortero	0:14:44	0:15:16	0:00:32
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:15:16	0:16:17	0:01:01
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:16:17	0:16:05	0:01:48
Colocación de Bloques HILADA 02	0:16:05	0:21:18	0:05:13
Mezcla de Mortero	0:21:18	0:21:31	0:00:13
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:21:31	0:21:41	0:00:10
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:21:41	0:22:20	0:00:39
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:22:20	0:24:13	0:01:53
Mezcla de Mortero	0:24:13	0:24:41	0:00:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:24:41	0:25:30	0:00:49
Mezcla de Mortero	0:25:30	0:26:09	0:00:39
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:26:09	0:28:27	0:02:18
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:28:27	0:30:08	0:01:41
Colocación de Bloques HILADA 03	0:30:08	0:34:03	0:03:55
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:34:03	0:36:26	0:02:23
Mezcla de Mortero	0:36:26	0:38:23	0:01:57
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:38:23	0:39:06	0:00:43
Mezcla de Mortero	0:39:06	0:39:54	0:00:48
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:39:54	0:41:45	0:01:51
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:41:45	0:43:50	0:02:05
Colocación de Bloques HILADA 04	0:43:50	0:47:58	0:04:08
Mezcla de Mortero	0:47:58	0:48:13	0:00:15
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:48:13	0:52:00	0:03:47
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:52:00	0:52:40	0:00:40
Mezcla de Mortero	0:52:40	0:53:38	0:00:58
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:53:38	0:54:45	0:01:07
Mezcla de Mortero	0:54:45	0:54:58	0:00:13
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:54:58	0:55:44	0:00:46
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:55:44	0:56:57	0:01:13
Colocación de Bloques HILADA 05	0:56:57	1:00:05	0:03:08
Mezcla de Mortero	1:00:05	1:00:43	0:00:38
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	1:00:43	1:03:36	0:02:53
DURACIÓN TOTAL	1:00:43	1:03:36	0:02:53

MÉTODO TRADICIONAL JORNADA 02 (hh:mm:ss)			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:00:00	0:00:14	0:00:14
Mezcla de Mortero	0:00:14	0:00:25	0:00:11
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:00:25	0:01:43	0:01:18
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:01:43	0:02:05	0:00:22
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:02:05	0:03:39	0:01:34
Mezcla de Mortero	0:03:39	0:03:45	0:00:06
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:03:45	0:05:20	0:01:35
Colocación de Bloques HILADA 06	0:05:20	0:07:58	0:02:38
Mezcla de Mortero	0:07:58	0:08:15	0:00:19
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:08:15	0:09:46	0:01:31
Mezcla de Mortero	0:09:46	0:09:55	0:00:09
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:09:55	0:12:06	0:02:11
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:12:06	0:15:46	0:03:40
Mezcla de Mortero	0:15:46	0:16:01	0:00:15
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:16:01	0:17:29	0:01:28
Colocación de Bloques HILADA 07	0:17:29	0:21:01	0:03:32
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:21:01	0:21:23	0:00:22
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:21:23	0:23:26	0:02:03
Mezcla de Mortero	0:23:26	0:23:22	0:00:46
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:23:22	0:24:20	0:00:58
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:24:20	0:25:47	0:01:27
Mezcla de Mortero	0:25:47	0:25:56	0:00:09
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:25:56	0:26:33	0:00:37
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:26:33	0:27:37	0:01:04
Mezcla de Mortero	0:27:37	0:27:55	0:00:18
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:27:55	0:28:13	0:00:18
Colocación de Bloques HILADA 08	0:28:13	0:28:07	0:00:54
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:28:07	0:30:04	0:01:57
Colocación de Bloques HILADA 08	0:30:04	0:32:17	0:02:13
Mezcla de Mortero	0:32:17	0:32:32	0:00:15
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:32:32	0:34:38	0:02:06
Mezcla de Mortero	0:34:38	0:34:54	0:00:16
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:34:54	0:35:18	0:00:24
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:35:18	0:36:52	0:01:34
Mezcla de Mortero	0:36:52	0:37:03	0:00:11
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:37:03	0:39:04	0:02:01
Mezcla de Mortero	0:39:04	0:39:16	0:00:12
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:39:16	0:40:33	0:01:17
Colocación de Bloques HILADA 09	0:40:33	0:44:53	0:04:20
DURACIÓN TOTAL	0:40:33	0:44:53	0:04:20

MÉTODO TRADICIONAL BLOQUES JORNADA 01			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Colocación de Bloques HILADA 01	0:03:44	0:07:55	0:04:11
Colocación de Bloques HILADA 02	0:18:05	0:21:18	0:03:13
Colocación de Bloques HILADA 03	0:30:08	0:34:03	0:03:55
Colocación de Bloques HILADA 04	0:43:50	0:47:58	0:04:08
Colocación de Bloques HILADA 05	0:56:57	1:00:05	0:03:08

0:18:35

MÉTODO TRADICIONAL AJUSTES Y PAUSAS JORNADA 01			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:00:00	0:01:44	0:01:44
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:07:55	0:09:01	0:01:06
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:16:17	0:18:05	0:01:48
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:21:41	0:22:20	0:00:39
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:28:27	0:30:08	0:01:41
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:41:45	0:43:50	0:02:05
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:52:00	0:52:40	0:00:40
Ajustes Hilados, Bloques y Pausas	0:55:44	0:56:57	0:01:13

