



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Propuesta de guía de gestión de desperdicios en la ejecución de muros de albañilería (unidades de arcilla y sílico calcáreo) para obras de edificaciones, en pequeñas y medianas empresas de Lima

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Salazar Bravo, Irma Lisseth	0009-0007-8139-2534
Rodriguez Fernandez, Jorge Eddy	0000-0003-4386-2498

ASESOR(ES)

Barraza Eléspuru, Giuliana	0000-0002-5485-5456
----------------------------	---------------------

Lima, 14 de noviembre de 2023

DEDICATORIA

Dedicado a todas las personas que nos apoyaron y guiaron durante todo el camino profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a las empresas y sus colaboradores que nos apoyaron brindándonos la información requerida para el desarrollo de la presente Tesis. Así mismo, a los asesores que durante nos guiaron y encaminaron para poder culminar esta investigación.

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue validar una guía de gestión de desperdicios de materiales en obras ejecutadas en Lima. Para ello, se realizó el análisis de tres obras de edificaciones en las cuales se identificó que la partida con mayor incidencia de porcentaje dentro del presupuesto de la especialidad de arquitectura es la partida de muros de albañilería, la cual representa entre el 8% al 20% en los proyectos analizados. Posterior a la identificación de la partida se realizó el modelo en 3D con el que se calculó el volumen de los muros de albañilería y la cantidad de material requerido para su ejecución. Con los cálculos se obtuvo que los porcentajes de desperdicios generados por esta partida varían del 2% al 17%, superando el porcentaje dado en las teorías que es de 5%.

Posterior a todos los datos recolectados se redacta la guía de gestión de desperdicios de muros de albañilería en la cual se presenta los procesos constructivos a seguir, los flujogramas de procesos indicando responsables de los controles y puntos de inspección, recomendación del uso de diagrama de Ishikawa, protocolo de control de muros de albañilería y la implementación de las 3R para buscar una reducción de los desperdicios y manejo de los residuos generados por la ejecución de muros de albañilería.

Palabras claves: Albañilería, modelado 3d, desperdicio, guía de gestión, materiales

ABSTRACT

The objective of this thesis was to validate a material waste management guide in works carried out in Lima. For this, an analysis of three building works was carried out in which it was identified that the item with the highest percentage incidence within the budget of the architecture specialty is the item of masonry walls, which represents between 8% to 20% in the projects analyzed. After identifying the item, the 3D model was created to calculate the volume of the masonry walls and the amount of material required for its execution. With the calculations it was obtained that the percentages of waste generated by this item vary from 2% to 17%, exceeding the percentage given in the theories which is 5%.

After all the data collected, the masonry wall waste management guide is written, which presents the construction processes to be followed, the process flow charts indicating those responsible for the controls and inspection points, and recommendation for the use of the Ishikawa diagram, masonry wall control protocol and the implementation of the 3R to seek a reduction in waste and management of waste generated by the execution of masonry walls.

Keywords: Masonry, 3D modeling, waste, management guide, materials

U201712829_ SALAZAR BRAVO IRMA LISSETH_Propuesta de guía de gestión de desperdicios en la ejecución de muros de albañilería (unidades de arcilla y sílico calcáreo) para obras de edificaciones, en peq

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	7 %	2 %	2 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
2	www.mef.gob.pe Fuente de Internet	1 %
3	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
7	www.cdt.cl Fuente de Internet	<1 %
8	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
1 CAPÍTULO 1 – MARCO TEÓRICO	8
1.1. Gestión de calidad en construcción	8
1.2. Grupo de procesos del proyecto de construcción.....	8
1.3. Desperdicios en las obras de construcción.....	8
1.4. Proceso de construcción: Muros de albañilería	9
Albañilería.....	9
Proceso constructivo y verificación	9
2. METODOLOGÍA.....	10
2.1 Nivel de Investigación.....	10
2.2 Diseño de Investigación.....	10
2.3 Procedimiento	10
3. CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE LA TESIS: ANÁLISIS DE 03 PROYECTOS DE EDIFICACIÓN	11
3.1. Proyecto multifamiliar Remigio García.....	11
3.1.1 Partidas más incidentes en el presupuesto de arquitectura.....	12
3.1.2 Medición de muros de block sílico calcáreos -modelado en 3D	13
3.1.3 Análisis de precios unitarios de la partida Block sílico-calcáreo	15
3.1.4 Cálculo de porcentaje real de desperdicio	19
3.2. Proyecto “Recuperación del local escolar de la I.E. N° 388, Santa Rosa De Lima, con código local N°349972, distrito de Supe, provincia de Barranca, región Lima”	20
3.2.1 Partidas más incidentes en el presupuesto de arquitectura.....	20
3.2.2 Medición de muros de ladrillo de arcilla – modelado 3D.....	22
3.2.3 Análisis de precios unitarios de la partida de muros de ladrillos de arcilla	23
3.2.4 Cálculo de porcentaje real de desperdicio	24
3.3. Proyecto multifamiliar Bollar	25
3.3.1 Partidas más incidentes en el presupuesto de arquitectura.....	25
3.3.2 Medición de muros de ladrillo de arcilla – modelado en 3D	26
3.3.3 Análisis de precios unitarios de la partida de muros de ladrillo de arcilla.	28
3.3.4 Cálculo de porcentaje real de desperdicio	29
3.4. Análisis de resultados de desperdicios.....	30
4. INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA GUÍA DE GESTIÓN DE DESPERDICIOS	31
4.1. Procesos constructivos.....	31
4.1.1 Proceso constructivo muros de albañilería	31
4.1.2 Procesos constructivos unidades sílico calcáreos	32

4.2.	Identificación de las principales causas que generan desperdicios de materiales	33
4.2.1	Encuesta a expertos	34
5.	GUÍA DE GESTIÓN DE DESPERDICIOS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA.....	36
6.	VALIDACIÓN DE LA GUÍA DE GESTIÓN DE DESPERDICIOS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA	46
7.	CONCLUSIONES.....	51
8.	RECOMENDACIONES	52
9.	REFERENCIAS	53
10.	ANEXOS.....	56
10.1.	Anexo 1: Encuesta a expertos para validación de Tesis	56
10.2.	Protocolo de control de muros de albañilería.....	58
10.3.	Registro estadístico de información del protocolo del control de muros de albañilería.	59
10.4.	Flujograma de procesos de muro de albañilería	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de encuestados	3
Tabla 2 Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura.....	12
Tabla 3 Metrados de los blocks sílico-calcáreos, por niveles y espesores.	15
Tabla 4 Resumen de gastos de materiales del proyecto: “Edificio Multifamiliar Remigio García”.....	15
Tabla 5 Dimensiones de placas, peso, piezas por m2 y cantidad de alveolos por unidad de albañilería, tabla obtenida del manual de instalación de la empresa “la Casa”.....	16
Tabla 6 Se indica las unidades de placa P-7 por m2 de muro y el total de unidades según el metrado del modelado es de 889.06und de placas (Ver tabla 4).	17
Tabla 7 Se indica las unidades de placa P-10 por m2 de muro y el total de unidades según el metrado del modelado es de 8495.13und (Ver tabla 4).....	17
Tabla 8 Se indica las unidades de placa P-10, totalmente lleno, por m2 de muro y el total de unidades según el metrado del modelado es de 2396.27und (Ver tabla 4).	18
Tabla 9 Se indica las unidades de placa P-12 por m2 de muro y el total de unidades según el metrado del modelado es de 1199.29und (Ver tabla 4).....	18
Tabla 10 Se indica las unidades de placa P-14 por m2 de muro y el total de unidades según el metrado del modelado igual a: 9597.91und (Ver tabla 4).	19
Tabla 11 Dimensiones de placas, peso, piezas por m2, cantidad de alveolos por unidad, tabla obtenida del manual de instalación de la empresa “la Casa”.....	19
Tabla 12 Porcentaje de desperdicio real del proyecto Remigio García.....	20
Tabla 13 Costos parciales y porcentaje acumulado de las partidas del presupuesto de arquitectura.	20
Tabla 14 Resultados del metrado de muros de arcilla por volumen y área.	23
Tabla 15 Análisis de precios unitarios y cantidad total de ladrillos de arcilla en asentado de cabeza	23
Tabla 16 Análisis de precios unitarios y cantidad total de ladrillos de arcilla en asentado de soga.....	24
Tabla 17 Porcentaje de desperdicio real total del proyecto	24
Tabla 18 Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura-edificio Bollar	25
Tabla 19 Valores en volumen y metro cuadrado de muro de albañilería del proyecto Multifamiliar, edificio Bollar	27

Tabla 20 Resumen de gastos de materiales de las unidades de arcilla.	28
Tabla 21 Porcentaje de desperdicio por unidad de tipo de albañilería de los tres proyectos analizados	30
Tabla 22	44
Tabla 23	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Resultado de encuesta ¿la empresa dónde trabajas cuenta con una guía de gestión de desperdicios?	3
Figura 2 ¿Qué partidas, de arquitectura, son las que tienen mayor incidencia en el presupuesto de la misma especialidad?.....	4
Figura 3 ¿Cuál de las siguientes partidas tendrá un mayor porcentaje de desperdicios?	4
Figura 4 Resumen de etapas del procedimiento	11
Figura 5 Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura.....	13
Figura 6 Modelado de vigas, columnas y placas de los pisos 2,3 y 4 y leyenda de los elementos estructurales:.....	14
Figura 7 Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura.....	21
Figura 8 Modelado de vigas, columnas, columnetas y muros del primer y segundo nivel del proyecto. Leyenda del modelado:.....	22
Figura 9 Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura.....	26
Figura 10 Modelado de los muros de arcilla del piso típico, del edificio Bollar. Leyenda de los muros de arcilla y elementos estructurales	27
Figura 11 Porcentaje de desperdicio por unidad de tipo de albañilería de los tres proyectos analizados.	30
Figura 12 Resultados de pregunta 1	34
Figura 13	34
Figura 14 Respuesta pregunta 3	35
Figura 15 Respuesta pregunta 4	35
Figura 16 Respuesta pregunta 5	36
Figura 17	42
Figura 18	43
Figura 19 Almacenaje de ladrillos.....	45
Figura 20 Respuesta pregunta 1	47
Figura 21 Respuesta pregunta 2	48
Figura 22 Respuesta pregunta 4	49
Figura 23 Respuesta pregunta 5	49
Figura 24 Respuesta pregunta 6	50
Figura 25 Respuesta pregunta 7	50

INTRODUCCIÓN

a) Realidad problemática

La mayoría de las empresas del rubro de la construcción, al realizar la gestión de recursos, optan por dar mayor relevancia y análisis a la mano de obra; esto debido a que su control se puede dar con mayor facilidad; sin embargo, el desperdicio de materiales representa un problema importante; dado que tiene implicaciones significativas tanto para la eficiencia del producto, como también en el impacto ambiental de los proyectos de construcción. Además, la medición de residuos desempeña un rol importante para la gestión de los sistemas de producción; ya que, es una forma efectiva de evaluar su rendimiento, lo que permite señalar áreas de mejora potencial (Formoso et al, 2002).

Una Guía de Gestión de desperdicios permite reducir los residuos o remanentes de los diferentes insumos empleados en la partida correspondiente a muros de albañilería, de los proyectos de construcción de edificios completos, en pequeñas y medianas empresas. La elección de esta partida, para la elaboración de una guía de gestión de desperdicios, se debe a que el porcentaje de incidencia que tiene dentro del presupuesto de obra es de 13-15%, es la segunda partida con mayor incidencia en el costo de un proyecto, después de los elementos estructurales de concreto cuyo porcentaje asciende aproximadamente 17-20% (Vera, 2021). Como se expone, los costos de obras son analizados por partidas de manera independiente cada una, e incluso en los análisis de precios unitarios (APU) se considera un porcentaje de desperdicio por cada material que se empleará. Estos porcentajes de desperdicios considerados al momento de realizar los APU del proyecto no son los reales, dado que, al finalizar la edificación total, se obtiene desperdicios muy por encima del utilizado en los APU de la oferta económica o del presupuesto base presentado.

Es por ello, que se considera de vital importancia que las empresas constructoras lleven un dato estadístico de todos los remanentes de materiales por obra y obtener de esta manera sus propios porcentajes de desperdicios. Realizar este trabajo contribuirá a no fracasar por rentabilidad en la ejecución de un proyecto.

Sumado a la presente investigación, se empleará el software AutoCAD (3D) al ser de fácil uso, el cual permite metrar y hacer el modelado de los muros de albañilería, diferenciando esta partida de los elementos estructurales.

b) Formulación del problema

¿Se podrá reducir los porcentajes de pérdidas en materiales en la ejecución de muros de albañilería, en obras de edificaciones con una guía de gestión de desperdicios?

c) Justificación

En gran porcentaje de las obras de construcción civil se realiza el subcontrato de partidas, en las cuales, como también sucede en la ejecución directa, se le presta una mayor importancia a valorizar y priorizar el control de la mano de obra del personal. La compra de insumos se da por la empresa contratante; es decir, no son partidas subcontratadas a “todo costo”, es por tal motivo que el personal subcontratado no optimiza los recursos materiales, generando pérdidas y desperdicios (Mena et al., 2018).

Por ello, con la Guía que se diseña en la presente investigación, se busca reducir los porcentajes de desperdicios de la partida de muros de albañilería en la especialidad de arquitectura en obras de edificaciones. En consecuencia, con esta reducción las empresas constructoras e inmobiliarias logran obtener un mejor manejo y control de sus materiales. Los más beneficiados con una guía de gestión de desperdicios, son las empresas constructoras e inmobiliarias, dedicadas a realizar proyectos de edificaciones, ya que reducirán sus costos de operación en esta partida.

Por otro lado, se encuentran también beneficiados los clientes, pues obtendrán un producto a un menor costo, con mejores estándares de calidad y una garantía de las unidades inmobiliarias adquiridas.

También se tiene, al reducir los porcentajes de desperdicios, un menor impacto ambiental, pues se realizarán los muros empleando una menor cantidad de recursos materiales y, en consecuencia, disminuye el volumen de eliminación de residuos por proyecto.

A continuación, se muestran figuras y cuadros estadísticos realizados a profesionales del medio, colaboradores de diferentes empresas y obras, donde se indican los diversos problemas e incidencias de los desperdicios en sus proyectos. Así mismo, se presenta una lista de encuestados y preguntas relacionado a temas de gestión de desperdicios como sustento para iniciar el estudio.

