



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

métodos &  
**materiales**

Publicación Anual • Volumen 12 • Diciembre 2022 • ISSN electrónico: 2215-4558

# Estimación de rendimientos de mano de obra y material en la aplicación de morteros de repello industrializado en proyectos de vivienda

Estimation of the performance of workforce and material in the application of plastering with industrialized mortar in housing projects

## **Erick Mata Abdelnour**

Docente Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica,  
San José, Costa Rica  
[erick.mata@ucr.ac.cr](mailto:erick.mata@ucr.ac.cr)

Fecha de recepción: 28 julio 2021 / Fecha de aprobación: 1 junio 2022

## Índices y Bases de Datos:

latindex

UCRIndex

REDIB

Dialnet

DOAJ  
DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS

PERIÓDICA

biblat  
Bibliografía Latinoamericana

ERIH PLUS  
EUROPEAN REFERENCE INDEX FOR THE  
HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

## Políticas de Uso:



Revista Métodos y Materiales por LanammeUCR se distribuye bajo: Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. ISSN electrónico: 2215-4558

[revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales](http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales)

[lanamme.ucr.ac.cr](http://lanamme.ucr.ac.cr)

[metodosymateriales.lanamme@ucr.ac.cr](mailto:metodosymateriales.lanamme@ucr.ac.cr)

# Estimación de rendimientos de mano de obra y material en la aplicación de morteros de repello industrializado en proyectos de vivienda

Estimation of the performance of workforce and material in the application of plastering with industrialized mortar in housing projects

**Erick Mata Abdelnour**

Docente Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica,  
San José, Costa Rica  
erick.mata@ucr.ac.cr

Fecha de recepción: 28 julio 2021 / Fecha de aprobación: 1 junio 2022

---

## RESUMEN

En este trabajo se estimó el rendimiento y costo de mano de obra, del material y del equipo en la aplicación de repello con mortero industrializado, estos datos son importantes para la determinación de la factibilidad de un proyecto ya que impactan directamente su costo y duración total. Las mediciones fueron realizadas en tres proyectos habitacionales de mampostería de uno y dos niveles, ubicados en Alajuela, Heredia, San José o Cartago de Costa Rica. En los primeros dos se utilizaron morteros de diferentes marcas, sin embargo, la metodología de aplicación fue manual en ambos casos. En el tercer proyecto se utilizó el mismo mortero que uno de los proyectos anteriores, pero se aplicó mecánicamente. Para el análisis de los datos obtenidos, se utilizó la prueba estadística t de student con una confiabilidad de 90%. Cabe destacar que los resultados son válidos solo para proyectos con características similares.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el costo de la actividad de repello aplicado manualmente es muy similar al aplicado con lanzadora ya que, el ahorro en el costo de mano de obra obtenido equivale aproximadamente al monto necesario para cubrir la amortización del equipo lanzador y el costo adicional del material proyectado.

**Palabras clave:** Rendimientos, Mano de obra, Mortero para repello, Máquina lanzadora.

## ABSTRACT

In this investigation, the performance and cost of workforce, material, and equipment in the application of plaster with industrialized mortar were estimated. The measurements were made in three housing projects of one and two levels, located within Alajuela, Heredia, San José or Cartago, Costa Rica. In the first two, mortars of different brands were used, however, the application methodology was manual in both cases. In the third project the same mortar was used as one of the previous projects, but it was applied mechanically. For the data analysis obtained, the statistical student-t test was used, with a reliability of 90%. It should be noted that the results are valid only for projects with characteristics like the ones used in this study.

According to the results, the cost of the plastering applied manually is very similar to the one applied with a sprayer machine, since the savings in workforce cost is approximately equivalent to the amount necessary to amortize the equipment and the additional cost of the projectable material.

**Key words:** Performance, Workforce, Plastering mortar, Sprayer machine.

## INTRODUCCIÓN

Según Luis Fernando Salazar Calderón (coordinador de Asesores Técnicos de la División de Construcción de Grupo Sur), los repellos industrializados han tenido mayor auge en el presente siglo, pues a finales de los años 90 eran más utilizados los repellos dosificados. Actualmente en Costa Rica, no existen bases de datos públicas que permitan acceder a información comparativa unificada de rendimientos y costos de aplicar estos morteros para repello. Por lo general, las casas comerciales realizan sus propias investigaciones y ponen a disposición fichas técnicas donde indican el rendimiento de su material, generalmente en unidades de saco/m<sup>2</sup>.