0:10:56

MÉTODO TRADICIONAL MEZCLA MORTERO JORNADA 01			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Mezcla de Mortero	0:01:44	0:01:50	0:00:06
Mezcla de Mortero	0:02:00	0:02:08	0:00:08
Mezcla de Mortero	0:02:30	0:02:42	0:00:12
Mezcla de Mortero	0:03:08	0:03:24	0:00:16
Mezcla de Mortero	0:09:01	0:09:25	0:00:24
Mezcla de Mortero	0:11:14	0:11:48	0:00:34
Mezcla de Mortero	0:12:33	0:13:18	0:00:45
Mezcla de Mortero	0:14:44	0:15:16	0:00:32
Mezcla de Mortero	0:16:17	0:16:05	0:01:48
Mezcla de Mortero	0:21:18	0:21:31	0:00:13
Mezcla de Mortero	0:24:13	0:24:41	0:00:28
Mezcla de Mortero	0:25:30	0:26:09	0:00:39
Mezcla de Mortero	0:26:09	0:28:23	0:02:14
Mezcla de Mortero	0:28:27	0:29:54	0:01:27
Mezcla de Mortero	0:34:03	0:34:58	0:00:55
Mezcla de Mortero	0:52:40	0:53:38	0:00:58
Mezcla de Mortero	0:54:45	0:54:58	0:00:13
Mezcla de Mortero	1:00:05	1:00:43	0:00:38

0:09:06

MÉTODO TRADICIONAL LLENADO JUNTAS JORNADA 01			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:01:50	0:02:00	0:00:10
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:02:08	0:02:30	0:00:22
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:02:42	0:03:08	0:00:26
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:03:24	0:03:44	0:00:20
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:09:25	0:11:14	0:01:49
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:11:48	0:12:33	0:00:45
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:13:18	0:14:44	0:01:26
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:15:16	0:16:17	0:01:01
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:16:17	0:16:05	0:01:48
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:22:20	0:24:13	0:01:53
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:24:41	0:25:30	0:00:49
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:26:09	0:28:27	0:02:18
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:30:08	0:36:26	0:06:18
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:38:23	0:39:06	0:00:43
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:39:54	0:41:45	0:01:51
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:48:13	0:52:00	0:03:47
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:52:40	0:54:45	0:02:05
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	0:54:58	0:55:44	0:00:46
Llenado de Juntas Horizontal y Vert	1:00:43	1:03:36	0:02:53

DURACIÓN MT JORNADA 01 1:03:36

DURACIÓN MT JORNADA 02 0:44:53

TOTAL TIEMPO MÉTODO TRADICIONAL 1:48:29

MÉTODO TRADICIONAL BLOQUES JORNADA 02			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Colocación de Bloques HILADA 05	0:05:20	0:07:56	0:02:36
Colocación de Bloques HILADA 07	0:17:29	0:21:01	0:03:32
Colocación de Bloques HILADA 08	0:28:13	0:29:07	0:00:54
Colocación de Bloques HILADA 08	0:30:04	0:32:17	0:02:13
Colocación de Bloques HILADA 09	0:40:33	0:44:53	0:04:20
			0:13:35

MÉTODO TRADICIONAL AJUSTES Y PALISAS JORNADA 02			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:00:25	0:01:43	0:01:18
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:02:05	0:03:39	0:01:34
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:12:06	0:15:46	0:03:40
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:21:01	0:21:23	0:00:22
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:23:22	0:24:30	0:00:58
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:26:33	0:27:37	0:01:04
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:35:18	0:36:52	0:01:34
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:37:03	0:39:04	0:02:01
			0:12:31

MÉTODO TRADICIONAL MEZCLA MORTERO JORNADA 02			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Mezcla de Mortero	0:00:14	0:00:25	0:00:11
Mezcla de Mortero	0:03:39	0:03:45	0:00:06
Mezcla de Mortero	0:07:56	0:08:15	0:00:19
Mezcla de Mortero	0:09:46	0:09:55	0:00:09
Mezcla de Mortero	0:15:46	0:16:01	0:00:15
Mezcla de Mortero	0:22:36	0:23:22	0:00:46
Mezcla de Mortero	0:25:47	0:25:56	0:00:09
Mezcla de Mortero	0:27:37	0:27:55	0:00:18
Mezcla de Mortero	0:32:17	0:32:32	0:00:15
Mezcla de Mortero	0:34:38	0:34:54	0:00:16
Mezcla de Mortero	0:36:52	0:37:03	0:00:11
Mezcla de Mortero	0:39:04	0:39:16	0:00:12
			0:03:07

MÉTODO TRADICIONAL LLENADO JUNTAS JORNADA 02			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:00:00	0:00:14	0:00:14
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:01:43	0:02:05	0:00:22
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:03:45	0:05:20	0:01:35
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:08:15	0:09:46	0:01:31
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:09:55	0:12:06	0:02:11
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:16:01	0:17:29	0:01:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:21:23	0:22:36	0:01:13
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:24:20	0:25:47	0:01:27
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:25:56	0:26:33	0:00:37
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:27:55	0:28:13	0:00:18
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:29:07	0:30:04	0:00:57
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:32:32	0:34:38	0:02:06
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:34:54	0:35:18	0:00:24
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:39:16	0:40:33	0:01:17
			0:15:40