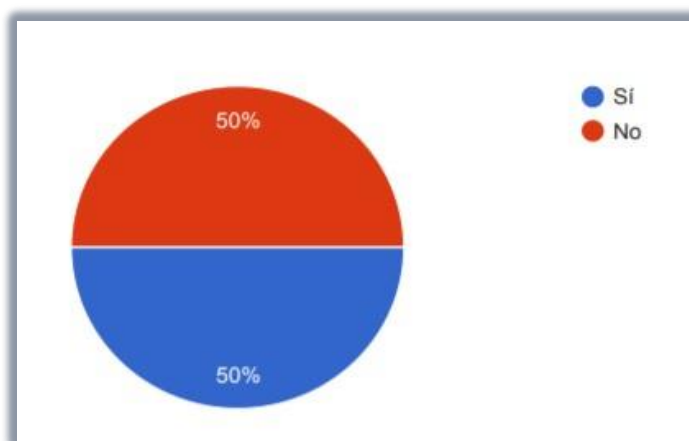
Tabla 1*Cuadro de encuestados*

Encuestados	Empresas	Cargo	Año de Experiencia
Edson Carlos Espinoza	F&A GEOINGENIERIA SAC	Asistente de geotecnia	7
Diego Zevallos	W.A. Arquitectura, Ingenieria, Diseño y Construcción E.I.R.L.	Ingeniero Asistente de supervisión	3
Jordan Kevin Marin Flores	Hurtado Hermoza Ingenieros Consultores S.A.	Ingeniero OT	5
Carlos Atuncar	Atex Peru	Gerente General	11
Fernando Collado	Degpro	Residente	12
Melissa Javier	CyV Ingenieros	Ingeniero de OT	2
Nancy Padilla	Degpro	Jefe de Frente	5
Ana Vasquez	Abril Inmobiliario	Grupo Ingeniero de OT	4.5

En la tabla 1, se muestra los resultados de una encuesta realizada a personal clave de diversas empresas del rubro de construcción, donde se identifica la cantidad de años de experiencia con la que cuentan ejerciendo cargos en obras de construcción.

Figura 1

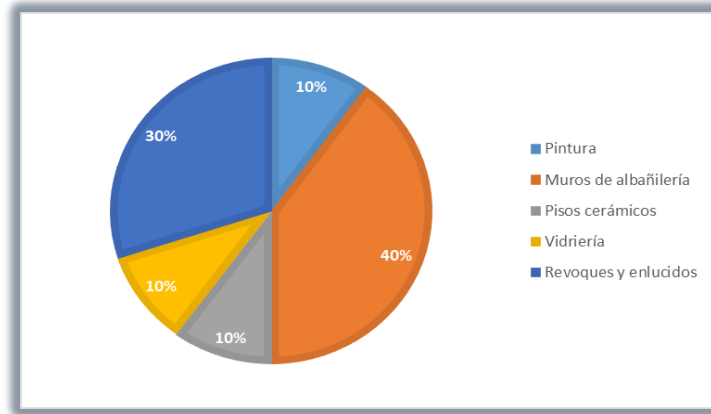
Resultado de encuesta ¿la empresa dónde trabajas cuenta con una guía de gestión de desperdicios?



Los resultados obtenidos después de encuestar a las mismas personas mostradas en la Tabla 1; fueron los que se muestran en la figura 1, observándose que el 50% de las empresas no cuentan con una guía de gestión de desperdicios.

Figura 2

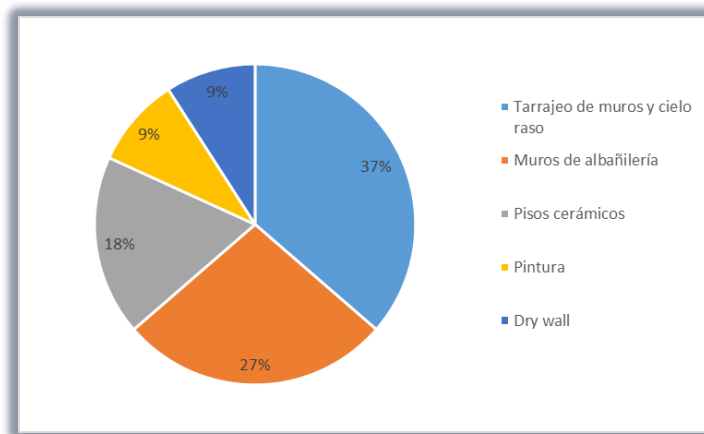
¿Qué partidas, de arquitectura, son las que tienen mayor incidencia en el presupuesto de la misma especialidad?



En la Figura 2 se observa que la partida de muros de albañilería tiene el mayor porcentaje de incidencia en el presupuesto, en comparación de las otras partidas de arquitectura.

Figura 3

¿Cuál de las siguientes partidas tendrá un mayor porcentaje de desperdicios?



Estado del Arte

Lean Construction es una metodología que optimiza procesos y recursos para generar y agregar valor, con el uso de la herramienta de gestión de calidad aplicado en la construcción de obras de edificaciones se trata de reducir los desperdicios generados en la ejecución de los proyectos (Botero, 2021). Por ello, la aplicación de la metodología es relevante, teniendo en consideración que en el sector de construcción los materiales representan del 25% al 30% del costo del proyecto. Según datos del INEI el índice de precios de materiales de construcción a nivel de Lima metropolitana presento un incremento de 0.14%, durante el

mes de agosto (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática [INEI], 2017).

Según la investigación revisada, se identifica que dentro de la ejecución de un proyecto lo más controlado es la mano de obra; sin embargo, menciona que no sucede lo mismo con el consumo de materiales, dado los diferentes procesos constructivos. Por tal motivo, aplica la metodología de Lean Construction, con lo cual buscó hacer un análisis y llevar una medición y control de acuerdo con el uso en las diferentes actividades, consiguiendo una reducción del porcentaje de desperdicio de materiales y generar una mayor rentabilidad (Mena et al., 2018). Si bien, la metodología de Lean Construction y la gestión de calidad, generan un mejor control y reducción de desperdicios; un inadecuado uso conllevaría a errores de cuantía generando gastos innecesarios. En otra investigación, se hace una recopilación y validación de información, resumiendo en un ranking las principales causas entre las que resalta la incompatibilidad de planos, diferente ejecución del proyecto y una falta de control durante la ejecución. Estos resultados, deben tener en consideración para evitar cometer los mismos errores (Santelices et al., 2019).

Sivashanmugam et al. (2023), realiza una revisión de 71 artículos en los cuales analiza modelos de gestión para el control detallado de los desperdicios generados en obra. En los resultados de los análisis desarrolla un marco conceptual para mostrar el flujo de trabajo en proyectos de construcción para cuantificar los desperdicios, indicando que la estructura de datos unificada, la información estándar, el enfoque del ciclo de vida y la interoperabilidad entre BIM y las bases de conocimiento de residuos es vital para automatizar y reforzar la eficiencia de la cuantificación.

Si bien lo que se busca es la reducción de los desperdicios generados, también es importante conocer sobre el manejo de los residuos que se generaran. En su investigación, Suarez, analiza el caso de una ciudad en Colombia en la cual logra identificar que la mayoría de las empresas constructoras desecha los residuos de los materiales utilizados, en zonas de disposición final sin darles un tratamiento para ser reutilizados. En sus resultados identifica que el desconocimiento acerca del reglamento de manejo de residuos y la gestión son los principales causantes de este mal manejo, dando como recomendación que durante la etapa de prevención se haga el planeamiento del manejo de desperdicios (Suarez et al., 2019).

Del mismo modo, Muñoz et al. (2021), en su estudio, hace una revisión de artículos científicos para conocer las políticas que toman algunas empresas para el manejo, reciclaje y reutilización de desperdicios de materiales como el concreto; destacando dos procedimientos como son el de Recuperación en Seco Avanzada que consiste en triturar los desechos generados del concreto para lograr la obtención de agregados reciclados y Sistema de clasificación de aire de calefacción (HAS) en la cual se trituran los residuos del concreto para volver a ser reutilizados. De ese modo, se genera una adecuada gestión que permite un equilibrio entre ganancia de empresa y medio ambiente.

Hipótesis

La guía de gestión de desperdicios permitirá reducir las pérdidas de materiales que intervienen en la ejecución de muros de albañilería, en obras de edificaciones de pequeñas y medianas empresas de Lima.

Objetivo General

Validar una guía de gestión de desperdicios para reducir los porcentajes de pérdidas de materiales en la partida de muros de albañilería en edificaciones de pequeñas y medianas empresas en la ciudad de Lima.

Objetivos Específicos

- Identificar las partidas más incidentes en costo, en la especialidad de arquitectura, en tres proyectos de edificación.
- Determinar el porcentaje de desperdicio real, en la ejecución de la partida en estudio, para los tres proyectos.
- Analizar el procedimiento constructivo de la partida de muros de albañilería en los tres proyectos analizados, y mediante encuesta a expertos identificar las deficiencias en el proceso y los controles de calidad más prioritarios como el porcentaje de desperdicio y motivos de las causas de desperdicios.
- Diseñar la guía de gestión de desperdicios.

Limitaciones del proyecto

- El tiempo con el que se cuenta para recopilar información y analizarla es limitado al plazo del curso.
- Escases de artículos de investigaciones realizadas con fechas actuales y menores a 3 años.

Descripción del Contenido

- Introducción

Se detalla el motivo del por qué se realizará el presente estudio de investigación, se da a conocer la problemática principal y algunas pautas de como iniciar el estudio, las limitaciones que se tendrá al ejecutar el trabajo. Como también el objetivo principal y los específicos, que serán determinantes para seguir el paso a paso de cada fase.

- Marco teórico

Se muestran algunos conceptos y herramientas a emplear para el desarrollo de la presente tesis. También se detalla brevemente los procesos constructivos de la partida Muros de albañilería, así como también los tipos de desperdicios que se originan según Lean Construction.

- Metodología

El nivel de investigación es del tipo teórica explicativa, en el cual se buscó recopilar información de proveedores de materiales, manuales de construcción, especificaciones técnicas y memorias descriptivas propias de cada proyecto para así de esta manera elaborar el presente trabajo.

- Desarrollo de la tesis

Se analizan tres proyectos de construcción donde se realiza el modelado 3D mediante el uso de Autocad, así poder calcular el volumen de los muros de albañilería y posteriormente obtener los metrados reales de muros, dividiendo el volumen obtenido, entre los espesores indicados en planos. Luego se compara con las cantidades de ladrillo adquiridas por las empresas para obtener el porcentaje de desperdicio real. Haciendo uso de encuestas es que se identifican las principales causas de generación de desperdicio y se elabora la guía de gestión.

1 CAPÍTULO 1 – MARCO TEÓRICO

1.1. Gestión de calidad en construcción

En el rubro de la construcción, los proyectos que se ejecutan tienen un periodo de duración y presupuesto establecidos mediante un contrato entre la empresa constructora y el cliente; en el cual, se define y remarca los alcances y características de dicho proyecto. Por ello, la gestión de calidad en los entregables es de prioridad. La gestión de la calidad en proyectos incorpora la planificación, gestión y control con lo que busca satisfacer los objetivos de los interesados, mediante políticas de mejora continua (Project Management Institute, 2017). Para lograr un adecuado resultado, según Gajardo “la calidad debe ser controlada y asegurada desde los inicios de un proyecto. No se debe llegar a la construcción de una obra con un mal diseño y esperar que se obtenga un resultado de calidad” (Gajardo & Serpell, 1990, p. 5).

1.2. Grupo de procesos del proyecto de construcción

Los proyectos de construcción vienen a ser como cualquier otro proyecto, por lo tanto, los grupos de procesos que lo componen, según el Project Management Institute (2017) vienen a ser:

- **Iniciación:** etapa en la cual se define los objetivos y alcances que tendrá es una etapa crucial y se debe tener claro los alcances
- **Planeación:** se establecen los hitos y pasos para lograr alcanzar los objetivos definidos en el inicio del Proyecto, se debe evaluar y gestionar los riesgos.
- **Ejecución:** es la puesta en marcha del Proyecto
- **Control:** utilizar herramientas para seguir el progreso de las tareas y realizar cambios en caso de requerirse.
- **Cierre:** entrega del producto terminado.

1.3. Desperdicios en las obras de construcción

En las obras de construcción arduamente se busca reducir las pérdidas y los gastos generados por ello, además de satisfacer los requerimientos del cliente sin perjudicar la economía de la empresa. Por lo cual, los principales objetivos de Lean Construction radican en aplicar principios de mejora continua para lograr una mayor eficiencia, reducir costos y eliminar desperdicios en la industria de la construcción, con el fin de aumentar la satisfacción del cliente y mantener la rentabilidad de las organizaciones involucradas en proyectos de

construcción (Vitorino, 2020).

Botero (2021) menciona las categorías de pérdidas y desperdicios según la filosofía de Lean construction:

- Sobreproducción: producir más de lo necesario.
- Tiempo de espera: tiempo que personal o maquinaria no realiza trabajos por la falta de coordinación o incumplimiento de tareas anteriores.
- Transporte: Movimiento de personal, materiales o maquinarias de manera innecesaria.
- Procesamiento innecesario: utilizar métodos, procesos y/o tecnología desfasada que puede ser reemplazada y mejorada al actualizarla.
- Movimientos innecesarios: hace referencia al movimiento de personal y/o maquinarias no requeridas o generados por trabajos ineficientes.
- Stock o inventarios: falta de coordinación al momento programar trabajos y solicitar materiales, o error en metrados.
- Retrabajos: trabajos ineficientes o que no están acorde a lo establecido en el expediente y se requieren volver a realizar.

1.4. Proceso de construcción: Muros de albañilería

Albañilería

Según el decreto Supremo 011-2006, artículo 3 define la albañilería como “material estructural compuesto por unidades de albañilería asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Proceso constructivo y verificación

La ejecución de un muro de albañilería en obras consiste en las siguientes etapas, las cuales deben ser verificadas una a una durante todo el proceso. Aceros Arequipa (s.f.) en su sección de construyendo seguro, identifica los puntos a tener en cuenta:

- a) Verificación y rectificación del trazo
- b) Emplantillado
- c) Colocación de ladrillos maestros
- d) Colocación del mortero horizontal
- e) Colocación del ladrillo
- f) Colocación del mortero vertical

- g) Colocación de mechas
- h) Control y verificación (párr. 1).

2. METODOLOGÍA

2.1 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es del tipo teórica explicativa, donde se empleó herramientas de gestión de calidad, metodología de diseño y construcción virtual (Autocad 3D), que permitió delimitar, modelar, analizar y mejorar los procesos empleados en la partida de muros de albañilería. Se tomó en cuenta los procesos empleados en especificaciones técnicas, descripción y detalles en memorias descriptivas, juicio experto, manuales propios de cada obra y ~~en~~ resumen de gastos de cada proyecto en estudio, proporcionado por colaboradores de las empresas en cada proyecto.

2.2 Diseño de Investigación

Esta investigación es documental-descriptiva, con lo cual, se buscó recolectar la información necesaria antes de la elaboración de la guía. Por tal motivo, se realizó el análisis de la obra preseleccionada para el estudio mediante entrevistas, encuestas e información brindada por colaboradores de las constructoras e inmobiliarias. Con ello se analizó los procesos y medición de los materiales que intervienen en la partida, además se utilizó información de gastos en mermas y/o desperdicios de cada empresa en los diversos proyectos.

2.3 Procedimiento

El procedimiento fue de análisis, entrevistas, encuestas e información documentaria propia de cada proyecto para determinar los factores y causas que originan los desperdicios de los materiales en cada edificación. Esta investigación se centró en estudiar la partida de muros de albañilería, dada la incidencia que representa en el costo de la edificación. Para la cual, se empleó herramientas de calidad como:

- Diagrama de Pareto
- Flujogramas de procesos
- Ishikawa

Se tomó en cuenta la información documentaria relacionada a resúmenes de gastos en la partida en estudio, para comparar el costo real final en materiales con el considerado en la propuesta económica inicial y así determinar el porcentaje de desperdicio actual en cada proyecto según

el avance en obra.