El uso de mortero industrializado lanzado se promociona, por parte de los proveedores de equipo de lanzado, como más económico que el repello aplicado de la forma tradicional, manual. Sin embargo, en la construcción de viviendas a nivel nacional, existe un alto porcentaje de proyectos que optan por el mortero industrializado aplicado manualmente. Postura que insta a pensar que existe un grado de incertidumbre entre los consumidores sobre el ahorro económico sugerido por los representantes del mortero lanzado.

Según los datos de la Cámara Costarricense de la Construcción para el año 2019, el 46,01% de los metros cuadrados tramitados ante el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos fue el sector vivienda. (CFIA, 2019)

Además, como lo menciona la ingeniera Sánchez (2009), la actividad del repello representa un 5% del costo total de los proyectos similares a los estudiados, lo cual es un porcentaje significativo.

El objetivo del trabajo de investigación fue llevar a cabo análisis en sitio, asociados a la aplicación de morteros de repello con el fin de brindar datos de rendimientos y costos, que sean de utilidad a las pequeñas y medianas empresas que construyen las viviendas mencionadas y disponen de menor capital económico para destinar recursos a la medición de rendimientos.

Se determinó la cantidad de material utilizado y la cantidad de horas que fueron necesarias para la colocación del repello, para los casos de aplicación manual y de aplicación con la máquina lanzadora. Con eso se construye una matriz comparativa que permite evaluar la diferencia entre las dos metodologías en términos de costo y duración. Con estos datos se logra determinar un costo aproximado por metros cuadrados, esa estimación es muy importante para determinar si el proyecto está dentro del presupuesto del cliente. (Dagostino & Peterson, 2011)

Es importante destacar que los resultados reportados solo aplican para repello con mortero industrializado con acabado grueso y fino, no se consideran otros tipos de morteros ni revestimiento con pasta. Además, la investigación se enfoca en medición de rendimientos, no se cuantificaron los desperdicios ni se realizó una evaluación de la calidad del material. El alcance del proyecto se delimitó a paredes cortas, largas, vigas, columnas y tapicheles. No se tomaron en cuenta repellos en buques de ventanas y puertas ya que son áreas muy pequeñas y con un nivel de acabado más estricto por lo que el tiempo invertido es mayor para esos elementos, lo que induciría una alta variabilidad en los datos.

## METODOLOGÍA

La metodología se divide en 4 etapas principales:

- a) Investigación: Esta primera etapa de consistió en recopilar información nacional e internacional sobre las diferentes formas de medir rendimientos en campo y sobre la elaboración de una hoja para la recolección de datos. Además, se indagó acerca de las técnicas de colocación de repellos industrializados en el país considerando tanto la aplicación manual como la mecanizada. De manera complementaria, se investigaron los tipos de repellos más representativos a nivel de desarrollos urbanísticos en Costa Rica.
- b) Selección de obra: En la segunda etapa se escogió el tipo proyecto en el cual se tomarían las medidas, basado principalmente en el tipo de obra (vivienda unifamiliar), la ubicación (Alajuela, Heredia, San José o Cartago), el sistema constructivo (mampostería confinada, acabada con repello industrializado), el área de construcción (rango de 120 m<sup>2</sup> a 350 m<sup>2</sup>), la experiencia de la empresa constructora y la continuidad de las cuadrillas de repello.
- c) Toma de datos: Una vez escogidos los proyectos, se diseñó estadísticamente el tamaño de la muestra de la investigación, se estableció el método de observación y se definió el medio de recolección de las mediciones. Las mediciones se efectuaron con equipos tales como cinta métrica, reloj de mano y cámara fotográfica para tomar las mediciones y se definió que no debe considerarse los tiempos de café y almuerzo, ni cualquier pausa relacionada con alguna otra actividad encomendada a los trabajadores. Además, las mediciones se realizan bajo el concepto de elemento terminado, es decir que no se toman en cuenta elementos que no fueron repellido en su totalidad.

Los cuadros de sistematización de datos contienen la información básica recopilada, que se utiliza para estimar los rendimientos de: material (saco/m<sup>2</sup>), mano de obra (hh/m<sup>2</sup>) y equipo (h/m<sup>2</sup>).