TOTALES MÉTODO TRADICIONAL			
ACTIVIDAD	JOR 01	JOR 02	DURACIÓN
Colocación de Bloques x HILADA	0:18:35	0:13:35	0:32:10
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:10:56	0:12:31	0:23:27
Mezcla de Mortero	0:09:06	0:03:07	0:12:13
Llenado de Juntas Horizontal y Vert.	0:24:59	0:15:40	0:40:39
			1:48:29

Anexo 4. Tabulación, organización y cálculo de tiempos método tradicional. (elaboración propia)



Docente: Arq. Marco A. Vasconez

Estudiante: Marco Pico

Fecha de Ensayo: 04 de diciembre de 2025

MÉTODO HILADAS EN PARALELO JORNADA 01 (hh:mm:ss)			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:00:00	0:01:24	0:01:24
Colocación de Bloques HILADA 01	0:01:24	0:05:40	0:04:16
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:05:40	0:06:07	0:00:27
Mezcla de Mortero	0:06:07	0:06:35	0:00:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:06:35	0:08:55	0:02:20
Mezcla de Mortero	0:08:55	0:09:29	0:00:34
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:09:29	0:11:35	0:02:06
Colocación de Bloques HILADA 02	0:11:35	0:16:10	0:04:35
Mezcla de Mortero	0:16:10	0:16:32	0:00:22
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:16:32	0:19:26	0:02:54
Mezcla de Mortero	0:19:26	0:19:54	0:00:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:19:54	0:21:43	0:01:49
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:21:43	0:22:00	0:00:17
Colocación de Bloques HILADA 03	0:22:00	0:27:29	0:05:29
Mezcla de Mortero	0:27:29	0:27:57	0:00:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:27:57	0:32:16	0:04:19
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:32:16	0:32:40	0:00:24
Colocación de Bloques HILADA 04	0:32:40	0:36:56	0:04:16
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:36:56	0:37:17	0:00:21
Mezcla de Mortero	0:37:17	0:37:32	0:00:15
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:37:32	0:41:37	0:04:05
Colocación de Bloques HILADA 05	0:41:37	0:45:05	0:03:28
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:45:05	0:48:54	0:03:49
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:48:54	0:49:11	0:00:17
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:49:11	0:49:23	0:00:12
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:49:23	0:50:12	0:00:49
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:50:12	0:50:45	0:00:33
Colocación de Bloques HILADA 06	0:50:45	0:53:29	0:02:44
DURACIÓN TOTAL			0:53:29

MÉTODO HILADAS EN PARALELO JORNADA 02 (hh:mm:ss)			
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:00:00	0:01:57	0:01:57
Colocación de Bloques HILADA 07	0:01:57	0:02:28	0:00:31
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:02:28	0:02:43	0:00:15
Colocación de Bloques HILADA 07	0:02:43	0:05:28	0:02:45
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:05:28	0:09:17	0:03:49
Colocación de Bloques HILADA 08	0:09:17	0:11:40	0:02:23
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:11:40	0:12:01	0:00:21
Colocación de Bloques HILADA 08	0:12:01	0:12:13	0:00:12
Mezcla de Mortero	0:12:13	0:12:32	0:00:19
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:12:32	0:15:43	0:03:11
Colocación de Bloques HILADA 09	0:15:43	0:18:35	0:02:52
Mezcla de Mortero	0:18:35	0:19:32	0:00:57
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:19:32	0:21:57	0:02:25
Mezcla de Mortero	0:21:57	0:22:16	0:00:19
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:22:16	0:23:24	0:01:08
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:23:24	0:24:02	0:00:38
Colocación de Bloques HILADA 10	0:24:02	0:26:45	0:02:43
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:26:45	0:30:10	0:03:25
Colocación de Bloques HILADA 11	0:30:10	0:32:42	0:02:32
DURACIÓN TOTAL			0:32:42

MÉTODO H. PARALELO BLOQUES JORNADA 01				
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
Colocación de Bloques HILADA 01	0:01:24	0:05:40	0:04:16	
Colocación de Bloques HILADA 02	0:11:35	0:16:10	0:04:35	
Colocación de Bloques HILADA 03	0:22:00	0:27:29	0:05:29	
Colocación de Bloques HILADA 04	0:32:40	0:36:56	0:04:16	
Colocación de Bloques HILADA 05	0:41:37	0:45:05	0:03:28	
Colocación de Bloques HILADA 06	0:50:45	0:53:29	0:02:44	0:24:48

MÉTODO H. PARALELO AJUSTES Y PAUSAS JORNADA 01				
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:05:40	0:06:07	0:00:27	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:21:43	0:22:00	0:00:17	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:32:16	0:32:40	0:00:24	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:36:56	0:37:17	0:00:21	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:48:54	0:49:11	0:00:17	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:49:23	0:50:12	0:00:49	0:02:35

MÉTODO H. PARALELO MEZCLA MORTERO JORNADA 01				
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
Mezcla de Mortero	0:06:07	0:06:35	0:00:28	
Mezcla de Mortero	0:08:55	0:09:29	0:00:34	
Mezcla de Mortero	0:16:10	0:16:32	0:00:22	
Mezcla de Mortero	0:19:26	0:19:54	0:00:28	
Mezcla de Mortero	0:27:29	0:27:57	0:00:28	
Mezcla de Mortero	0:37:17	0:37:32	0:00:15	0:02:35