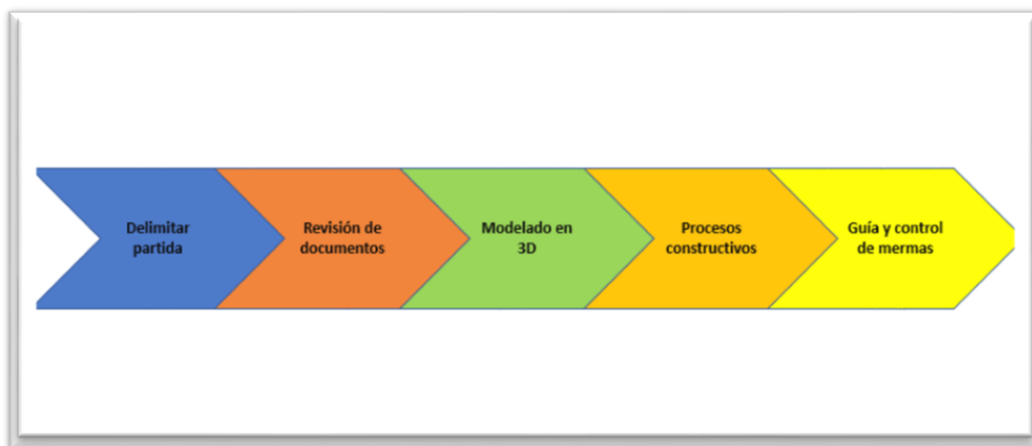
Posteriormente, se inició el cálculo de los metros cuadrados de muros de albañilería realizando un modelado en 3D en Autocad de cada proyecto, en los cuales se diferenciaron los muros de albañilería de los elementos estructurales. De este modo, los metrados fueron determinados de manera más precisa; por tal motivo, fue necesario modelar vigas peraltadas, columnas, placas, dinteles u otro elemento estructural.

Se analizaron los procesos constructivos propios de cada proyecto en la partida de muros de albañilería, y de este modo, se dio las propuestas de mejoras en: traslado, almacenaje y utilización.

En resumen, la metodología empleada a seguir en la presente investigación se dividió en cinco etapas tal como se aprecia en la Figura 4.

Figura 4

Resumen de etapas del procedimiento



3. CAPÍTULO 3: DESARROLLO DE LA TESIS: ANÁLISIS DE 03 PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

A continuación, se analizó tres proyectos de edificaciones, los cuales han sido ejecutados en el departamento de Lima y cuentan en su presupuesto con la partida de muro de albañilería dentro de la especialidad de arquitectura.

3.1. Proyecto multifamiliar Remigio García

La edificación está ubicada en la Calle Remigio García 645, Sta. Catalina-La Victoria. Es un proyecto multifamiliar de 6 pisos y azotea destinados a departamentos; además, cuenta con 02 sótanos para estacionamientos y depósitos con un total de área techada de 2553.42 m² y un presupuesto total de S/. 5'20,3530.69. La ejecución estuvo a cargo de Consorcio Inmobiliario GOL S.A.C. (CIGOL).

3.1.1 Partidas más incidentes en el presupuesto de arquitectura

A continuación, se analizó el porcentaje de incidencia de las partidas del presupuesto de la especialidad de arquitectura del proyecto (ver tabla 2):

Tabla 2

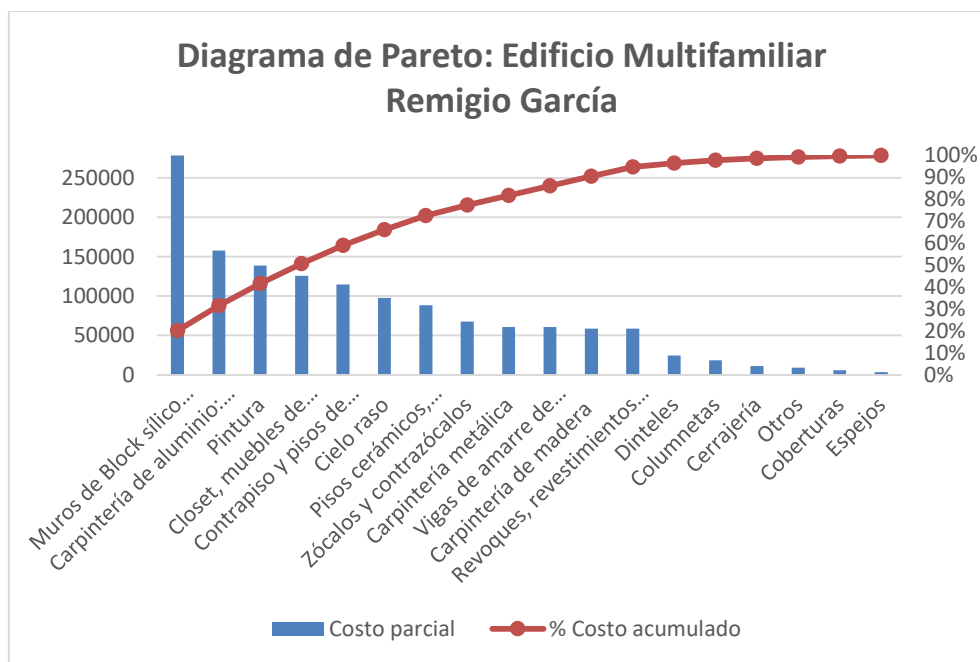
Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura

Partidas	Costo parcial	%Costo parcial	%Costo acumulado
Muros de Block sílico calcáreo	S/ 278,515	20%	20%
Carpintería de aluminio: perfilería, ventanas y mamparas	S/ 157,957	12%	32%
Pintura	S/ 138,647	10%	42%
Closet, muebles de cocinas y SS.HH.	S/ 125,865	9%	51%
Contrapiso y pisos de cemento	S/ 114,920	8%	59%
Cielo raso	S/ 97,661	7%	66%
Pisos de cerámicos, laminados y porcelanatos	S/ 88,387	7%	73%
Zócalos y contrapisos	S/ 67,558	5%	78%
Carpintería metálica	S/ 60,765	4%	82%
Vigas de amarre de tabiques	S/ 60,571	4%	86%
Carpintería de madera	S/ 58,880	4%	90%
Revoques, revestimiento y cielo raso	S/ 58,783	5%	95%
Dinteles	S/ 24,750	2%	97%
Columnetas	S/ 18,384	1%	98%
Cerrajería	S/ 11,177	1%	99%
Otros	S/ 8,956	1%	100%
Coberturas	S/ 6,093	0%	100%
Espejos	S/ 3,486	0%	100%
Presupuesto especialidad Arquitectura	S/ 1,381,353	100%	

Nota. Adaptado de L. Sánchez, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Figura 5

Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura.



Nota. Adaptado de L. Sánchez, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Como se puede apreciar en el diagrama de Pareto (Figura 5), solo con 4 del total de las partidas se llegó al 51% del costo de la especialidad.

- Muros de block sílico calcáreo.
- Carpintería de aluminio: perfilería, ventanas y mamparas.
- Pintura.
- Closet, muebles de cocina y muebles de SS.HH.

De este modo se identificó que la partida con mayor incidencia es la de muros de block sílico calcáreo, el cual representa el 20% del costo total de arquitectura.

3.1.2 Medición de muros de block sílico calcáreos -modelado en 3D

Se determinó el metrado de muros de block sílico-calcáreo a través de un modelado en 3D. Para ello se realizó un levantamiento de los elementos estructurales por cada piso o nivel, de esta manera, se diferenció los muros sílico calcáreos de las placas y columnas, tal como se aprecia en las figuras 6, 7 y 8. A la vez se consideró las alturas de muros hasta fondo de las vigas peraltadas y diferenciándolo de los dinteles y tipos de unidades de albañilería según sus espesores.

Para el presente proyecto se han considerado los siguientes espesores o Placas de block sílico-calcáreo:

- Placa P-7, parcialmente lleno.
- Placa P-10, parcialmente lleno.
- Placa P-10, totalmente lleno.
- Placa P-12, parcialmente lleno.
- Placa P-14, parcialmente lleno.

Figura 6

Modelado de vigas, columnas y placas de los pisos 2,3 y 4 y leyenda de los elementos estructurales:

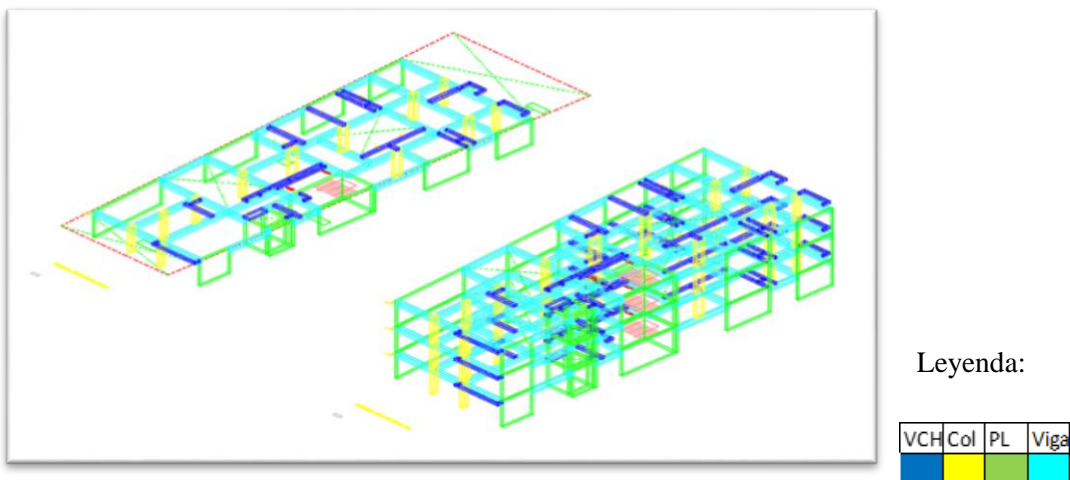
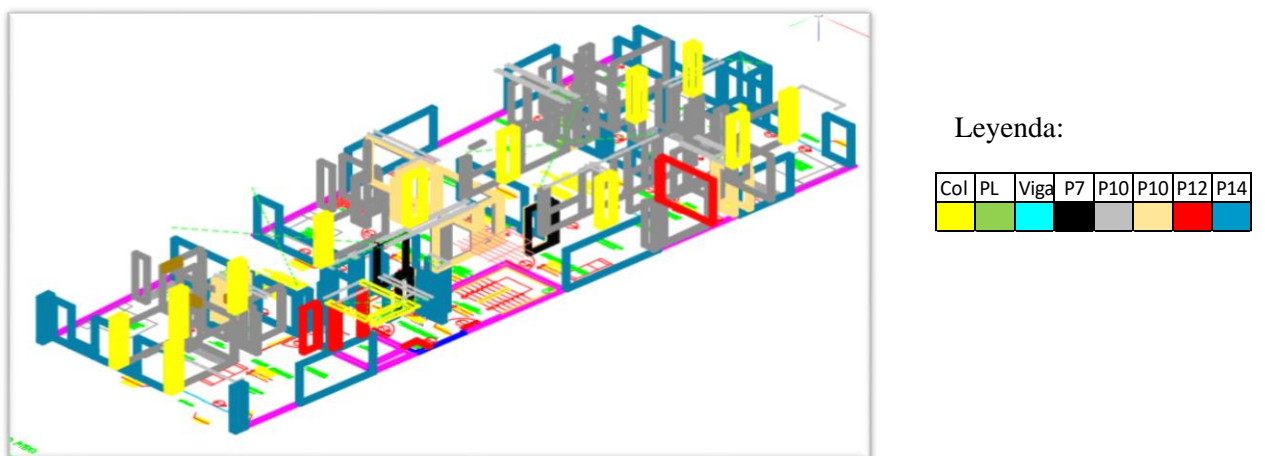


Figura 7

Modelado de placas sílico calcáreo P7 a P14, de los pisos 2,3 y 4 y leyenda de muros:



Luego de modelar los muros y elementos estructurales se realizó el metrado de las placas sílico calcáreo, seleccionándolos por volumen y por capa del CAD. De este modelado se obtuvo un

volumen total de 326.55 m3 (ver tabla N°4) y mediante la siguiente fórmula se calculó el área en metros cuadrados.

$$\text{Área} = \frac{\text{Volumen}}{\text{espesor de la placa}}$$

En la tabla 3 se muestran los resultados del metrado de block sílico calcáreo por cada nivel de la edificación.

Tabla 3

Metrados de los blocks sílico-calcáreos, por niveles y espesores.

METRADO DE BLOCK SÍLICO-CALCÁREO													
ITEM	DESCRIPCION	und	Cisterna	Sotano 2	Sótano 1	Piso 1	Piso 2	Piso 3 y 4	Piso 5	Piso 6	Azotea	Techos	Metrado
1.01	VOLUMEN												356.62
01.01.01	Placa P-7 parcialmente llena	m3	0.11	0.11	0.11	2.75	0.61	0.58	0.58	1.83	1.15		8.41
01.01.02	Placa P-10 parcialmente llena	m3	0.00	6.97	6.46	17.75	13.65	13.57	13.57	16.41	12.84		114.80
01.01.03	Placa P-10 totalmente llena	m3	0.15	0.15	2.27	2.62	5.37	5.37	5.37	4.78	0.94		32.38
01.01.04	Placa P-12 parcialmente llena	m3	0.37	2.12	2.02	3.24	1.65	1.65	1.65	2.29	0.50	2.32	19.45
01.01.05	Placa P-14 parcialmente llena	m3	2.01	4.10	4.31	40.10	21.50	20.50	22.36	21.70	24.50		181.58
2.01	METROS CUADRADOS												3,051.03
02.01.01	Placa P-7 parcialmente llena	m2	1.57	1.57	1.57	39.29	8.71	8.29	8.29	26.14	16.43		120.14
02.01.02	Placa P-10 parcialmente llena	m2	0.00	69.70	64.60	177.50	136.50	135.73	135.73	164.10	128.40		1147.99
02.01.03	Placa P-10 totalmente llena	m2	1.50	1.50	22.70	26.20	53.68	53.68	53.68	47.80	9.40		323.82
02.01.04	Placa P-12 parcialmente llena	m2	3.08	17.67	16.83	27.00	13.73	13.73	13.73	19.08	4.17	19.33	162.07
02.01.05	Placa P-14 parcialmente llena	m2	14.36	29.29	30.79	286.43	153.57	146.43	159.73	155.00	175.00		1297.01

3.1.3 Análisis de precios unitarios de la partida Block sílico-calcáreo

Al conocer el metrado del área de muros, se realizó el análisis con el presupuesto base, el cual fue proporcionado por colaboradores de la Empresa CIGOL INMOBILIARIA.

Con los costos de materiales, proporcionados por la empresa, se determinó el análisis de precio unitario real de la partida muros de block sílico calcáreos (ver tabla 4).

Tabla 4

Resumen de gastos de materiales del proyecto: “Edificio Multifamiliar Remigio García”.