- d) Análisis de resultados: Posteriormente a la recolección de la información, se determinó que los datos se ajustan a una distribución normal utilizando un análisis estadístico por medio de la distribución de probabilidad t de Student. Para lograr este análisis estadístico, se determina un área que se analizará del proyecto, para esta se cuenta la cantidad de personal y las horas que cada uno invirtió durante la actividad, eso permite obtener las horas hombre por metro cuadrado. Una vez completada la toma de datos, se utiliza Excel para procesar los resultados y determinar el promedio en (hh/m<sup>2</sup>) y su respectiva desviación estándar.

A partir del análisis anterior se procedió finalmente con cálculo del costo unitario del material, de la mano de obra y de uso del equipo, todos en unidades de colones/m<sup>2</sup>. Se calculó el promedio, la desviación estándar, los valores máximos y mínimos y se verificó que el tamaño de muestra cumple con un nivel de confianza de 90% para poder comparar los costos asociados a cada actividad.

Los materiales utilizados se denominarán material X, material Y y material Z, los proyectos A, B y C. Las características de estos morteros se muestran en la Tabla 1.

## PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Repellos en Costa Rica

Los morteros para repellos son capas delgadas de una mezcla hecha a base de cemento, arena, agua y aditivos, estos últimos en forma eventual. Se aplican para brindar acabado y protección contra la intemperie a las edificaciones. Muñoz

(2004) expresa que un repello que cuente con características adecuadas de resistencia e impermeabilidad incrementa la durabilidad del concreto. La asociación Nacional de Fabricantes de Mortero (2012) indica que para seleccionar el material adecuado se deben tomar en cuenta las siguientes condiciones: superficie del elemento, nivel de exposición, requisitos funcionales (impermeabilidad, resistencia a la abrasión etc.), requisitos estéticos, compatibilidad con los demás elementos de la unidad de obra y el modo de aplicación (manual o mecánica).

La aplicación del mortero se hace en 3 etapas principales y debido a ello es que la medición y la recolección de información siguieron esas mismas 3 etapas:

#### Primera etapa: Maestreado

Esta etapa es la que asegura que el repello se aplica de forma tal que su conformación final cumplirá con niveles y verticalidades. Primeramente, se requiere contrastar la verticalidad de la pared. Esto se lleva a cabo a través de la colocación de guías maestras, de la siguiente manera: se sitúa un clavo en la parte superior y otro en la parte inferior del elemento, se coloca el plomo, respetando una separación entre pared y plomo de 1 cm a 1,5 cm. Para elaborar las guías es usual emplear clavos o secciones rectangulares de madera, estas últimas deben ser retiradas al final. Las maestras tienen un ancho aproximado entre 4 cm y 6 cm, están distanciadas horizontalmente entre sí de 1 m a 1,5 m. Se elaboran con el mismo mortero de relleno que se utiliza en las celdas de los bloques de mampostería. Con ayuda de una cuchara de albañilería, se lanza el material a lo largo de la pared, se deja reposar unos minutos para que adquiera una consistencia manipulable, posteriormente con ayuda de un codal de aluminio o madera se da un acabado uniforme a la superficie. (Muñoz, 2004) En la Figura 1, se pueden observar las herramientas utilizadas para el maestreado.

Tabla 1. Comparativa entre los morteros utilizados

Características	Material X	Material Y	Material Z
Resistencia a la compresión a 28 días	5,4 MPa	7,35 MPa	5,4 MPa
Acabado permitido	Liso o rugoso	Liso o rugoso	Liso o rugoso
Espesor (mínimo y máximo)	5 a 20 mm	5 a 20 mm	5 a 20 mm
Tiempo de curado	72 hrs	5 hrs	72 hrs
Densidad	1580 kg/m <sup>3</sup>	2070 kg/m <sup>3</sup>	1580 kg/m <sup>3</sup>
Adhesión a 28 días	> 1,0 MPa	-	> 1,0 MPa



Figura 1. Herramientas para el maestreado de las paredes  
Fuente: (Construplaza, 2020)  
Modificado por autor



Figura 2. Herramienta para el repello grueso de las paredes.  
Fuente: Construplaza, 2020  
Modificado por autor

## Segunda etapa: Llenado

Esta etapa consiste en aplicar una capa de mortero con características para repello grueso, con un espesor que varía entre 5 mm y 20 mm. Esta etapa puede realizarse bajo dos modalidades, manual o mecánica.