MÉTODO H. PARALELO LLENADO JUNTAS JORNADA 01				
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:00:00	0:01:24	0:01:24	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:06:35	0:08:55	0:02:20	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:09:29	0:11:35	0:02:06	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:16:32	0:19:26	0:02:54	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:19:54	0:21:43	0:01:49	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:27:57	0:32:16	0:04:19	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:37:32	0:41:37	0:04:05	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:45:05	0:48:54	0:03:49	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:49:11	0:49:23	0:00:12	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:50:12	0:50:45	0:00:33	0:23:31

DURACIÓN MP JORNADA 01 0:53:29

DURACIÓN MP JORNADA 02 0:32:42

TOTAL TIEMPO MÉTODO PARALELO 1:26:11

TOTAL TIEMPO MÉTODO TRADICIONAL 1:48:29

DIFERENCIA (MT-MP) 0:22:18

SUMA (MT-MP) 3:14:40

MÉTODO H. PARALELO BLOQUES JORNADA 02				
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
Colocación de Bloques HILADA 07	0:01:57	0:02:28	0:00:31	
Colocación de Bloques HILADA 07	0:02:43	0:05:28	0:02:45	
Colocación de Bloques HILADA 08	0:09:17	0:11:40	0:02:23	
Colocación de Bloques HILADA 08	0:12:01	0:12:13	0:00:12	
Colocación de Bloques HILADA 09	0:15:43	0:18:35	0:02:52	
Colocación de Bloques HILADA 10	0:24:02	0:26:45	0:02:43	
Colocación de Bloques HILADA 11	0:30:10	0:32:42	0:02:32	0:13:58

MÉTODO H. PARALELO AJUSTES Y PAUSAS JORNADA 02				
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:02:28	0:02:43	0:00:15	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:11:40	0:12:01	0:00:21	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:23:24	0:24:02	0:00:38	0:01:14

MÉTODO H. PARALELO MEZCLA MORTERO JORNADA 02				
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
Mezcla de Mortero	0:12:13	0:12:32	0:00:19	
Mezcla de Mortero	0:18:35	0:19:32	0:00:57	
Mezcla de Mortero	0:21:57	0:22:16	0:00:19	0:01:35

MÉTODO H. PARALELO LLENADO JUNTAS JORNADA 02				
ACTIVIDAD	INICIO	FIN	DURACIÓN	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:00:00	0:01:57	0:01:57	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:05:28	0:09:17	0:03:49	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:12:32	0:15:43	0:03:11	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:19:32	0:21:57	0:02:25	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:22:16	0:23:24	0:01:08	
Llenado de Juntas Horizontales y Verticales	0:26:45	0:30:10	0:03:25	0:15:55

TOTALES MÉTODO PARALELO				
ACTIVIDAD	JOR 01	JOR 02	DURACIÓN	
Colocación de Bloques x HILADA	0:24:48	0:13:58	0:38:46	
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:02:35	0:01:14	0:03:49	
Mezcla de Mortero	0:02:35	0:01:35	0:04:10	
Llenado de Juntas Horizontal y Vert.	0:23:31	0:15:55	0:39:26	1:26:11

Anexo 5. Tabulación, organización y cálculo de tiempos método hiladas en paralelo. (elaboración propia).

PUCETEC - Tecnología Superior en Construcción
Integración Curricular II
CÁLCULOS Y GRÁFICOS



Docente: Arq. Marco A. Vazquez
Estudiante: Marco Pico
Fecha de Ensayo: 04 de diciembre de 2025

DURACIÓN POR ACTIVIDAD MÉTODO TRADICIONAL			
ACTIVIDAD	JORNADA 01	JORNADA 02	DURACIÓN
Colocación de Bloques por Hilada	0:18:35	0:13:35	0:32:10
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:10:56	0:12:31	0:23:27
Mezcla de Mortero	0:09:06	0:03:07	0:12:13
Llenado de Juntas Horizontal y Vert.	0:24:59	0:15:40	0:40:39
			1:48:29

DURACIÓN POR ACTIVIDAD MÉTODO PARALELO			
ACTIVIDAD	JORNADA 01	JORNADA 02	DURACIÓN
Colocación de Bloques por Hilada	0:24:48	0:13:58	0:38:46
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:02:35	0:01:14	0:03:49
Mezcla de Mortero	0:02:35	0:01:35	0:04:10
Llenado de Juntas Horizontal y Vert.	0:23:31	0:15:55	0:39:26
			1:26:11

TOTAL TIEMPO MÉTODO TRADICIONAL 1:48:29

TOTAL TIEMPO MÉTODO PARALELO 1:26:11

DIFERENCIA (MT-MP) 0:22:18

DIFERENCIA (MT-MP) # MIN 22,18

PORCENTAJE % POR ACTIVIDAD EN MÉTODO TRADICIONAL			
ACTIVIDAD	DURACIÓN	DURACIÓN (min)	%
Colocación de Bloques por Hilada	0:32:10	32,10	29,75%
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:23:27	23,27	21,57%
Mezcla de Mortero	0:12:13	12,13	11,24%
Llenado de Juntas Horizontal y Vertical	0:40:39	40,39	37,44%
	DURACIÓN TOTAL		100,00%
	DURACIÓN TOTAL HORA		1:48:29