RESUMEN DE COMPRA LADRILLO BLANCO Y EMBOLSADOS												
#	ERP	ITEM	UND	P.U	P.U + IGV	TOTAL ENTRADA	TOTAL SALDO	SALIDAS	DESPACHO	ENT	SAL	SALDO
6.0	LADR	PLACA P-10 PERFORADA S/C 10X50X25 CM	UND	S/ 4.48	S/ 5.29	S/ 60,827.53	S/ 2,538.89	S/ 58,288.64	PRO	11500.0	11020.0	480.00
7.0	LADR	PLACA P-12 PERFORADA S/C 12X50X25 CM	UND	S/ 5.04	S/ 5.94	S/ 8,820.57	S/ 71.33	S/ 8,749.24	PRO	1484.0	1472.0	12.00
8.0	LADR	PLACA P-14 PERFORADA S/C 14X50X25 CM	UND	S/ 5.59	S/ 6.60	S/ 64,350.92	S/ 10,065.14	S/ 54,285.77	PRO	9750.0	8225.0	1525.00
9.0	LADR	PLACA P-7 PERFORADA S/C 7X50X25 CM	UND	S/ 4.07	S/ 4.80	S/ 5,378.91	S/ 1,901.83	S/ 3,477.08	PRO	1120.0	724.0	396.00
						S/ 139,377.92	S/ 14,577.19	S/ 124,800.73				

Nota. Adaptado de L. Sánchez, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

En las tablas 6 a la 10 se detallan los análisis de precios unitarios, donde se consideró la cantidad de insumos para la construcción de 1m2 de muro. Se tuvo en cuenta las especificaciones técnicas del mortero y concreto embolsados para el asentado y llenado de alveolos con refuerzo, según

espesor de muro o placas: P-7, P-10, P-12 y P-14. Tener en cuenta la relación cemento: arena (c:a 1:4) en mortero y el rendimiento del concreto embolsado, el cual es 53bls/m³, datos obtenidos de las especificaciones técnicas y manual de instalación de “La Casa”, empresa proveedora de dichas placas y embolsados. Según el manual de instalación se consideró acero corrugado de 6mm a cada 51cm por metro cuadrado de muro con placas P.7 y P-10, para muros con placas P-12 y P-14 se consideró acero corrugado de 8mm de diámetro en alvéolos a cada 51cm.

En la tabla 5 se muestran las medidas de cada placa o tabique sillico calcáreo como las dimensiones de alveolos para llenado de concreto embolsado y las cantidades de piezas por metro cuadrado de muro.

Tabla 5

Dimensiones de placas, peso, piezas por m² y cantidad de alveolos por unidad de albañilería, tabla obtenida del manual de instalación de la empresa “la Casa”.

Producto	Dimensiones en cm	Kg	Piezas por m ²	Perforaciones	
				N°	Dimensiones
Placa P-7	7x50x25	14.5	7.4	4	3.5x5cm
Placa P-10	10x50x25	18.5	7.4	4	5x7cm
Placa P-12	12x50x25	22.5	7.4	4	5x7cm
Placa P-14	14x50x25	24.5	7.4	4	7.5cm

Nota. Adaptado de, “Manual de instalación para muros no portantes con placas P-7, P-10, P-12 y P-14”, por Minera Luren, s.f. (https://www.academia.edu/37813943/Manual_P7_P10_P14_Version_12_La_Casa).

Según los datos proporcionados en fichas técnicas y manual de instalación de block sílico calcáreos, se procedió a desarrollar los análisis de precios unitarios. No se consideró el desperdicio inicial de material; la merma de los materiales se obtendrá comparando el ingreso de placas a obra (según resumen de gastos facilitado por los colaboradores del proyecto multifamiliar Remigio García) con las cantidades obtenidas de multiplicar los metrados del modelado virtual con las cantidades de los APU. Los resultados de los análisis de precios unitarios y cantidades requeridas se muestran en las tablas 6 a la 10.

Tabla 6

Se indica las unidades de placa P-7 por m2 de muro y el total de unidades según el metrado del modelado es de 889.06und de placas (Ver tabla 4).

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	For	Metrado	Cantidad Total	Costo Total
01.01	PLACA P-7	7x50x25cm					M2	73.28				
				Rend.	12.000	M2/DIA						
		Mano de Obra										
	470101	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	32.39	2.16			120.14	8.01	259.51
	470102	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	24.92	16.61			120.14	80.10	1995.57
	470103	OFICIAL	HH	0.500	0.3333	19.68	6.56			120.14	40.04	788.14
	470104	PEON	HH	0.500	0.3333	17.78	5.93			120.14	40.04	712.45
								31.26				
		Materiales										
	240030	PLACA P-7 DIMENSIONES: 7x50x25cm	UND		7.4000	4.07	30.12			120.14	889.06	3618.70
	301527	ACERO CORRUGADO fy=4200kg/cm2	Kg		1.3986	3.55	4.97			120.14	168.03	597.11
	301529	MORTERO GRUESO P (BOLSA 40kg)	BOL		0.3648	8.31	3.03			120.14	43.83	364.03
	304647	CONCRETO EMBOLSADO (BOLSA 40kg)	BOL		0.1998	8.31	1.66			120.14	24.00	199.44
	307765	ADHESIVO EPÓXICO (1KG)	UND		0.0045	76.27	0.34			120.14	0.53	40.85
	390500	AGUA	M3		0.0017	9.66	0.02			120.14	0.20	2.40
								40.14				
		Equipos										
	370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	31.26	1.56			120.14	1.00	187.42
	370102	CORTADORA ELECTRICA	HM	1.000	0.6667	48.50	0.32			120.14	1.00	38.45
								1.88				

Nota. Adaptado de L. Sánchez, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Tabla 7

Se indica las unidades de placa P-10 por m2 de muro y el total de unidades según el metrado del modelado es de 8495.13und (Ver tabla 4).

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	For	Metrado	Cantidad Total	Costo Total
01.02	PLACA P-10	10x50x25cm					M2	76.67				
				Rend.	12.000	M2/DIA						
		Mano de Obra										
	470101	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	32.39	2.16			1147.99	76.57	2479.66
	470102	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	24.92	16.61			1147.99	765.36	19068.11
	470103	OFICIAL	HH	0.500	0.3333	19.68	6.56			1147.99	382.63	7530.81
	470104	PEON	HH	0.500	0.3333	17.78	5.93			1147.99	382.63	6807.58
								31.26				
		Materiales										
	240030	PLACA P-10 DIMENSIONES: 10x50x25cm	UND		7.4000	4.07	30.12			1147.99	8495.13	34577.46
	301527	ACERO CORRUGADO fy=4200kg/cm2	Kg		1.3986	3.55	4.97			1147.99	1605.58	5705.51
	301529	MORTERO GRUESO (BOLSA 40kg)	BOL		0.5211	8.31	4.33			1147.99	598.24	4970.80
	304647	CONCRETO EMBOLSADO (BOLSA 40kg)	BOL		0.4496	8.31	3.74			1147.99	516.09	4293.48
	307765	ADHESIVO EPÓXICO (1KG)	UND		0.0045	76.27	0.34			1147.99	5.11	390.32
	390500	AGUA	M3		0.0036	9.66	0.03			1147.99	4.08	34.44
								43.53				
		Equipos										
	370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	31.26	1.56			1147.99	1.00	1790.86
	370102	CORTADORA ELECTRICA	HM	1.000	0.6667	48.50	0.32			1147.99	1.00	367.36
								1.88				

Nota. Adaptado de L. Sánchez, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Tabla 8

Se indica las unidades de placa P-10, totalmente lleno, por m2 de muro y el total de unidades según el metrado del modelado es de 2396.27und (Ver tabla 4).

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	For	Metrado	Cantidad Total	Costo Total
01.03	PLACA P-10 10x50x25cm (totalmente lleno)						M2	90.87				
				Rend.	11.000	M2/DIA						
	Mano de Obra											
	470101	CAPATAZ	HH	0.100	0.0727	32.39	2.35			323.82	23.54	760.98
	470102	OPERARIO	HH	1.000	0.7273	24.92	18.12			323.82	235.51	5867.62
	470103	OFICIAL	HH	0.500	0.3636	19.68	7.16			323.82	117.74	2318.55
	470104	PEON	HH	0.500	0.3636	17.78	6.46			323.82	117.74	2091.88
								34.09				
	Materiales											
	240030	PLACA P-10 DIMENSIONES: 10x50x25cm	UND		7.4000	4.07	30.12			323.82	2396.27	9753.46
	301527	ACERO CORRUGADO fy=4200kg/cm2	Kg		1.3986	3.55	4.97			323.82	452.89	1609.39
	301529	MORTERO GRUESO (BOLSA 40kg)	BOL		0.5211	8.31	4.33			323.82	168.75	1402.14
	304647	CONCRETO EMBOLSADO (BOLSA 40kg)	BOL		1.7982	8.31	14.94			323.82	582.29	4837.87
	307765	ADHESIVO EPÓXICO (1KG)	UND		0.0045	76.27	0.34			323.82	1.44	110.10
	390500	AGUA	M3		0.0036	9.66	0.03			323.82	1.15	9.71
								54.73				
	Equipos											
	370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	34.09	1.70			323.82	1.00	550.49
	370102	CORTADORA ELECTRICA	HM	1.000	0.7273	48.50	0.35			323.82	1.00	113.34
								2.05				

Nota. Adaptado de L. Sánchez, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Tabla 9

Se indica las unidades de placa P-12 por m2 de muro y el total de unidades según el metrado del modelado es de 1199.29und (Ver tabla 4).

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	For	Metrado	Cantidad Total	Costo Total
01.04	PLACA P-12 12x50x25cm						M2	89.43				
				Rend.	10.000	M2/DIA						
	Mano de Obra											
	470101	CAPATAZ	HH	0.100	0.0800	32.39	2.59			162.07	12.97	419.75
	470102	OPERARIO	HH	1.000	0.8000	24.92	19.94			162.07	129.65	3231.61
	470103	OFICIAL	HH	0.500	0.4000	19.68	7.87			162.07	64.83	1275.46
	470104	PEON	HH	0.500	0.4000	17.78	7.11			162.07	64.83	1152.29
								37.51				
	Materiales											
	240030	PLACA P-12 DIMENSIONES: 12x50x25cm	UND		7.4000	4.07	30.12			162.07	1199.29	4881.45
	301527	ACERO CORRUGADO fy=4200kg/cm2	Kg		2.4885	3.55	8.84			162.07	403.30	1432.67
	301529	MORTERO GRUESO (BOLSA 40kg)	BOL		0.6254	8.31	5.20			162.07	101.35	842.75
	304647	CONCRETO EMBOLSADO (BOLSA 40kg)	BOL		0.6119	8.31	5.08			162.07	99.17	823.30
	307765	ADHESIVO EPÓXICO (1KG)	UND		0.0049	76.27	0.37			162.07	0.79	59.96
	390500	AGUA	M3		0.0045	9.66	0.04			162.07	0.73	6.48
								49.65				
	Equipos											
	370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	37.51	1.88			162.07	1.00	304.69
	370102	CORTADORA ELECTRICA	HM	1.000	0.8000	48.50	0.39			162.07	1.00	63.21
								2.27				

Nota. Adaptado de L. Sánchez, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Tabla 10

Se indica las unidades de placa P-14 por m² de muro y el total de unidades según el metrado del modelado igual a: 9597.91und (Ver tabla 4).

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	For	Metrado	Cantidad Total	Costo Total
01.05	PLACA P-14	14x50x25cm					M2	91.86				
		Mano de Obra			Rend. 10.000	M2/DIA						
	470101	CAPATAZ	HH	0.100	0.0800	32.39	2.59			1297.01	103.76	3359.27
	470102	OPERARIO	HH	1.000	0.8000	24.92	19.94			1297.01	1037.61	25862.46
	470103	OFICIAL	HH	0.500	0.4000	19.68	7.87			1297.01	518.81	10207.50
	470104	PEON	HH	0.500	0.4000	17.78	7.11			1297.01	518.81	9221.77
								37.51				
		Materiales										
	240030	PLACA P-14 DIMENSIONES: 14x50x25cm	UND		7.4000	4.07	30.12			1297.01	9597.91	39066.07
	301527	ACERO CORRUGADO fy=4200kg/cm2	Kg		2.4885	3.55	8.84			1297.01	3227.62	11465.61
	301529	MORTERO GRUESO (BOLSA 40kg)	BOL		0.7296	8.31	6.06			1297.01	946.30	7859.91
	304647	CONCRETO EMBOLSADO (BOLSA 40kg)	BOL		0.7992	8.31	6.64			1297.01	1036.57	8612.17
	307765	ADHESIVO EPÓXICO (1KG)	UND		0.0049	76.27	0.37			1297.01	6.29	479.90
	390500	AGUA	M3		0.0056	9.66	0.05			1297.01	7.20	64.85
								52.08				
		Equipos										
	370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	37.51	1.88			1297.01	1.00	2438.39
	370102	CORTADORA ELECTRICA	HM	1.000	0.8000	48.50	0.39			1297.01	1.00	505.84
								2.27				

Nota. Adaptado de L. Sánchez, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

3.1.4 Cálculo de porcentaje real de desperdicio

Al conocer el metrado del área de los muros de block sílico calcáreos, se realizó el análisis con el presupuesto el cual fue proporcionado por colaboradores de la Empresa CIGOL, se analizó el desperdicio real de la partida en estudio, comparando los costos en materiales con el resumen de gastos final del proyecto. Con el fin de obtener cantidades reales de materiales y los porcentajes de desperdicios de la partida.

En la tabla 11 se muestran las medidas de cada placa o tabique sillico calcáreo como las dimensiones de alveolos para el llenado con concreto embolsado y las piezas de albañilería por metro cuadrado de muro, en todos los muros se tienen la misma cantidad de piezas (7.4unds) por metro cuadrado.

Tabla 11

Dimensiones de placas, peso, piezas por m², cantidad de alveolos por unidad, tabla obtenida del manual de instalación de la empresa “la Casa”

Producto	Dimensiones en cm	Kg	Piezas por m ²	Perforaciones	
				N°	Dimensiones
Placa P-7	7x50x25	14.5	7.4	4	3.5x5cm
Placa P-10	10x50x25	18.5	7.4	4	5x7cm
Placa P-12	12x50x25	22.5	7.4	4	5x7cm
Placa P-14	14x50x25	24.5	7.4	4	7.5cm

Nota. Adaptado de, “Manual de instalación para muros no portantes con placas P-7, P-10, P-12 y P-14”, por Minera Luren, s.f. (https://www.academia.edu/37813943/Manual_P7_P10_P14_Version_12_La_Casa).

Con la información recolectada del proyecto, se realizó la comparación entre materiales reales requeridos, según el modelado 3D, y la cantidad de material que se compró para la obra. No se consideró el desperdicio inicial de material; la merma de los materiales lo obtendremos comparando el ingreso de unidades sílico calcáreo a obra (según resumen de gastos facilitado por los colaboradores del proyecto multifamiliar Remigio García) con las cantidades obtenidas de multiplicar los metrados del modelado virtual con las cantidades de los APUS realizados. En la tabla 12 se muestra el porcentaje de desperdicio real, para el proyecto Multifamiliar Remigio García. Se está considerando como desperdicio el saldo de placas en almacén debido a errores en los metrados iniciales y en el pedido de material, se muestran los resultados finales.

Tabla 12

Porcentaje de desperdicio real del proyecto Remigio García.