### Aplicación manual

En esta modalidad, se siguen estos pasos:

- 1) Preparación de la superficie: verificar que la superficie esté libre de suciedad y humedecer el área que se va a repellar.
- 2) Preparación del mortero: medir la cantidad de agua (limpia) indicada por el fabricante para el total de kilogramos de material a utilizar, depositar el agua en un recipiente donde pueda realizar la mezcla, agregar el mortero y mezclar hasta tener una consistencia homogénea y libre de grumos, por último, dejar reposar por 5 minutos y volver a batir antes de colocar.
- 3) Aplicación del repello: según el espesor indicado en planos o especificaciones se puede aplicar varias capas de mortero, con el cuidado de que la capa anterior haya adquirido firmeza y sea de un espesor más grueso que la siguiente. El mortero se lanza a la superficie por repellar. Por medio de una cuchara de albañil, se distribuye y nivela por medio de un codal de aluminio o una regla trapezoidal. No se debe utilizar la mezcla después de 1 hora de preparada, los elementos repellados se deben proteger de la lluvia por 8 horas y realizar un curado a partir de las siguientes 24 horas eso para evitar fallos en el revestimiento (Pérez, Álvarez, Burrull; 2007).

En la Figura 2, se observan las herramientas que se utilizan en la etapa de repello grueso.

### Aplicación mecánica:

En esta modalidad, se siguen los siguientes pasos:

- 1) Preparación de la superficie: verificar que la superficie esté libre de suciedad y humedecer el área que se va a repellar.
- 2) Preparación del mortero: ajustar el flujo de agua limpia en la máquina proyectora (ver Figura 3) según las indicaciones del fabricante, para una dosificación en óptimas condiciones. Colocar en la tolva de recepción los sacos de mortero de 40 kg uno tras otro, conforme se va gastando el material.
- 3) Aplicación del repello: se proyecta el mortero al área deseada desde una distancia de 10 cm a 15 cm, manteniendo un movimiento horizontal ascendente. Se distribuye y nivela el material por medio de un codal de aluminio, no utilizar la mezcla después de 1 hora de preparada.



Figura 3. Máquina lanzadora de mortero pre empacado  
Fuente: m-tec, 2020

### Tercera etapa: Afinado

En esta etapa se aplica una capa muy delgada que mide aproximadamente entre 2 mm y 3 mm, con el fin de dar el acabado previo a la pintura. Esta etapa se realiza mortero para repello fino. Una vez que culmina la etapa de llenado se espera a que la superficie esté ligeramente seca, se agrega la mezcla de repello fino y con una llana de goma, una plancha de madera (humedecer para mejorar la trabajabilidad), o una llana metálica lisa se le da el acabado final. En la Figura 4 se muestran las herramientas destinadas para aplicar el repello fino de los elementos.



Figura 4. Herramientas para el repello fino de las paredes.  
Fuente: Construplaza, 2020  
Modificado por autor

## Resultados

### Proyecto A

Es un desarrollo urbanístico ubicado en Sabanilla. Se desarrolló en 2 etapas y son un total de 81 unidades. Las viviendas miden 143 m<sup>2</sup> de construcción divididos en 2 niveles.

En la planta baja se ubican la cochera, medio baño de visitas, sala-comedor y área de pilas. La altura del repello varía de 2,60 m a 2,90 m. En la planta alta cuenta con una habitación principal con walk-in closet y baño completo, dos habitaciones secundarias, un baño completo y una sala de tv. La altura del repello varía de 2,70m a 3,60m.

En este proyecto se utilizó el material X, mortero formulado para repellar capas gruesas desde 5mm hasta 20mm de espesor, tanto en paredes internas como en paredes externas. La recomendación del fabricante para mantener una adecuada consistencia del material es agregar 7L a 7,5L de agua por cada saco de 40kg. El rendimiento teórico del material con un espesor de 10mm es de 2m<sup>2</sup> por saco a 2,2m<sup>2</sup>.

La mezcla de mortero se elaboró y aplicó manualmente, no se requirió el uso de equipo sofisticado, por el contrario, se utilizó herramientas básicas para el acabado del repello como el nivel de mano, la escuadra, la cinta métrica, el martillo, el codal de aluminio, la pala, la cuchara de albañil, la llaneta dentada, la llaneta lisa, la llaneta de hule y una batea elaborada en el proyecto con el fin de mezclar el material.