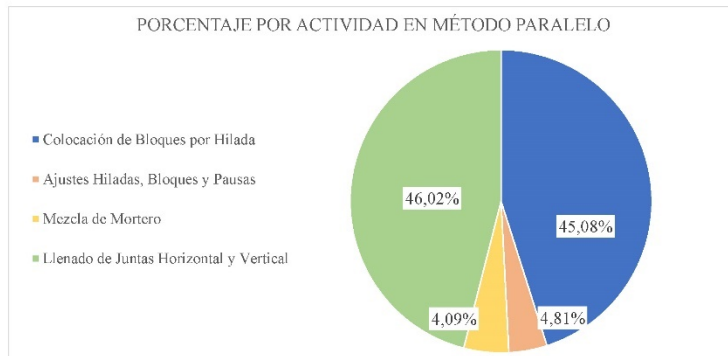
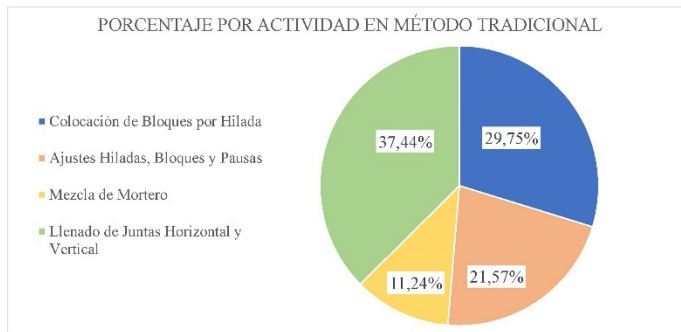
TOTAL TIEMPO MÉTODO TRADICIONAL (minutos) 107,9

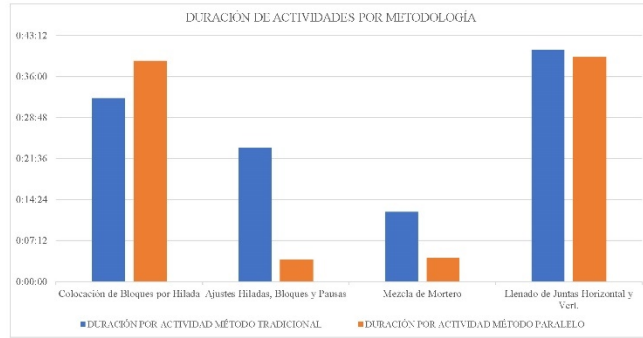
PORCENTAJE % POR ACTIVIDAD EN MÉTODO PARALELO			
ACTIVIDAD	DURACIÓN	DURACIÓN (min)	%
Colocación de Bloques por Hilada	0:38:46	38,46	45,08%
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	0:03:49	3,49	4,09%
Mezcla de Mortero	0:04:10	4,10	4,81%
Llenado de Juntas Horizontal y Vertical	0:39:26	39,26	46,02%
	DURACIÓN TOTAL		100,00%
	DURACIÓN TOTAL HORA		1:26:11

TOTAL TIEMPO MÉTODO PARALELO (minutos) 85,3

PORCENTAJE % DIFERENCIAS ENTRE MÉTODOS (MT-MP)			
ACTIVIDAD	% MT	% MP	% TOTAL
Colocación de Bloques x HILADA	29,75%	45,08%	15,33%
Ajustes Hiladas, Bloques y Pausas	21,57%	4,09%	17,48%
Mezcla de Mortero	11,24%	4,81%	6,44%
Llenado de Juntas Horizontal y Vert.	37,44%	46,02%	8,58%

% GANANCIA DIFERENCIA (MT-MP)	20,56%
-------------------------------	---------------





Anexo 6. Tablas, cálculos y gráficos de resultados entre metodologías. (elaboración propia).



TRONCO			GUÍA - TRONCO	TRONCO - MT
Movimientos	Puntuación	Corrección		
Erguido	1			
0°-20° flexión, 0°-20° extensión	2	Añadir		
20° - 60° flexión, > 20° extensión > 60° flexión	3 4	1 si hay torsión o inclinación lateral		
			Puntaje	
			4	

CUELLO			GUÍA - CUELLO	CUELLO - MT
Movimientos	Puntuación	Corrección		
0°-20° flexión	1	Añadir		
20° flexión o extensión	2	1 si hay torsión o inclinación lateral		
			Puntaje	
			2	

PIERNAS			GUÍA - PIERNAS	PIERNAS - MT
Posición	Puntuación	Corrección		
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir +1 si hay flexión de rodillas entre 30° y 60°		
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2			
		Añadir +2 si hay flexión de rodillas mayor a 60°		
			Puntaje	
			1	

BRAZOS			GUÍA - BRAZOS	BRAZOS - MT
Posición	Puntuación	Corrección		
0°-20° flexión / extensión	1	Añadir +1 abducción o rotación		
> 20° extensión	2	+1 elevación de hombro		
20° - 45° flexión	3			
> 90° flexión	4	- 1 si hay apoyo o postura a favor de gravedad		
			Puntaje	
			4	

ANTEBRAZOS			GUÍA - ANTEBRAZOS	ANTEBRAZOS - MT
Movimiento	Puntuación	Corrección		
60° - 100° flexión	1			
< 60°	2	No Corresponde		
> 100° flexión				
			Puntaje	
			2	

MUÑECAS			GUÍA - MUÑECAS	MUÑECAS - MT
Posición	Puntuación	Corrección		
0° - 15° flexión / extensión	1	Añadir		
> 15° flexión / extensión	2	+1 si hay torsión o desviación lateral		
			Puntaje	
			2	

TABLA A													
CUELLO													
		1				2				3			
PIERNAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
TRONCO	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