DETALLE	UND	INGRESO A OBRA	DPTO 101 (PILOTO)	METRADO DEL MODELADO	% DESPERDICIO
Placa P-7	und	1,120.00	52.86	889.06	17
Placa P-10	und	11,500.00	127.28	10,891.39	4
Placa P-12	und	1,484.00	64.13	1,199.29	16
Placa P-14	und	9,750.00	0.00	9,597.91	2

Nota. Adaptado de L. Sánchez, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

3.2. Proyecto “Recuperación del local escolar de la I.E. N° 388, Santa Rosa De Lima, con código local N°349972, distrito de Supe, provincia de Barranca, región Lima”

La obra se ubica en el distrito de Supe, Provincia de Barranca- departamento de Lima. Cuenta con un área construida de 481.02 m², con un presupuesto total de S/. 1,996,225.23 CON IGV. La ejecución estuvo a cargo de la contratista CONSORCIO SANTA ROSA.

3.2.1 Partidas más incidentes en el presupuesto de arquitectura

A continuación, se analizó el porcentaje de incidencia de las partidas del presupuesto de la especialidad de arquitectura del proyecto (ver tabla 13):

Tabla 13

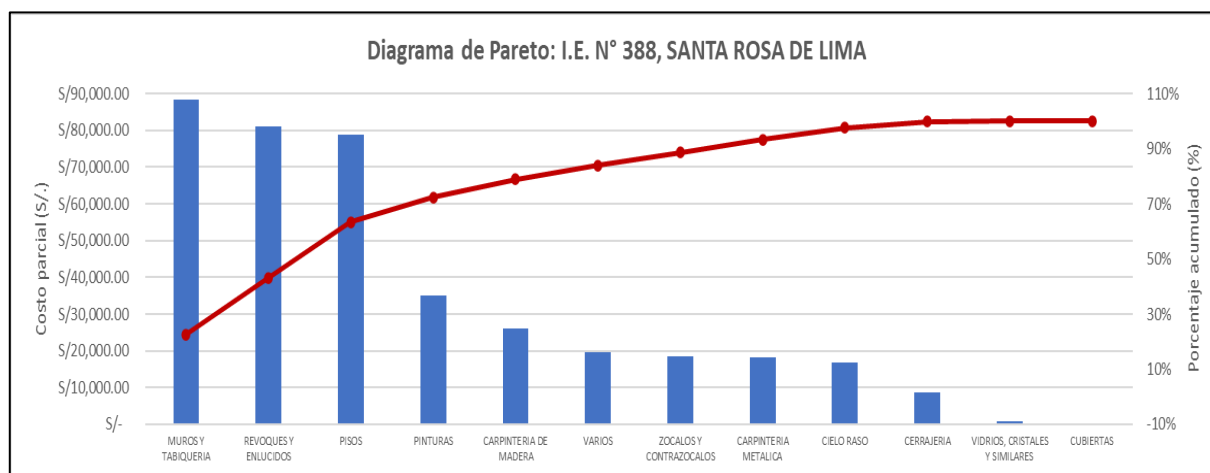
Costos parciales y porcentaje acumulado de las partidas del presupuesto de arquitectura.

Partidas	Costo parcial	%Costo parcial	%Costo acumulado
Muros y tabiquería	S/ 88,311.72	23%	23%
Revoques y enlucidos	S/ 80,937.89	21%	43%
Pisos	S/ 78,721.80	20%	63%
Pinturas	S/ 35,146.96	9%	72%
Carpintería de madera	S/ 26,102.57	7%	79%
Varios	S/ 19,651.53	5%	84%
Zócalos y contrazocalos	S/ 18,359.67	5%	89%
Carpintería metálica	S/ 18,114.38	5%	93%
Cielo raso	S/ 16,907.07	4%	98%
Cerrajería	S/ 8,601.03	2%	100%
Vidrios, cristales y similares	S/ 688.00	0%	100%
Cubiertas		0%	100%
Subtotal arquitectura	S/391,542.62		

Nota. Adaptado de “Recuperación del local escolar 388, Santa Rosa de Lima con código local 349972, distrito de Supe, provincia de Barranca, región Lima.”, por Municipalidad Distrital de Supe, 2021 (<https://prod2.seace.gob.pe/seacebus-uiwd-pub/buscadorPublico/buscadorPublico.xhtml>).

Figura 7

Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura



Nota. Adaptado de “Recuperación del local escolar 388, Santa Rosa de Lima con código local 349972, distrito de Supe, provincia de Barranca, región Lima.”, por Municipalidad Distrital de Supe, 2021 (<https://prod2.seace.gob.pe/seacebus-uiwd-pub/buscadorPublico/buscadorPublico.xhtml>).

Como se puede apreciar en el diagrama de Pareto (Figura 8), solo con 3 del total de las partidas se llegó al 64%, siendo la de mayor incidencia la partida de muros de ladrillo de arcilla, la cual, representa el 23% del total del presupuesto de arquitectura.

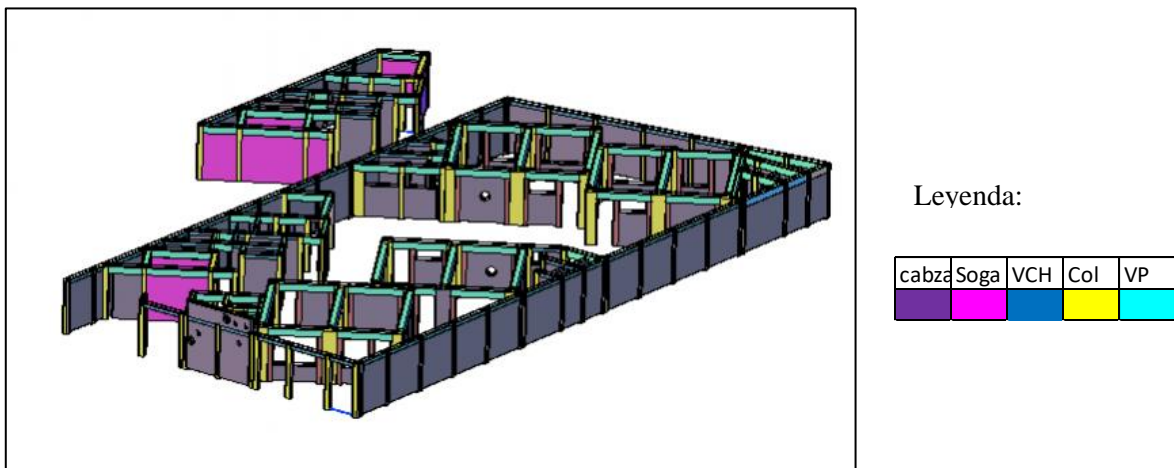
3.2.2 Medición de muros de ladrillo de arcilla – modelado 3D

Mediante el uso del software de AutoCad, se realizó el modelado en 3D del proyecto, diferenciando las columnas, vigas, columnetas, vigas chatas y sobrecimiento (figura 8).

Figura 8

Modelado de vigas, columnas, columnetas y muros del primer y segundo nivel del proyecto.

Leyenda del modelado:



Nota. Adaptado de “Recuperación del local escolar 388, Santa Rosa de Lima con código local 349972, distrito de Supe, provincia de Barranca, región Lima.”, por Municipalidad Distrital de Supe, 2021 (<https://prod2.seace.gob.pe/seacebus-uiwd-pub/buscadorPublico/buscadorPublico.xhtml>).

En la leyenda para este proyecto se tiene cabeza= amarre de cabeza, sogas= amarre de sogas, Col=columnas, VCH= vigas chatas y VP=vigas peraltadas.

Con ello, se hizo un modelado más exacto de los muros de ladrillo de arcilla, los cuales para facilitar los cálculos se diferenciaron por su tipo de asentado:

- Muro con asentado de sogas
- Muro con asentado de cabeza

Luego de modelar los muros de arcilla y elementos estructurales se realizó el metrado de los muros, seleccionándolos por volumen y por capa del CAD. De este modelado se obtuvo un volumen

total de 127.97m³ (ver tabla N°14).

Para el cálculo del área del muro se utilizó la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Área} = \frac{\text{Volumen}}{\text{espesor del muro de arcilla}}$$

Los resultados dieron un área de 75.40 m² de muro de asentado de cabeza y 679.06 m² de muro asentado de sogá.

Tabla 14

Resultados del metrado de muros de arcilla por volumen y área.

METRADO DE UNIDADES DE ARCILLA				
ITEM	DESCRIPCION	und	Piso 1	Metrado
1.01	VOLUMEN			120.71
01.01.01	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) cabeza	m3	18.85	18.85
01.01.02	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) sogá	m3	101.86	101.86
2.01	METROS CUADRADOS			754.46
02.01.01	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) cabeza	m2	75.40	75.40
02.01.02	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) sogá	m2	679.06	679.06

Nota. Adaptado de “Recuperación del local escolar 388, Santa Rosa de Lima con código local 349972, distrito de Supe, provincia de Barranca, región Lima.”, por Municipalidad Distrital de Supe, 2021 (<https://prod2.seace.gob.pe/seacebus-uiwd-pub/buscadorPublico/buscadorPublico.xhtml>).

3.2.3 Análisis de precios unitarios de la partida de muros de ladrillos de arcilla

Al conocer el metrado del área de muros, se realizó el análisis con el presupuesto base, el cual fue proporcionado por colaboradores del Consorcio Santa Rosa.

Con los costos de materiales, proporcionados por la empresa, se determinó el análisis de precio unitario real de la partida muros de ladrillos de arcilla (ver tabla 15 y 16). Además, con los metrados del modelamiento se puede calcular la cantidad requerida para todo el proyecto.

Tabla 15

Análisis de precios unitarios y cantidad total de ladrillos de arcilla en asentado de cabeza

Rendimiento		M2/DIA	6.5000	EQ. 6.0000	to unitario directo por m2	112.31					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	subtotal	Metrado	Cantidad total	Costo total S/	
Mano de Obra											
0101010003	CAPATAZ	hh	0.1715	0.2111	28.19	5.95		75.40	15.92	94.70	
0101010004	OPERARIO	hh	1.0000	1.2308	23.49	28.91		75.40	92.80	2,682.85	
0101010005	PEON	hh	1.0000	1.2308	16.79	20.66		75.40	92.80	1,917.25	
							55.52				
Materiales											
0210040094	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	Und		0.0220	5.85	0.13		75.40	1.66	0.22	
0210040095	ARENA GRUESA	m3		0.0650	48.31	3.14		75.40	4.90	15.39	
0210040096	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0100	6.00	0.06		75.40	0.75	0.05	
0210040097	CEMENTO PORTLAND TIPO I	m3		0.4000	18.92	7.57		75.40	30.16	228.31	
0210040098	LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	Und		68.0300	0.65	44.22		75.40	5,129.46	226,824.81	
							55.12				
Materiales											
0210040099	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0300	55.52	1.67		75.40	2.26	3.77	
							1.67				

Nota. Adaptado de “Recuperación del local escolar 388, Santa Rosa de Lima con código local 349972, distrito de Supe, provincia de Barranca, región Lima.”, por Municipalidad Distrital de Supe, 2021 (<https://prod2.seace.gob.pe/seacebus-uiwd-pub/buscadorPublico/buscadorPublico.xhtml>).

Tabla 16

Análisis de precios unitarios y cantidad total de ladrillos de arcilla en asentado de sogá

Rendimiento		M2/DIA	9.0000	EQ. 9.0000	unitario directo por : und	68.57					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	subtotal	Metrado	Cantidad total	Costo total	
Mano de Obra											
0101010003	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0889	28.19	2.51		679.06	60.36	151.51	
0101010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	23.49	20.88		679.06	603.61	12,603.35	
0101010005	PEON	hh	0.8880	0.7893	16.79	13.25		679.06	536.00	7,102.06	
							36.64				
Materiales											
0210040094	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	Und		0.0220	5.85	0.13		679.06	14.94	1.94	
0210040095	ARENA GRUESA	Und		0.0330	48.31	1.59		679.06	22.41	35.63	
0210040096	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0100	6.00	0.06		679.06	6.79	0.41	
0210040097	CEMENTO PORTLAND TIPO I	m3		0.2000	18.92	3.78		679.06	135.81	513.37	
0210040098	LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	Und		38.8727	0.65	25.27		679.06	26,396.90	667,049.55	
							30.83				
Materiales											
0210040099	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.0300	36.64	1.10		679.06	20.37	22.39	
							1.10				

Nota. Adaptado de “Recuperación del local escolar 388, Santa Rosa de Lima con código local 349972, distrito de Supe, provincia de Barranca, región Lima.”, por Municipalidad Distrital de Supe, 2021 (<https://prod2.seace.gob.pe/seacebus-uiwd-pub/buscadorPublico/buscadorPublico.xhtml>).

3.2.4 Cálculo de porcentaje real de desperdicio

Con el cálculo real de metrados, y mediante el análisis de precios unitarios, se determinó la cantidad de materiales necesarios para la ejecución de muros. El cálculo de la cantidad se hizo sin considerar desperdicios, para tener un resultado de desperdicio total. Ver tabla 17.

Tabla 17

Porcentaje de desperdicio real total del proyecto

DETALLE	UNID	INGRESO A OBRA	METRADO DEL MODELADO	%DESPERDICIO
Ladrillo KK18 huecos	unid	35000	31526	10%

Nota. Adaptado de D. Bazán, comunicación personal, 22 de octubre de 2023.

3.3. Proyecto multifamiliar Bollar

La edificación está ubicada en la Plaza Constancio Bollar N°270, Sta. Distrito de San Isidro, provincia y departamento de Lima. El edificio consta de 7 niveles más azotea y 3 niveles de estacionamiento que en total cuentan con 52 espacios para estacionamientos. El área techada del proyecto es de 4592.10m² con un costo total de 10'045 641. 50 construye ARCADIA S.A.C.