En la Tabla 2 se muestra el rendimiento promedio del material X y de la mano de obra, requerida para su aplicación, para cada etapa de elaboración del repello; al igual que, la suma de sus costos promedio. También, se brinda el rendimiento promedio total de material y de la mano de obra para un metro cuadrado de pared repellada. El Proyecto A obtuvo un costo unitario total para un metro cuadrado de pared repellada de 2948,01 colones.

### Proyecto B

Es un proyecto residencial ubicado en Lindora de Santa Ana. Es un residencial contemporáneo con 16 casas y con 4 modelos a escoger.

Tabla 2. Rendimiento y costo de la aplicación del mortero para repello X en el Proyecto A				
	Etapa 1 Preparación Datos promedio de todas las lecturas	Etapa 2 Grueso Datos promedio de todas las lecturas	Etapa 3 Fino Datos promedio de todas las lecturas	Totales por sistema Datos promedio de todas las lecturas
Rendimiento material X (Sacos/m <sup>2</sup> )	0,0261	0,4313	0,0781	0,5355
Rendimiento mano de obra (h-h/m <sup>2</sup> )	0,1969	0,2446	0,1095	0,5510
Costo Unitario Total (¢/m <sup>2</sup> )	516,57	1937,79	493,66	2948,01

Fuente: Elaboración propia

El área de construcción de las viviendas va desde 240m<sup>2</sup> hasta 375m<sup>2</sup>. Tienen habitación y baño de servicio, terraza exterior, sala familiar de tv, 3-4 habitaciones, sala, comedor, distribuidos en una o dos plantas.

En este proyecto se utilizó el material Y, mortero funcional tanto para repello manual como proyectable y aplicable en paredes internas o externas. Tiene la particularidad de tener un alto contenido de látex. La recomendación del fabricante para mantener una adecuada consistencia del material es agregar 8L a 9L de agua por cada saco de 40kg. El rendimiento teórico del material con un espesor de 10mm es de 2m<sup>2</sup> por saco.

La mezcla de mortero se elaboró y aplicó manualmente, se utilizó herramientas básicas para el acabado del repello como el nivel de mano, la escuadra, la cinta métrica, el martillo, el codal de aluminio, la pala, la cuchara de albañil, la llaneta lisa y la llaneta de hule.

La Tabla 3 muestra el rendimiento promedio del material Y y de la mano de obra requerida para su aplicación, en el Proyecto B. Al igual que en el caso anterior, se estimó el costo promedio total del material y de la mano de obra para cada una de las etapas de aplicación del mortero. En la última columna se observa la suma de las tres etapas que abarcan la actividad en estudio. El costo unitario total por metro cuadrado del consumo y colocación del mortero en el Proyecto B fue de 3696,36 colones.

### Proyecto C

El condominio residencial está ubicado en Santo Domingo de Heredia. Este proyecto en particular fue construido con mampostería integral. Destaca en este proyecto la certificación ISO-9001:2015 que es la norma de Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) con la que cuenta la empresa constructora.

Para el proyecto C se realizaron las mediciones en el modelo de 221 m<sup>2</sup>. Esta casa cuenta con 3 dormitorios, medio baño para visitas, 2 baños completos, sala-comedor, cocina, área

de lavado, terraza y un espacio multifuncional. La altura de las paredes repellas en el primer nivel es de 2,47 m y en el segundo nivel es de 2,60 m.

En este proyecto se utilizó el material Z, mortero especialmente formulado para ser aplicado mediante máquina lanzadora tanto en paredes internas como externas. La recomendación del fabricante para mantener una adecuada consistencia del material es agregar de 240L/h a 300L/h de agua por cada saco de 40kg. El rendimiento teórico del material con un espesor de 10mm es de 2m<sup>2</sup> por saco a 2,2m<sup>2</sup>/saco.

El equipo empleado para la dosificación, mezclado y lanzado del mortero fue la máquina Mono-Mix FU-II-SC-WP modelo 2015 del fabricante m-tec (ver Figura 5). Para desarrollar la etapa de preparación de las paredes utilizaron herramientas básicas como martillo, nivel, escuadra y plomo. En la etapa de repello grueso emplearon un codal y en el afinado requirieron de un carretillo para depositar el material preparado en la Mono-Mix, una llaneta lisa, una cuchara de albañil y una llaneta de hule.