TABLA CARGA/ FUERZA				
PUNTAJE	0	1	2	3
		Inferior a 5 kg	5 - 10 kg	10 kg

Nota: Bloque tipo B : 15 x20 x40 cm, Peso: 10 - 12,7 kg c/u

TOTAL A	7
---------	----------

TABLA B							
ANTEBRAZO							
		1			2		
MUÑECA	1	2	3	1	2	3	
	1	1	2	2	1	2	3
BRAZO	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

TABLA AGARRE				
PUNTAJE	0	1	2	3
		Buena agarre y fuerza de agarre	Agarre aceptable	Agarre posible pero no aceptable

TOTAL B	7
---------	----------

TABLA C													
PUNTAJACIÓN B													
PUNTAJACIÓN A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9
	5	4	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

ACTIVIDAD	+1: Una o más partes del cuerpo estáticas, por ej. aguantadas más de 1 min												
		1											
	+1: Movimientos repetitivos, por ej. repetición superior a 4 veces/minuto												
	1												
+1: Cambios posturales importantes o posturas inestables													
	0												
	2												

SUMA DE TABLAS A - B - C / CARGA - AGARRE - ACTIVIDAD				
	CARGA / FUERZA	AGARRE	ACTIVIDAD	
TOTAL A	5	2		7
TOTAL B	6	1		7
TOTAL C	9		2	11

NIVELES DE RIESGO/ ACCIÓN				TOTAL REBA
NIVEL DE ACCIÓN	PUNTAJACIÓN	NIVEL DE RIESGO	INTERVENCIÓN	
0	1	Inapreciable	No necesario	
1	2 - 3	Bajo	Puede ser necesario	
2	4 - 7	Medio	Necesario	
3	8 - 10	Alto	Necesario pronto	
4	11 - 15	Muy alto	Acción inmediata	11

Anexo 7. Tablilla REBA personalizada, evaluación método tradicional. (elaboración propia).



TRONCO			GUÍA - TRONCO	TRONCO - MP
Movimientos	Puntuación	Corrección		
Erguido	1	Añadir		
0°-20° flexión, 0°-20° extensión	2			
20° - 60° flexión, > 20° extensión	3	1 si hay torsión o inclinación lateral		
> 60° flexión	4			
Puntaje			3	
CUELLO			GUÍA - CUELLO	CUELLO - MP
Movimientos	Puntuación	Corrección		
0°-20° flexión	1	Añadir		
20° flexión o extensión	2	1 si hay torsión o inclinación lateral		
Puntaje			2	
PIERNAS			GUÍA - PIERNAS	PIERNAS - MT
Posición	Puntuación	Corrección		
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir +1 si hay flexión de rodillas entre 30° y 60°		
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir +2 si hay flexión de rodillas mayor a 60°		
Puntaje			1	
BRAZOS			GUÍA - BRAZOS	BRAZOS - MP
Posición	Puntuación	Corrección		
0°-20° flexión / extensión	1	Añadir +1 abducción o rotación		
> 20° extensión	2	+1 elevación de hombro		
20° - 45° flexión	3			
> 90° flexión	4	- 1 si hay apoyo o postura a favor de gravedad	4	
ANTEBRAZOS			GUÍA - ANTEBRAZOS	ANTEBRAZOS - MP
Movimiento	Puntuación	Corrección		
60° - 100° flexión	1	No Corresponde		
< 60°	2			
> 100° flexión			2	
MUÑECAS			GUÍA - MUÑECAS	MUÑECAS - MP
Posición	Puntuación	Corrección		
0° - 15° flexión / extensión	1	Añadir		
> 15° flexión / extensión	2	+1 si hay torsión o desviación lateral		
Puntaje			2	

TABLA A													
CUELLO													
1				2				3					
PIERNAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
TRONCO	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

TABLA CARGA/ FUERZA				
PUNTAJE	0	1	2	3
	Inferior a 5 kg	5 - 10 kg	10 kg	Instauración rápida o brusca

Nota: Bloque tipo B : 15 x20 x40 cm, Peso: 10 - 12,7 kg c/u

TOTAL A	6
---------	----------

TABLA B									
ANTEBRAZO									
1			2			3			
MUÑECA	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BRAZO	1	1	2	2	1	2	3	3	4
	2	1	2	3	2	3	4	5	5
	3	3	4	5	4	5	6	7	8
	4	4	5	6	5	6	7	8	9
	5	6	7	8	7	8	9	10	11
	6	7	8	9	8	9	10	11	12

TABLA AGARRE				
PUNTAJE	0	1	2	3
	Buena agarre y fuerza de agarre	Agarre aceptable	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manual

TOTAL B	7
---------	----------

TABLA C													
PUNTAJACIÓN B													
PUNTAJACIÓN A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
ACTIVIDAD	+1: Una o más partes del cuerpo estáticas, por ej. aguantadas más de 1 min											0	
	+1: Movimientos repetitivos, por ej. repetición superior a 4 veces/minuto											0	
	+1: Cambios posturales importantes o posturas inestables											0	
												0	

SUMA DE TABLAS A - B - C / CARGA - AGARRE - ACTIVIDAD				
	CARGA / FUERZA	AGARRE	ACTIVIDAD	TOTAL
TOTAL A	4	2		6
TOTAL B	6		1	7
TOTAL C	9		0	9

NIVELES DE RIESGO/ ACCIÓN				TOTAL REBA
NIVEL DE ACCIÓN	PUNTAJACIÓN	NIVEL DE RIESGO	INTERVENCIÓN	
0	1	Inapreciable	No necesario	
1	2 - 3	Bajo	Puede ser necesario	
2	4 - 7	Medio	Necesario	
3	8 - 10	Alto	Necesario pronto	
4	11 - 15	Muy alto	Acción Inmediata	9

Anexo 8. Tablilla REBA personalizada, evaluación método hiladas en paralelo. (elaboración propia).