3.3.1 Partidas más incidentes en el presupuesto de arquitectura

A continuación, se analizó el porcentaje de incidencia de las partidas en el presupuesto de la especialidad de arquitectura del proyecto (ver tabla 18):

Tabla 18

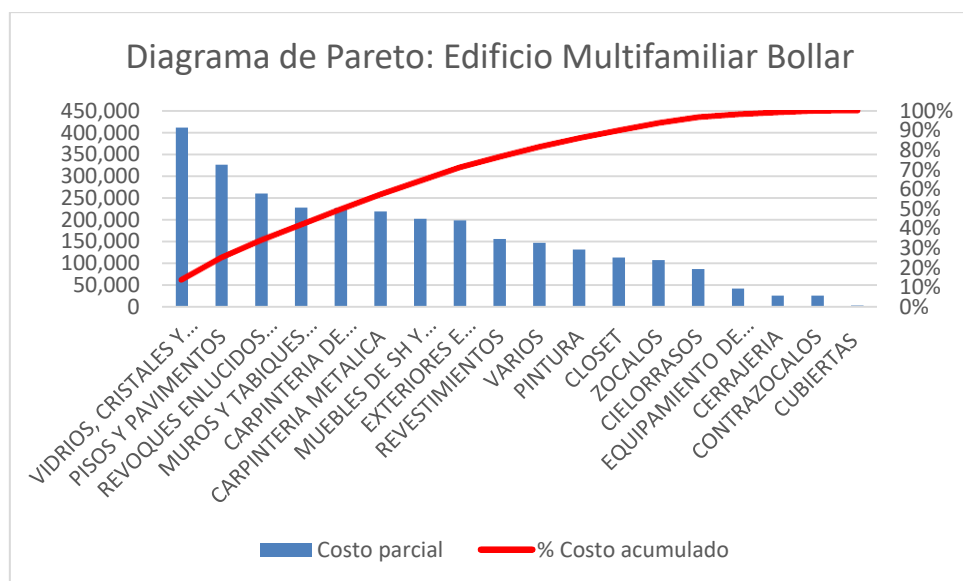
Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura-edificio Bollar

Partidas	Costo parcial	%Costo parcial	% Costo acumulado
VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES	412,251	14.13%	14%
PISOS Y PAVIMENTOS	326,451	11.19%	25%
REVOQUES ENLUCIDOS Y MOLDURAS	260,314	8.92%	34%
MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA	228,233	7.82%	42%
CARPINTERIA DE MADERA	227,195	7.79%	50%
CARPINTERIA METALICA	219,677	7.53%	57%
MUEBLES DE SH Y COCINAS	202,746	6.95%	64%
EXTERIORES E IMPLMETACIÓN	198,560	6.81%	71%
REVESTIMIENTOS	156,434	5.36%	77%
VARIOS	147,105	5.04%	82%
PINTURA	132,169	4.53%	86%
CLOSET	113,390	3.89%	90%
ZOCALOS	107,839	3.70%	94%
CIELORRASOS	86,998	2.98%	97%
EQUIPAMIENTO DE COCINA	42,483	1.46%	98%
CERRAJERIA	25,935	0.89%	99%
CONTRAZOCALOS	25,924	0.89%	100%
CUBIERTAS	3,173	0.11%	100%
Total costo directo arquitectura	S/2,916,877	1.00	

Nota. Adaptado de M. Loayza, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Figura 9

Costo parcial y porcentaje acumulado del presupuesto de arquitectura.



Nota. Adaptado de M. Loayza, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Como se puede apreciar en el diagrama de Pareto (Figura 10), la partida muros y tabiques representa el 7.82% del total del presupuesto de arquitectura. Las cuatro primeras partidas hacen un total del 42% del costo total de la especialidad.

- Vidrios cristales y similares.
- Pisos y pavimentos.
- Revoques, enlucidos y molduras.
- Muros y tabiques de albañilería.

De este modo se identificó la incidencia, de la partida muros y tabiques de albañilería 7.82%.

3.3.2 Medición de muros de ladrillo de arcilla – modelado en 3D

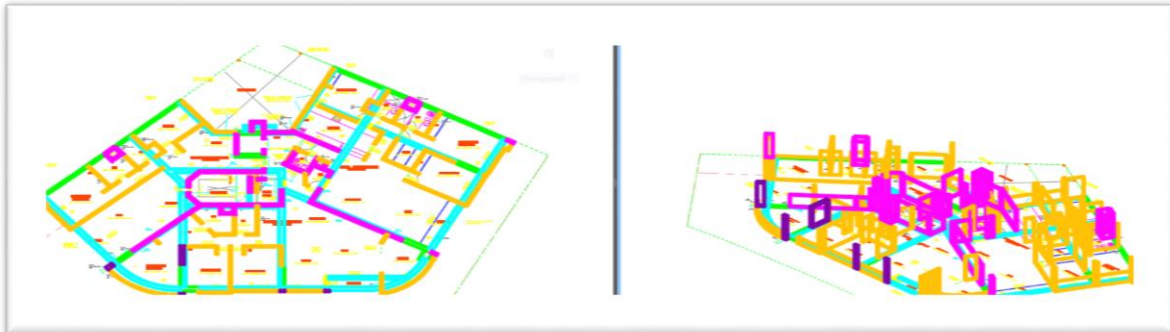
Se determinó el metrado de los muros y tabiques a través de un modelado en 3D. Para ello se realizó un levantamiento de los elementos estructurales por cada piso o nivel, de esta manera, se diferenció los muros y tabiques de las placas y columnas tal como se aprecia en las figuras 11. A la vez se consideró las alturas de muros hasta fondo de vigas peraltadas y diferenciando los dinteles y tipos de amarres de albañilería según sus espesores.

Para el presente proyecto se han considerado los siguientes espesores de muros de arcilla:

- Muro de ladrillo de arcilla KK 18 huecos (9x12.5x23) cabeza.
- Muro de ladrillo de arcilla KK 18 huecos (9x12.5x23) sogá.
- Muro de ladrillo de arcilla tipo 8 e=10cm (14x8x25) tabiques.

Figura 10

Modelado de los muros de arcilla del piso típico, del edificio Bollar. Leyenda de los muros de arcilla y elementos estructurales



Leyenda:

Tab 8	cabza	Soga	Col	VP	PL

La leyenda nos muestra el tipo de asentado de amarre de las unidades de arcilla donde Tab 8: se da para los muros de arcilla tipo 8, cuyo espesor de muro en los planos se muestra de 10cm. Las dimensiones de estas unidades son de 14x8x25cm.

Una vez realizado el modelado, se halla el valor en volumen de los muros y con la siguiente fórmula se calcula el área o metros cuadrados de muros de arcilla.

$$\text{Área} = \frac{\text{Volumen}}{\text{espesor del muro}}$$

En la tabla 19 se registran todos los datos obtenidos del CAD para convertirlos a metros cuadrado, se obtuvo 3422.54 m² de muros en total.

Tabla 19

Valores en volumen y metro cuadrado de muro de albañilería del proyecto Multifamiliar, edificio Bollar

METRADO DE UNIDADES DE ARCILLA											
ITEM	DESCRIPCION	und	Cisterna	Sotano 2	Sótano 1	SS	Piso 1	Piso 2,3,4,5,6	Piso 7	Azotea	Metrado
1.01	VOLUMEN										416.89
01.01.01	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) cabeza	m3	2.841	0.00	0.00	4.68	1.11	1.35	1.20	0.00	16.58
01.01.02	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) sogá	m3	1.48	6.57	6.60	13.48	22.40	18.41	17.89	33.59	194.07
01.01.03	Muro de arcilla tipo 8 (14x8x25cm) tabique	m3	0	11.09	11.22	5.58	31.50	23.71	24.10	4.19	206.24
2.01	METROS CUADRADOS										3,422.54
02.01.01	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) cabeza	m2	11.36	0.00	0.00	18.72	4.44	5.40	4.80	0.00	66.32
02.01.02	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) sogá	m2	9.87	43.78	44.00	89.87	149.33	122.75	119.27	223.91	1293.786667
02.01.03	Muro de arcilla tipo 8 (14x8x25cm) tabique	m2	0.00	110.85	112.20	55.79	315.00	237.14	241.00	41.89	2062.43

Nota. Adaptado de M. Loayza, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

3.3.3 Análisis de precios unitarios de la partida de muros de ladrillo de arcilla.

En la ejecución de esta partida se cumple con el uso de ladrillo de arcilla amarre de sogas y cabeza, como también muro de arcilla tipo 8 para los tabiques de 10cm de espesor acabado. Se considera un mortero para asentado de mezcla c:a 1:5 y junta de 1.5 cm.

Para el análisis se utilizó los datos del presupuesto dados por la empresa y los metrados obtenidos luego de realizar el modelado 3D de los muros de arcilla.

En la tabla 20 se hizo el cálculo de las cantidades de unidades de arcilla, según el tipo de amarre o asentado y se obtienen las siguientes cantidades:

- Amarre de cabeza 66.32m², que equivale a 4'679 und (68.03und/m²).
- Amarre de sogas 1293.79m², que equivale a 50'293 und (38.87und/m²).
- Muro tipo 8 se tiene 2062.43m², que equivale a 50'211 und (24.35und/m²).

Del cuadro de resumen de gastos obtenemos los materiales ingresados a la obra, se muestran los costos, entradas, salidas y saldo de material.

Tabla 20

Resumen de gastos de materiales de las unidades de arcilla.

RESUMEN DE COMPRA LADRILLO ARCILLA											
#	ITEM	UND	P.U	P.U + IGV	TOTAL ENTRADA	TOTAL SALDO	SALIDAS	DESPACHO	ENT	SAL	SALDO
1.0	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) cabeza	UND	S/ 0.68	S/ 0.80	S/ 4,445.30	S/ 822.46	S/ 3,622.84	PRO	5540.0	4515.0	1025.0
2.0	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) sogas	BLS	S/ 0.68	S/ 0.80	S/ 44,773.92	S/ 4,469.37	S/ 40,304.55	PRO	55800.0	50230.0	5570.0
3.0	Muro de arcilla tipo 8 (14x8x25cm) tabique	BLS	S/ 0.95	S/ 1.12	S/ 63,056.25	S/ 6,866.13	S/ 56,190.13	PRO	56250.0	50125.0	6125.0
					S/ 112,275.47	S/ 12,157.95	S/ 100,117.51				

Nota. Adaptado de M. Loayza, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Tabla 22

Análisis de precios unitarios y cantidad total de ladrillos de arcilla en asentado de cabeza.

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	For	Metrado	Cantidad Total	Costo Total
01.01		Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) cabeza					M2	106.70				
				Rend.	6.000	M2/DIA						
		Mano de Obra										
	470101	CAPATAZ	HH	0.100	0.1333	32.39	4.32			111.86	14.91	483.22
	470102	OPERARIO	HH	1.000	1.3333	24.92	33.23			111.86	149.14	3717.01
	470104	PEON	HH	0.500	0.6667	17.78	11.85			111.86	74.58	1325.51
								49.40				
		Materiales										
	240030	Ladrillo de arcilla KK (9x12.5x23cm) cabeza	UND		68.0300	0.65	44.39			111.86	7609.64	4965.34
	301529	CEMENTO SOL TIPO 1 (42.5KG)	BLS		0.3591	25.34	9.10			111.86	40.16	1017.90
	304647	ARENA GRUESA	M3		0.0508	42.37	2.15			111.86	5.69	240.49
	307765	AGUA	M3		0.0188	9.66	0.18			111.86	2.10	20.13
								55.82				
		Equipos										
	370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	49.40	1.48			111.86	1.00	165.55
								1.48				

Nota. Adaptado de M. Loayza, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Tabla 23

Análisis de precios unitarios y cantidad total de ladrillos de arcilla en asentado de sogá.

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	For	Metrado	Cantidad Total	Costo Total
01.02		Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) sogá			Rend. 9.000	M2/DIA	M2	63.95				
		Mano de Obra										
	470101	CAPATAZ	HH	0.100	0.0889	32.39	2.88			1293.79	115.02	3726.11
	470102	OPERARIO	HH	1.000	0.8889	24.92	22.15			1293.79	1150.05	28657.37
	470104	PEON	HH	0.500	0.4444	17.78	7.90			1293.79	574.96	10220.91
								32.93				
		Materiales										
	240030	Ladrillo de arcilla KK (9x12.5x23cm) sogá	UND		38.8727	0.65	25.36			1293.79	50292.98	32810.43
	301529	CEMENTO SOL TIPO 1 (42.5KG)	BLS		0.1437	25.34	3.64			1293.79	185.91	4709.38
	304647	ARENA GRUESA	M3		0.0203	42.37	0.86			1293.79	26.33	1112.66
	307765	AGUA	M3		0.0180	9.66	0.17			1293.79	23.29	219.94
								30.03				
		Equipos										
	370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	32.93	0.99			1293.79	1.00	1280.85
								0.99				

Nota. Adaptado de M. Loayza, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Tabla 24

Análisis de precios unitarios y cantidad total de ladrillos de arcilla en tabique tipo 8

Partida	Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal	For	Metrado	Cantidad Total	Costo Total
01.03		Muro de arcilla tipo 8 (14x8x25cm) tabique			Rend. 12.000	M2/DIA	M2	64.92				
		Mano de Obra										
	470101	CAPATAZ	HH	0.100	0.0667	32.39	2.16			2062.43	137.56	4454.85
	470102	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	24.92	16.61			2062.43	1375.02	34256.96
	470104	PEON	HH	0.500	0.3333	17.78	5.93			2062.43	687.41	12230.21
								24.70				
		Materiales										
	240030	Ladrillo de arcilla tipo 8 (14x8x25cm) tabique	UND		24.3500	1.53	37.13			2062.43	50220.17	76578.03
	301529	CEMENTO SOL TIPO 1 (42.5KG)	BLS		0.0696	25.34	1.76			2062.43	143.47	3629.88
	304647	ARENA GRUESA	M3		0.0098	42.37	0.42			2062.43	20.31	866.22
	307765	AGUA	M3		0.0181	9.66	0.17			2062.43	37.33	350.61
								39.48				
		Equipos										
	370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	24.70	0.74			2062.43	1.00	1526.20
								0.74				

Nota. Adaptado de M. Loayza, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

3.3.4 Cálculo de porcentaje real de desperdicio

Con el cálculo real de metrados, y mediante el análisis de precios unitarios, se calculó la cantidad de materiales necesarios para la ejecución. El cálculo de la cantidad se hizo sin considerar desperdicios en las cantidades halladas. Posteriormente, se determina el desperdicio real de la obra, comparando el ingreso real de albañilería a la obra con el metrado obtenido del modelado. Ver tabla N° 25.

Tabla 25

Desperdicio real de las unidades de arcilla del proyecto Bollar.

PORCENTAJE DE DESPERDICIO REAL					
#	ITEM	UND	Ingreso a obra	Metrado 3D	%desperdicio
1.0	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) cabeza	UND	5,540.00	4,511.75	18.56
2.0	Muro de arcilla KK (9x12.5x23cm) sogá	UND	55,800.00	50,292.98	9.87
3.0	Muro de arcilla tipo 8 (14x8x25cm) tabique	UND	56,250.00	50,220.17	10.72

Nota. Adaptado de M. Loayza, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

3.4. Análisis de resultados de desperdicios

Para el análisis se consideró desperdicio a todo exceso de material empleado para elaborar un producto final, llámese producto final a partidas terminadas en obras de edificación, siempre respetando las medidas técnicas ya planteadas en planos y memorias descriptivas.

Luego de analizar los tres proyectos de edificación ejecutados en el departamento de Lima, se realizó el cálculo del porcentaje de desperdicios totales que se obtuvieron al finalizar el tiempo de ejecución (tabla 21). Como se observa en la figura 11, el porcentaje de desperdicio que se dio en los muros con block sílico calcáreo con un rango de 2% a 17%, por su parte los muros con ladrillo de arcilla obtuvieron valores de 11% de desperdicio. Como resultado se obtiene que en ambos tipos de muros los porcentajes de desperdicio superan en mayoría el 5% que es utilizado para la elaboración de metrados y presupuestos de los expedientes.