Figura 5. Máquina lanzadora de mortero  
Tomado por autor

Tabla 3. Rendimiento y costo en cada etapa de elaboración del repello en el Proyecto B				
	Etapas 1 Preparación Datos promedio de todas las lecturas	Etapas 2 Grueso Datos promedio de todas las lecturas	Etapas 3 Fino Datos promedio de todas las lecturas	Totales por sistema Datos promedio de todas las lecturas
Rendimiento material X (Sacos/m <sup>2</sup> )	0,0317	0,5345	0,0631	0,6294
Rendimiento mano de obra (h-h/m <sup>2</sup> )	0,2213	0,3647	0,1540	0,7400
Costo Unitario Total (¢/m <sup>2</sup> )	588,78	2561,26	546,31	3696,36

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 se presenta el rendimiento promedio del material Z, el rendimiento promedio de la mano de obra y el rendimiento promedio del equipo, obtenidos en el Proyecto C. También se observa, el costo promedio total ligado al consumo de material y mano de obra y al uso del equipo, en cada una de las etapas de aplicación del mortero, según corresponda. La última columna comprende la suma de las tres etapas que abarcan la actividad de repello.

El rendimiento obtenido para el equipo fue de 0,0202 horas por metro cuadrado, el equipo utilizado se encontraba en buen estado, no se registraron fallas ni atrasos en la colocación del material por su causa.

Adicionalmente, para determinar el costo asociado al uso del equipo en el proyecto, se realizó una distribución del precio del equipo entre sus años de operación y se estimó un porcentaje de amortización de su costo, correspondiente al uso en este proyecto. Finalmente, el Proyecto C obtuvo un costo unitario total por metro cuadrado de pared repellada de 2906,94 colones.

## Análisis de resultados

### Rendimiento del mortero

Algunos factores de consideración que se deben mencionar: La verticalidad de las paredes, así como las irregularidades de las superficies y los blocks desalineados con respecto a vigas y columnas influenciaron directamente en los datos de rendimientos obtenidos. Entre mayor el desplome de las paredes, mayor cantidad de material se necesita para dar el acabado. El ancho dado a las maestras también es un factor que intervino en el rendimiento, ya que, entre más ancha fue la maestra, se necesitó más material. Tal es el caso del Proyecto C, donde las maestras tenían un ancho aproximado de 6 mm. Por el contrario, en los proyectos A y B el tamaño era aproximadamente de 4 mm.

En la primera etapa, correspondiente a la preparación de las maestras, el material X obtuvo mejor rendimiento por metro cuadrado de pared en comparación con los materiales Y y Z. Para esta etapa el material Y presentó la mayor cantidad de mortero utilizado por unidad de área. Lo mismo se observó en la segunda etapa, la de repello grueso. Aunque en la tercera etapa el orden de mejor a peor rendimiento varía, se puede observar que en promedio el mejor rendimiento de material por m<sup>2</sup> de pared le corresponde al material X. El material Y es el que mayor cantidad de mortero utilizado por unidad de área. En la Tabla 5 se muestran los resultados.

**Tabla 4. Rendimiento y costo en cada etapa de elaboración del repello en el Proyecto C**

	Etapa 1 Preparación Datos promedio de todas las lecturas	Etapa 2 Grueso Datos promedio de todas las lecturas	Etapa 3 Fino Datos promedio de todas las lecturas	Totales por sistema Datos promedio de todas las lecturas
Rendimiento material X (Sacos/m <sup>2</sup> )	0,0295	0,4575	0,0614	0,5485
Rendimiento mano de obra (h-h/m <sup>2</sup> )	0,1605	0,0761	0,0483	0,2849
Rendimiento del equipo (h/m <sup>2</sup> )	-	0,0202	-	0,0202
Costo Unitario Total (c/m <sup>2</sup> )	468,54	2086,14	352,27	2906,94

Fuente: Elaboración propia



Tabla 5. Rendimiento del material en cada uno de los proyectos estudiados				
	Etapa 1 Preparación Datos promedio de todas las lecturas (saco/m <sup>2</sup> )	Etapa 2 Grueso Datos promedio de todas las lecturas (saco/m <sup>2</sup> )	Etapa 3 Fino Datos promedio de todas las lecturas (saco/m <sup>2</sup> )	Totales por sistema Datos promedio de todas las lecturas (saco/m <sup>2</sup> )
Material X Proyecto A	0,0261	0,4313	0,0781	0,5355
Material Y Proyecto B	0,0317	0,5345	0,0631	0,6294
Material Z Proyecto C	0,0295	0,4575	0,0614	0,5485

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el material Y utiliza un 17% más de material que el material Z y un 24% más que el material X. En las fichas técnicas de los 3 morteros, se indican valores de rendimientos teóricos muy similares, sin embargo, los rendimientos experimentales parecen mostrar que existe una cierta diferencia, por lo tanto, se procedió a comparar los valores teóricos con respecto a los experimentales.