Proyecto: OBRA:NADUR

		UNIDAD:	m2		
EQUIPOS (EQ):					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA HORARIA (B)	COSTO HORA EN (C = A * B)	RENDIMIENTO (HORAS - MÁQUINA) (R)	COSTO EN (C * R)
Herramienta manual	1,00		\$0,00		\$0,40
Andamios	1,00	\$0,60	\$1,20	0,720000	\$0,86
			\$0,00		\$0,00
			\$0,00		\$0,00
			\$0,00		\$0,00
			\$0,00		\$0,00
					\$1,27
MANO DE OBRA (MO):					
	CANTIDAD (A)	COSTO HORARIO REAL (B)	COSTO HORA EN (C = A * B)	RENDIMIENTO (HORAS - HOMBRE) (R)	COSTO EN (C * R)
Maestro Mayor	0,10	\$8,47	\$0,85	0,720000	\$0,61
Albañil	1,00	\$5,99	\$5,99	0,720000	\$4,31
Obrero	1,00	\$4,35	\$4,35	0,720000	\$3,13
					\$8,05
MATERIALES (MT):					
	UNIDAD	CANTIDAD (A)	PRECIO UNITARIO (B)	COSTO EN (A * B)	
Bloque pesado 15x20x40cm	u	13,00	\$0,56	\$7,28	
Pegablock	saco	0,43	\$3,83	\$1,65	
agua	m3	0,01	\$2,65	\$0,03	
				\$0,00	
				\$0,00	
				\$8,95	
TRANSPORTE (TP)					
	UNIDAD	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	COSTO EN (A * B)	
				\$0,00	
				\$0,00	
				\$0,00	
TOTAL COSTO DIRECTO (EQ + MO + MT + TP)					\$18,27
SUMA COSTO DIRECTO					\$18,27
INDIRECTOS 25%					\$4,57
SUBTOTAL (SIN IVA)					\$22,84
12 % IVA 12%					\$2,74
SUBTOTAL (CON IVA)					\$25,58
COSTO TOTAL DEL RUBRO OFERTADO SIN IVA					\$22,84

Anexo 9. Análisis de precios unitarios (APU) de mampostería del proyecto Nadur. (Provisto por gerencia del proyecto).



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN CONSTRUCCIÓN

Documentos para Control de Ensayo Experimental

TÍTULO

Guía técnica para la implementación del tendido de hiladas en paralelo como método racionalizado en mampostería para optimizar la ergonomía laboral y productividad en obras de vivienda en la ciudad de Quito, 2026.

Marco Antonio Pico Parra

Quito, 01 de diciembre 2025



FORMATO DE OBSERVACIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

Datos Generales

Tema	Guía técnica para la implementación del tendido de hiladas en paralelo como método racionalizado en mampostería en la ciudad de Quito, Ecuador, 2026
Fecha	04/12/25
Lugar de ejecución	Gye / Isla Mocoli / Nadur
Participante	Rolando Quinatea
Observador	Marco Pico
Descripción del ensayo:	Construcción de un paño de muro con método tradicional y otro con método de hiladas en paralelo, bajo condiciones controladas de materiales, herramientas y supervisión.

A. Condiciones iniciales

Estado del terreno o superficie	
Condiciones climáticas	
Tipo de bloque	Prensado / 18,5 x 19 x 39
Dosificación del mortero	Bondex Pegablock 40 kg 3 aprox. M5 Mortero (PEC)

B. Desarrollo del método tradicional

Inicio / Fin	1:03:36
Observaciones generales	Ajustes continuos de unidades y exceso de mortero.
Correcciones por hilada	
Desplazamientos observados	
Comentarios del participante	Muro 5: 15 x 1

12,5 bloques x 5 Hiladas



C. Desarrollo del método de hiladas en paralelo

Inicio / Fin	2:35 -
Observaciones generales	6 Hiladas - 10 bloques (T. 5H 12b) 60b (Exceso de H)
Correcciones por hilada	Menor nivel plomado
Desplazamientos observados	Casi igual, se evita reposicionar hilo.
Comentarios del participante	

D. Observaciones finales

Inicio / Fin	
Comparación preliminar	
Incidencias o eventos relevantes	Se utilizó 6 H de 10b. = 60b. H trad. = 5H = 12b = 60b.

2do día (05-Dic)

M.T 2 : 9:31

M.T 01: 5h x 12 | 60

M.T 02: 4h x 12 | 48

108

Video. | mismo procedimiento

Mp 01 = 6h x 10 = 60

Mp 02 = 5h x 10 = 50

110b.