Tabla 21

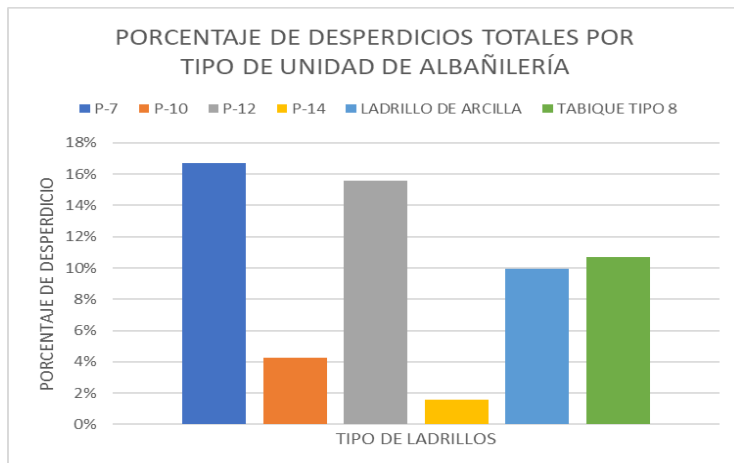
Porcentaje de desperdicio por unidad de tipo de albañilería de los tres proyectos analizados

DESPERCICIOS TOTALES				
	TIPO DE LADRILLO	Cantidad utilizada	cantidad metrado	desperdicio
Proyecto 1	P-7	1067	889	17%
	P-10	11372.72	10891	4%
	P-12	1420	1199	16%
	P-14	9750	9598	2%
Proyecto 2	LADRILLO DE ARCILLA	35000	31526	10%
Proyecto 3	LADRILLO DE ARCILLA	61340	54804.73	11%
	TABIQUE TIPO 8	56250	50220.17	11%

Nota. Adaptado de M. Loayza, comunicación personal, 20 de octubre de 2023.

Figura 11

Porcentaje de desperdicio por unidad de tipo de albañilería de los tres proyectos analizados.



4. INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA GUÍA DE GESTIÓN DE DESPERDICIOS

Al identificar el gran porcentaje de desperdicios generados por la ejecución de muros de albañilería, se analiza y detalla los procesos constructivos de los muros para poder seguir el proceso de construcción remendado de acuerdo a manuales y guías de construcción, así mismo se identifica la principal causa que genera esos desperdicios.

4.1. Procesos constructivos

A continuación, se detalla el proceso constructivo recomendado para cada tipo de muro (ladrillo de arcilla y block sílico calcáreo), baso en revisión bibliográfica, guías y experiencia de campo.

4.1.1 Proceso constructivo muros de albañilería

- Trazo y replanteo de los muros, en cada ambiente y por nivel, trazar puntos de salidas de instalaciones sanitarias y eléctricas.
- Diferenciar los muros adosados a elementos estructurales, los muros que irán con arriostre de los muros aislados de placas, vigas y columnas. Llevar un control en planos, debidamente marcados por ambientes y nivel de la edificación.

Aceros Arequipa (s.f.) en su sección de construyendo seguro del manual del Maestro Constructor:

- a) Revisión de la zona de trabajo antes de iniciar las labores para verificar la limpieza y correcto nivelado. En caso se observe imperfecciones se tiene que rellenar de preferencia con un mortero. En caso de que el muro a levantar sea a nivel del suelo o en contacto con el terreno natural, debe plantearse la ejecución de un sobrecimiento, el cual debe controlarse el alineamiento además debe marcarse las referencias de las puertas y límites con ayuda de un cordel, nivel de mano. Por otro lado, si la construcción del muro será en un nivel superior, debe usarse una tira línea para marcar las zonas donde se empezará a asentar el muro.
- b) Para empezar con la ejecución del muro se debe realizar un emplantillado, es decir colocar y distribuir los ladrillos en la primera fila que ira encima del sobrecimiento. En el primer piso, el emplantillado se hace sobre el sobrecimiento; en un piso superior se realiza sobre losa, vigas chatas y sobre vigas peraltadas. Este emplantillado permitirá “levantar” el muro sobre los ejes trazados y se tendrá menos trabajos rehechos antes del levantamiento total o a media altura del muro de albañilería.
- c) Para lograr una aplomada y niveles correctos durante la ejecución del muro debe

tenerse en suma consideración la instalación de los ladrillos maestros, es decir, el ladrillo que sirve de guía para el correcto nivel de las demás hileras. Para esto se hace uso de un cordel que servirá de guía para el alineamiento considerando las juntas y distribución.

- d) Luego se emplea el badilejo, para la colocación del mortero horizontal, se toma una porción de mezcla de la “batea” (recipiente donde se prepara la mezcla de arena gruesa, cemento y agua) y se coloca una capa uniforme en el sobrecimiento (primer nivel) o hilada inferior de ladrillos (niveles superiores), distribuyendo el mortero en sentido longitudinal. El espesor de la junta de mortero, según la norma E-070, debe ser mínimo 10 mm y máximo 15 mm.
- e) Se asentará la unidad de albañilería moviendo ligeramente y hacia abajo, prever el espacio de 1.5cm para la junta vertical. Posteriormente se alinea y se verifica la nivelación óptima dando golpes con un martillo de goma o el mango del badilejo. Cuando se acabe de asentar una hilera del muro debe repetirse lo indicado en c) y así cada vez que se vuelva a comenzar con otra hilera. Es recomendable utilizar la regla de aluminio a los lados del muro para que sirva de guía de las alturas de cada hilada y de este modo asegurarle uniformidad al trabajo culminado.
- f) Cuando se culmine con el asentado, con ayuda de un badilejo se coloca la mezcla de mortero en las juntas verticales y con una espátula se ayuda para evitar que se desperdicie la mezcla.
- g) Al finalizar con los trabajos de asentado, se debe verificar la verticalidad, esto es recomendable haciendo uso de una plomada y evitar que el desplome sea mayor a 4 mm en todo el muro, además de ello se debe verificar la horizontalidad mediante el nivel de mano. Además de ello, para evitar errores finales, se recomienda hacer esta verificación cada 4 filas de asentado.
- h) Según la Norma E070 Albañilería, durante la jornada de trabajo la altura máxima que debe tener el muro de ladrillo es de 1.3m o 12 a 13 hiladas de ladrillo. Al día o jornada siguientes se completa las demás hiladas hasta llegar a la altura final (párr. 1).

4.1.2 Procesos constructivos unidades sílico calcáreos

- Trazo de ejes, muros y ubicación de anclajes a cada 51cm. Identificar las instalaciones sanitarias y eléctricas para evitar perforar las canalizaciones con el refuerzo del anclaje.
- Anclar con puente de adherencia epóxica los refuerzos verticales en piso y techo,

considerar refuerzo de 6mm de diámetro para block o placas P-7 y P10, y acero de 8mm de diámetro para placas P-12 y P.14, considerar la profundidad mínima de 5cm en cada anclaje.

- El refuerzo vertical debe de tener un traslape a 2/3 de su altura, considerando traslape de 30cm mínimo para varillas de 6mm de diámetro y de 40cm para acero de 8mm.
- Una vez instalado el acero de refuerzo vertical se da inicio al asentado de la primera hilada y se verifica medidas de vanos y ubicación de instalaciones. El refuerzo vertical debe de pasar por uno de los alveolos de la placa y el amarre debe ser de sogá.
- Las juntas horizontales deben de tener un espesor mínimo de 1.5cm con un error de +-3mm y las juntas verticales de espesor de 1cm, se debe de verificar trazos y distancias a ejes durante el proceso de asentado.
- El asentado de unidades debe realizarse con mortero grueso embolsado y el llenado de alveolos con concreto embolsado.
- El concreto de los alveolos debe de tener una resistencia de 140kg/cm² y solo se vacía donde se coloca el refuerzo vertical.
- Verificar verticalidad y colocar una varilla de 6mm como refuerzo horizontal cada dos hiladas, en muros de placas P-7 y P-10. Para muros de placas P-12 y P-14 colocar refuerzo horizontal de 8mm cada dos hileras.

4.2. Identificación de las principales causas que generan desperdicios de materiales

Tener en cuenta la diversidad de desperdicios de materiales en construcción y enumerar las causas directas que lo puedan ocasionar, antes de iniciar cualquier partida es de vital importancia para disminuir los residuos sólidos y desperdicios de materiales.

Según las definiciones anteriores, sobre el concepto de desperdicio, es que se tiene una mejor perspectiva de este. Se debe de tener claro que no es lo mismo el desperdicio en muros de ladrillo blanco (sílico-calcáreo) y muros de arcilla; en cada partida de construcción los desperdicios varían, ya sea por los formatos de las unidades de albañilería, la experiencia del trabajador para el asentado, etc.

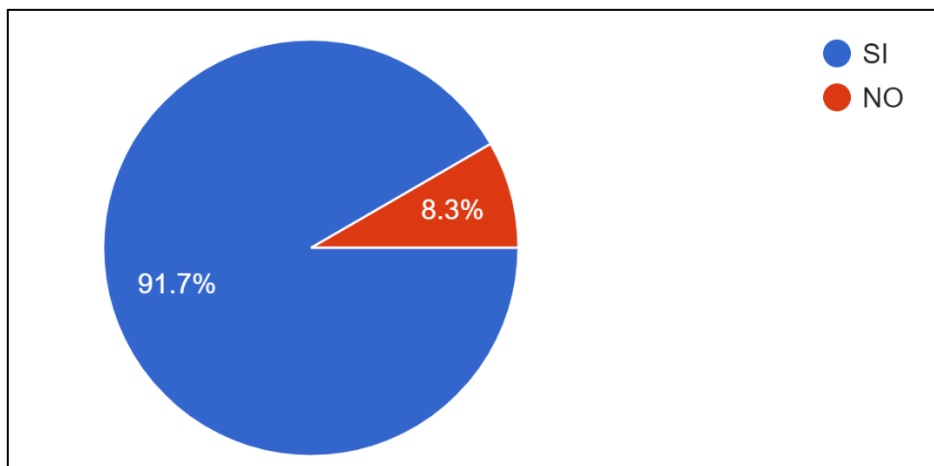
Mediante una encuesta realizada a doce (12) expertos del rubro de construcción se identificaron las principales causas que según su experiencia generan los desperdicios de materiales en la partida de muros de albañilería en obras de Lima, las más resaltantes son la de retrabajos ocasionada por falta de personal con experiencia y la ausencia de una guía de control de desperdicios y calidad durante la ejecución.

4.2.1 Encuesta a expertos

Pregunta 1: ¿Considera usted que un mal almacenaje en forma y lugar de los materiales en obra, generan un mayor desperdicio de estos?

Figura 12

Resultados de pregunta 1

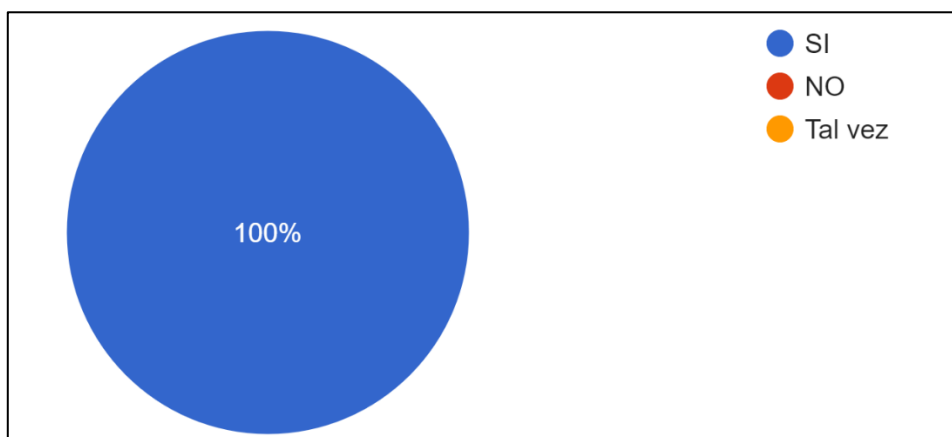


Nota: El 91.7% de los 12 encuestados considero que el mal manejo y disposición del almacenaje de los ladrillos ocasiona que se generen desperdicios.

Pregunta 2: ¿Opina usted que la falta de control y verificación del proceso constructivo durante la ejecución de los trabajos es la principal causa de generación de desperdicios?

Figura 13

Respuesta pregunta 2

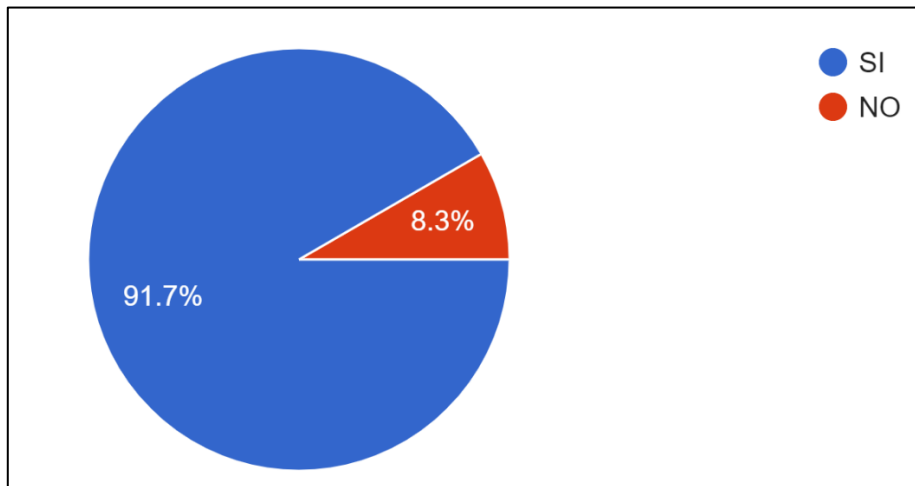


Nota: El 100% de los 12 encuestados considero que la falta de un control y verificación de procesos durante la ejecución de los muros albañilería ocasiona que se generen desperdicios.

Pregunta 3: ¿Considera que no contar con personal calificado para la ejecución de trabajos de muros de albañilería, es la principal razón de generación de desperdicios?

Figura 14

Respuesta pregunta 3

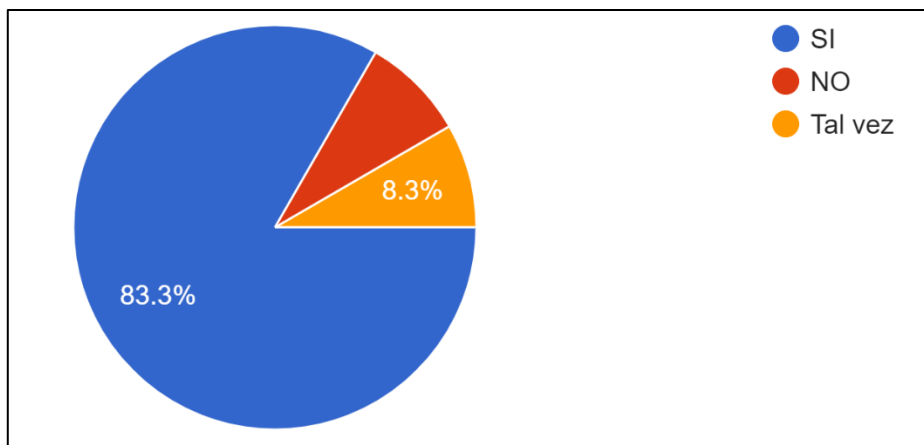


Nota: El 91.7% de los 12 encuestados considero que la falta de mano calificada durante la ejecución de muros albañilería ocasiona que se generen desperdicios.

Pregunta 4: ¿Considera que un modelado virtual en 3D, se obtendrían metrados más precisos que los realizados de manera tradicional?