Los rendimientos medidos en campo y sus respectivos valores teóricos, facilitados por el fabricante de cada marca se pueden observar en la Tabla 6. El rendimiento teórico para el mortero capa gruesa está dado para 1 cm de espesor, en los proyectos este grosor varió dentro de un rango. El Proyecto A poseía un espesor cercano a los 8 mm y 10 mm, el Proyecto B obtuvo un grosor aproximado de 10 mm a 12 mm y el Proyecto C contó con un espesor promedio de 10 mm.

En la Tabla 6, para el caso del uso recomendado como repello grueso, se observa que el material X superó el rendimiento brindado por el fabricante, el material Z estuvo dentro del rango brindado, mientras que el material Y no cumplió con el rendimiento indicado. Para el caso del repello industrializado utilizado como repello fino, se obtuvieron medidas mayores a las propuestas por el fabricante.

#### Rendimiento de mano de obra

En la etapa de preparación de las paredes, en la Tabla 7 se observa que el Proyecto C fue el que obtuvo el mejor rendimiento. Esto pudo ser generado por el escaso detalle en la elaboración de las maestras, en comparación con los otros dos proyectos, donde las guías sí son detalladas.

En la Figura 6, a la izquierda se pueden observar las maestras del proyecto A y a la derecha del C.

Tabla 6. Rendimiento teórico y práctico del mortero industrializado				
	Rendimiento promedio obtenido en los proyectos en estudio para repello grueso (m <sup>2</sup> /saco)	Rendimiento brindado por el fabricante para repello grueso (m <sup>2</sup> /saco)	Rendimiento promedio obtenido en los proyectos en estudio para el repello fino (m <sup>2</sup> /saco)	Rendimiento brindado por el fabricante para el saco de repello fino (m <sup>2</sup> /saco)
Material X	2,32	2,2	12,81	7,5-8
Material Y	1,87	2,0	15,84	6-8
Material Z	2,19	2-2,2	16,28	7,5-8

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Maestras en Proyectos A y C  
Tomado por autor

Tabla 7. Rendimiento de mano de obra (h-h/m <sup>2</sup> ) en cada uno de los proyectos en estudio				
	Etapa 1 Preparación Datos promedio de todas las lecturas (h-h/m <sup>2</sup> )	Etapa 2 Grueso Datos promedio de todas las lecturas (h-h/m <sup>2</sup> )	Etapa 3 Fino Datos promedio de todas las lecturas (h-h/m <sup>2</sup> )	Totales por sistema Datos promedio de todas las lecturas (h-h/m <sup>2</sup> )
Proyecto A	0,1969	0,2446	0,1095	0,5355
Proyecto B	0,2213	0,3647	0,1540	0,74
Proyecto C	0,1605	0,0761	0,0483	0,2849

Fuente: Elaboración propia

### Comparación económica entre proyectos

En la Tabla 8 se puede observar el costo general de cada una de las etapas de aplicación del repello, este considera, según corresponda, el costo del material, el costo de mano de obra y el costo de usar el equipo.

Al comparar el costo total unitario por metro cuadrado, de la actividad de repello en el Proyecto A y en el Proyecto B, donde los materiales fueron aplicados manualmente, según las mediciones obtenidas, el costo de utilizar el material X, con la formación de la cuadrilla elegida para este proyecto,

resultó en un costo aproximadamente 25% menor. En monto económico representa 748,35 colones menos por metro cuadrado repellido.

Comparando el costo final de la actividad de repello logrado por los proyectos con mortero aplicado manualmente, se obtuvo un menor costo en el Proyecto A. Al comparar el costo obtenido para el Proyecto A, donde hubo aplicación manual, con el obtenido en el Proyecto C, donde interviene el uso de la máquina lanzadora, se observa que, prácticamente no existe diferencia entre sus costos.