FORMATO DE REGISTRO DE TIEMPOS

Datos Cronométricos Método Tradicional

Tiempo total de ejecución	1:03:36
Tiempo por hilada	H1. 6,45 H2. - H3. H4. H5. H6.
Correcciones por hilada	H1. 3 H2. 2 H3. ✓ 2 H4. ✓ H5. H6.
Tiempos improductivos (anotar evento y duración):	1. 1 (preparación material z) ✗ 2. 1 (charlas) 3. + 4. 5.
Número total de desplazamientos observados	← → (colocar) 6 (ida y vuelta)
Descripción de desplazamientos más repetidos	Colocación hiladas / Material



FORMATO DE MEDICIÓN DE TOLERANCIAS

A. MÉTODO TRADICIONAL (Basado en NEC-SE-MP y NSR10 D.4.2-2)

Medición de juntas y geometría	MÉTODO TRADICIONAL
Espesor promedio de junta horizontal (mm)	1,5 - 2 mm
Espesor mínimo (mm)	1,5 -
Espesor máximo (mm)	- 2 mm
Verticalidad (plomo) (mm)	- 3 mm
Alineamiento longitudinal mm/m	
Variación en nivel de hiladas mm	
Elementos fuera de tolerancia (describir)	Juntas verticales + 2cm

B. MÉTODO HILADAS EN PARALELO (Basado en NEC-SE-MP y NSR10 D.4.2-2)

Medición de juntas y geometría	MÉTODO TRADICIONAL PARALELO
Espesor promedio de junta horizontal (mm)	8 - 15
Espesor mínimo (mm)	
Espesor máximo (mm)	
Verticalidad (plomo) (mm)	1 mm (pegado)
Alineamiento longitudinal mm/m	
Variación en nivel de hiladas mm	
Elementos fuera de tolerancia (describir)	



ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN ENSAYO EXPERIMENTAL

En la ciudad de Guayaquil, a los 04 días del mes de diciembre del 2025, el Sr./Sra. Rolando Quinatea, con número de identificación 1717518458, declara haber sido informado/a sobre la participación en el ensayo denominado:

"Comparación entre el método tradicional de mampostería y el método de hiladas en paralelo", en el marco del proyecto de titulación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

El participante declara conocer y aceptar lo siguiente:

1. Su participación es voluntaria y puede retirarse en cualquier momento.
2. No se evaluará su desempeño profesional, sino el comportamiento del proceso constructivo.
3. Se utilizarán fotografías y videos únicamente con fines académicos.
4. Se garantizará su seguridad física durante todo el ensayo.
5. Se proporcionará el equipo de protección personal necesario.
6. No existen riesgos adicionales a los inherentes a la actividad de construcción.

Firma del participante: 

Firma del investigador: 

Fecha: 04 de diciembre de 2025



FICHA TÉCNICA DEL ENSAYO

Título: Ensayo comparativo de métodos de mampostería

Investigador: Marco Pico

Fecha: 04 de diciembre de 2025

Lugar: Proyecto Nadur (Guayaquil - Isla Mocoli)

Objetivo: Evaluar diferencias en productividad, ergonomía y control geométrico entre el método tradicional y el método de hiladas en paralelo.

VARIABLES A EVALUAR:

Tiempo total, tiempo por hilada, número de correcciones, desplazamientos, tolerancias dimensionales, puntuación REBA, percepción cualitativa del operario.

Materiales empleados:

Bloque: H. prensado (19 / 15 / 39)

Mortero: Pegablock (tipo N) 40 Kg.

Herramientas específicas: Bailejo / nivel / planada / hiladas

Métodos evaluados:

1. Método tradicional
2. Método de hiladas en paralelo

Documentación generada:

Registro fotográfico

Registro de video

Formatos de observación

Tablas de mediciones

Puntuaciones REBA

MÉTODO REBA

(Basada en NTP 601, INSST, España. Lista para campo)

Puesto de trabajo o Actividad	MÉTODO DE MAMPOSTERÍA TRADICIONAL
Nombre del Participante	Rolando Quinatoa
Edad	41 años
Años de trabajo	26 años

TRONCO			
Movimiento	Puntuación	Corrección	Puntaje
Erguido	1	Añadir	
0°-20° flexión, 0°-20° extensión	2		
20°-60° flexión, > 20° extensión	3		
> 60° flexión	4	+1 si hay torsión o inclinación lateral	

bloque alto (mortero) (unidades)

CUELLO			
Movimiento	Puntuación	Corrección	Puntaje
0°-20° flexión	1	Añadir	
20° flexión o extensión	2	+1 si hay torsión o inclinación lateral	

- b. alto. (b. bajo)

PIERNAS			
Posición	Puntuación	Corrección	Puntaje
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir +1 si hay flexión de rodillas entre 30 y 60°	
Soporte unilateral, soporte ligero o hecho inestable	2	+2 si las rodillas están flexionadas más de 60° (cálculo nocturno estándar)	

(flexión colocación unidades. (Mortero))

BRAZOS			
Posición	Puntuación	Corrección	Puntaje
0-20° flexión/extensión	1	Añadir / +1 si hay abducción o rotación	
> 20° extensión	2		
20-45° flexión	3	+1 elevación del hombro	
> 90° flexión	4	-1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad	

(b. alto) (b. bajo)

ANTEBRAZOS			
Movimiento	Puntuación	Corrección	Puntaje
60°-100° flexión	1		
< 60° flexión	2	No Corresponde	
> 100° flexión			

(Bis)

MUÑECAS			
Movimiento	Puntuación	Corrección	Puntaje
0°-15° flexión/extensión	1	Añadir	
> 15° flexión/extensión	2	+1 si hay torsión o desviación lateral	

(alto) (mortero) (bajo)