Tabla 8. Costo unitario total en cada uno de los proyectos en estudio (¢/m <sup>2</sup> )				
	Etapa 1 Preparación Datos promedio de todas las lecturas	Etapa 2 Grueso Datos promedio de todas las lecturas	Etapa 3 Fino Datos promedio de todas las lecturas	Totales por sistema Datos promedio de todas las lecturas
Material X Proyecto A	516,57	1937,79	493,66	2948,01
Material Y Proyecto B	588,78	2561,26	546,31	3696,36
Material Z Proyecto C	468,54	2086,14	352,27	2906,94

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos parecen indicar que el uso de equipo mecanizado mejora los rendimientos de la mano de obra en un 69%. En la etapa de repello grueso el rendimiento de la mano de obra en el Proyecto A fue de 0,2446 h-h/m<sup>2</sup>, en el Proyecto B fue de 0,3647 h-h/m<sup>2</sup>, mientras que, en el Proyecto C, donde intervino el uso del equipo, fue de 0,0761 h-h/m<sup>2</sup>.
2. Los resultados obtenidos tienden a señalar que existe una optimización de los costos de la mano de obra por la aplicación del mortero con máquina lanzadora. Las razones observadas son debido a que agiliza la labor de los trabajadores y reduce el número de colaboradores requeridos para su ejecución.
3. Al analizar los costos totales de la actividad de repello en el Proyecto C, con los de Proyecto A, los datos tienden a indicar que, el ahorro generado en los costos de mano de obra cuando se usa el equipo se compensa cuando se incorpora el costo amortización del equipo y el costo extra por utilizar el material proyectable. Es necesario aclarar que resultados diferentes se podrían obtener si la empresa logra maximizar la cantidad de tiempo anual que utiliza el equipo lanzador en sus proyectos.
4. De las diferentes configuraciones de cuadrillas para aplicar el repello, los datos tienden a indicar que la composición de la cuadrilla óptima estuvo compuesta por un operario y un ayudante con una participación del 50% de este último. Esta formación demandó menos tiempo de mano de obra por metro cuadrado, al existir obreros con menor tiempo ocioso y menor recarga de trabajo.
5. A partir de los datos obtenidos se puede concluir que tanto la distribución de las cuadrillas, como la continuidad de los trabajadores, con un grado de capacitación en una misma labor genera una mejoría en el rendimiento de la mano de obra.
6. La plasticidad es decir la manejabilidad y la trabajabilidad del mortero para repello grueso utilizado en el afinado de las paredes, implicó una mejora en el rendimiento del personal. Al tener una consistencia a la vista más pastosa, y eso les facilitó a los obreros colocar la mezcla en un menor tiempo. Sin embargo, se comprobó que el material Z favoreció aún más el rendimiento de la mano de obra, siendo este de 0,0483 h-h/m<sup>2</sup>, en comparación con los otros dos proyectos, donde se obtuvo 0,1095 h-h/m<sup>2</sup> para el Proyecto A y 0,1540 h-h/m<sup>2</sup> para el Proyecto B.

7. Se observó que existe una nueva tendencia a utilizar los sacos de mortero para repello grueso en el afinado de las paredes. Sin embargo, se constató que en los casos analizados no se siguen las recomendaciones del fabricante. Las constructoras con las que se tuvo contacto parecen haber decidido que, con este nuevo uso, los costos del material en la etapa de repello fino se pueden disminuir. Según los datos recolectados, esta reducción puede ser entre un 23% y un 9%, vistos en el Proyecto A y en el Proyecto B respectivamente. Sin embargo, se recomienda llevar a cabo más investigaciones en esta temática, para corroborar que este uso es el idóneo para este tipo de material.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero (AFAM). (2012). Recomendaciones y pliego de condiciones para revestimientos de mortero. Madrid: AFAM.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2019). Indicadores CFIA de la Construcción en Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Construplaza. (2020). Ilustración de las herramientas básicas para repellar. [Figura]. Recuperado de <https://www.construplaza.com/>
- Dagostino, F.; Peterson, S. (2011). Estimating in Building Construction. Séptima edición. Weber State University. UTAH, Estados Unidos
- M-TEC. (2020). Ilustración de la máquina de lanzado de mortero para repello. [Figura]. Recuperado de <https://m-tec.com/construction-site-equipment/machines/mixing-pumps/mono-mix/>
- Muñoz, F. (2004). Repello de Albañilería en Viviendas. Ingeniería, 2(1), 101-108.
- Sánchez, S. (2009). Análisis de las propiedades de mortero pre empacado para repello. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Pérez, J; Álvarez, A; Burrull, J. et al. (2007). Prevención de fallos en revestimiento con morteros monocapa. Murcia: Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Transporte de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.