Figura 15

Respuesta pregunta 4

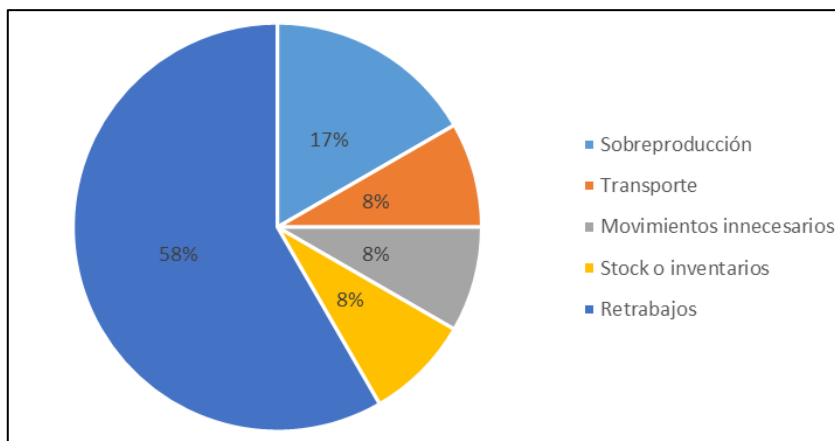


Nota: El 83.3 % de los 12 encuestados consideró que el uso del modelado virtual para el cálculo de metrados daría resultados más precisos comparados con el método tradicional.

Pregunta 5: En su opinión, ¿cuál de las siguientes alternativas cree que es la principal causa que genera que el porcentaje de desperdicio incremente?

Figura 16

Respuesta pregunta 5



Nota: El 58% de los encuestados indico basado en su experiencia que los retrabajos ocasionados por falta de control y mano calificada representan la principal causa de generación de desperdicio, seguido de la sobreproducción la cual representa el 17%.

5. GUÍA DE GESTIÓN DE DESPERDICIOS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA

GUÍA DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA EN OBRAS DE EDIFICACIÓN DE LIMA

NOMBRE Del PROYECTO:

Nombre de la obra o proyecto

EMPRESA:

Nombre Empresa

ÍNDICE

1. Introducción
2. Resumen e Información general del Proyecto
3. Público objetivo
4. Definiciones o conceptos
5. Consideraciones
6. Procesos constructivos recomendados
7. Identificación de las principales causas de desperdicios
8. Manejo de desperdicios y control de residuos
9. Anexos

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las empresas del rubro de la construcción, al realizar la gestión de recursos, optan por dar mayor relevancia y análisis a la mano de obra; esto debido a que su control se puede dar con mayor facilidad; sin embargo, el desperdicio de materiales representa un problema importante; dado que tiene implicaciones significativas tanto para la eficiencia del producto, como también en el impacto ambiental de los proyectos de construcción (Formoso et al, 2002).

Una Guía de Gestión de desperdicios permite reducir los residuos o remanentes de los diferentes insumos empleados en la partida correspondiente a muros de albañilería, de los proyectos de construcción de edificios completos, en pequeñas y medianas empresas. La elección de esta partida, para la elaboración de una guía de gestión de desperdicios, se debe a que el porcentaje de incidencia que tiene dentro del presupuesto de obra es de 13-15%, es la segunda partida con mayor incidencia en el costo de un proyecto, después de los elementos estructurales de concreto cuyo porcentaje asciende aproximadamente 17-20% (Vera, 2021). Como se expone, los costos de obras son analizados por partidas de manera independiente cada una, e incluso en los análisis de precios unitarios (APU) se considera un porcentaje de desperdicio por cada material que se empleará. Estos porcentajes de desperdicios considerados al momento de realizar los APU del proyecto no son los reales, dado que, al finalizar la edificación total, se obtiene desperdicios muy por encima del utilizado en los APU de la oferta económica o del presupuesto base presentado.

Por ello con esta guía se plantea una búsqueda en la reducción de los porcentajes de

desperdicios generados por la ejecución de muros de albañilería y su disposición final para evitar la mayor acumulación de desmonte o contaminación.

2. RESUMEN

Según la investigación realizada, los desperdicios generados en muros de albañilería (ladrillo de arcilla y block sílico calcáreo), pueden alcanzar hasta el 20%, lo cual se reflejaría en pérdidas monetarias para la empresa y un mayor porcentaje de contaminación.

En la presente guía se muestra las principales causas de desperdicio, procesos para un mejor control durante la ejecución y el manejo de los residuos.

3. PÚBLICO OBJETIVO

- Empresas constructoras
- Profesionales del sector construcción
- Personas inician sus labores en el rubro de construcción.

4. CONCEPTOS

Botero (2021) menciona las categorías de pérdidas y desperdicios según la filosofía de Lean construction:

- Sobreproducción: producir más de lo necesario.
- Tiempo de espera: tiempo que personal o maquinaria no realiza trabajos por la falta de coordinación o incumplimiento de tareas anteriores.
- Transporte: Movimiento de personal, materiales o maquinarias de manera innecesaria.
- Procesamiento innecesario: utilizar métodos, procesos y/o tecnología desfasada que puede ser reemplazada y mejorada al actualizarla.
- Movimientos innecesarios: hace referencia al movimiento de personal y/o maquinarias no requeridas o generados por trabajos ineficientes.
- Stock o inventarios: falta de coordinación al momento programar trabajos y solicitar materiales, o error en metrados.
- Retrabajos: trabajos ineficientes o que no están acorde a lo establecido en el

expediente y se requieren volver a realizar.

- Acopio de residuos: acumulación de RCD en lugares específicos por un tiempo determinado en una obra de construcción y/o demolición (Castaño, 2020).
- Eliminación de RCD: procedimiento cuyo objetivo es disponer en forma definitiva o destruir un RCD en instalaciones autorizadas (Castaño, 2020).
- Gestión de RCD: todas las acciones operativas a las que se somete un RCD, incluyendo la recolección, el acopio, el transporte, pretratamiento, tratamiento y su eliminación (Castaño, 2020).
- Reciclaje: Emplear un material como materia prima para dar origen a otro material o equipo (Ecoembes, 2022).
- Recolección: operación consistente en recoger un residuo con el objeto de transportarlo a una instalación de valorización o de disposición final, según corresponda (Ecoembes, 2022)
- Reutilización: Hacer un segundo uso de un material antes de desecharlo, se puede optar por nuevos usos o manualidades para su reutilización (Ecoembes, 2022).

5. CONSIDERACIONES

Tener presente el inicio de la actividad, la duración y holgura de la partida de instalación de muros de albañilería

- Definir cambios en los diversos ambientes antes de iniciada la partida. Como la unidad de albañilería final a instalar, modificaciones de ambientes según los clientes, instalación de doble muro en zonas de instalaciones con tuberías de diámetros superiores a 2", altura de contrapiso, altura de muretes y parapetos finales.
- Se debe tener conocimiento y estudio del proyecto de parte de todos los involucrados en obra: Residente, ing. de producción, ingeniero de calidad, jefes de grupo, capataces y operarios.
- Modelar la partida muros empleando la metodología virtual antes de realizar el pedido de materiales, permitirá tener un metrado muy preciso. El modelado debe ser por nivel y diferenciando los tipos de muros (arcilla, sílico calcáreo y concreto). Diferenciar los amarres de soga, cabeza, placas P-7, P-10, P-12 y P-14.
- Se debe definir las maquinarias para el acarreo vertical y para el corte de las unidades de albañilería.

- Considerar ambiente para almacenamiento, con iluminación y de fácil acceso para el transporte horizontal de las unidades y embolsados de tener tabiquería blanca o de concreto.
- Realizar el acarreo vertical de materiales necesarios por ambiente y nivel, según medidas realizadas con el modelamiento 3D de los muros y considerando las especificaciones técnicas de los embolsados para tabiquería blanca y unidades de concreto, como las cantidades de arena gruesa y cemento para tabiquería roja o arcilla.

6. PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Los procesos constructivos recomendados para los muros de arcilla o block sílico calcáreos se detallan brevemente.

6.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA MUROS DE ARCILLA

- Revisión y verificación de niveles del ambiente o zona donde se levantará el muro.
- Trazo de muros y ejes con tira línea, indicando medidas de vanos y salidas de instalaciones eléctricas y sanitarias.
- Emplantillado, se asienta la primera fila de unidades de arcilla, de esta manera se corrige medidas antes del levantamiento total del muro. Se evita reprocesos y trabajos rehechos.
- Iniciar el asentado de los ladrillos maestros, como guía para el resto de las hiladas, se verifica la alineación.
- Colocación de mortero horizontal según proporción de cemento: arena, que se muestra en las especificaciones técnicas y manteniendo una junta mínima de 1cm y máximo de 2cm según la norma E.070.
- Asentar las siguientes hileras de unidades de arcilla, con el uso del badilejo para el llenado de las juntas verticales, tener señalado a cada extremo del muro las alturas de cada hilada. Las marcas y medidas de hileras se indican en reglas de aluminio fijas a cada lado de manera vertical.
- Con el uso de la plomada y el cordel se verifica la verticalidad, esta se realiza cada cuatro hiladas.
- Verificar la horizontalidad haciendo uso del nivel de mano, esto se realiza cada hilada.

6.2 PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA BLOCK SÍLICO CALCÁREOS

- Trazo de ejes, muros y ubicación de anclajes a cada 51cm. Identificar las instalaciones sanitarias y eléctricas para evitar perforar las canalizaciones con el refuerzo del anclaje.
- Anclar con puente de adherencia epóxica los refuerzos verticales en piso y

techo, considerar refuerzo de 6mm de diámetro para block o placas P-7 y P10, y acero de 8mm de diámetro para placas P-12 y P.14, considerar la profundidad mínima de 5cm en cada anclaje.

- El refuerzo vertical debe de tener un traslape a $\frac{2}{3}$ de su altura, considerando traslape de 30cm mínimo para varillas de 6mm de diámetro y de 40cm para acero de 8mm.
- Una vez instalado el acero de refuerzo vertical se da inicio al asentado de la primera hilada y se verifica medidas de vanos y ubicación de instalaciones. El refuerzo vertical debe de pasar por uno de los alveolos de la placa y el amarre debe ser de soga.
- Las juntas horizontales deben de tener un espesor mínimo de 1.5cm con un error de ± 3 mm y las juntas verticales de espesor de 1cm, se debe de verificar trazos y distancias a ejes durante el proceso de asentado.
- El asentado de unidades debe realizarse con mortero grueso embolsado y el llenado de alveolos con concreto embolsado.
- El concreto de los alveolos debe de tener una resistencia de 140kg/cm^2 y solo se vacía donde se coloca el refuerzo vertical.
- Verificar verticalidad y colocar una varilla de 6mm como refuerzo horizontal cada dos hiladas, en muros de placas P-7 y P-10. Para muros de placas P-12 y P-14 colocar refuerzo horizontal de 8mm cada dos hileras.

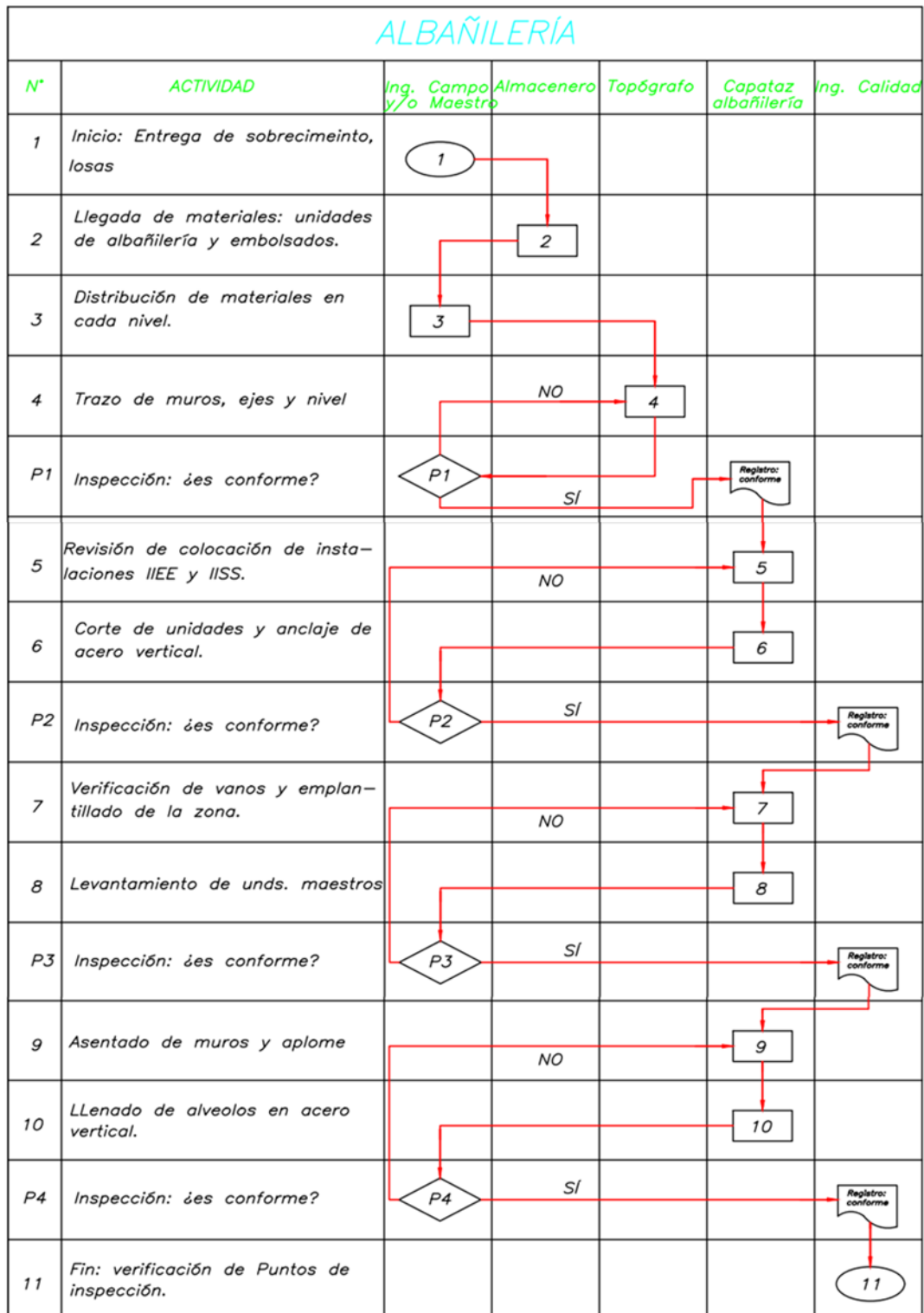
a. FLUJOGRAMA DE PROCESOS DE ALBAÑILERÍA

A través del flujograma se muestra gráficamente los pasos, tareas y actividades de todos los procesos que competen a la partida muros de albañilería. A la vez se se muestra la relación que existe entre cada paso y/o actividad como los responsables directos, de esta manera se tiene un mejor control de la calidad de cada proceso constructivo. Para su utilización del flujograma y su adaptación a su proyecto en las diferentes obras se recomienda:

- ✓ Identificar las actividades de las partidas de muros de albañilería
- ✓ Definir a los responsables de cada actividad
- ✓ Realiza el seguimiento y control de cumplimiento en casa una de las partes del proceso.

Figura 17

Flujograma de procesos de ejecución de muros de albañilería

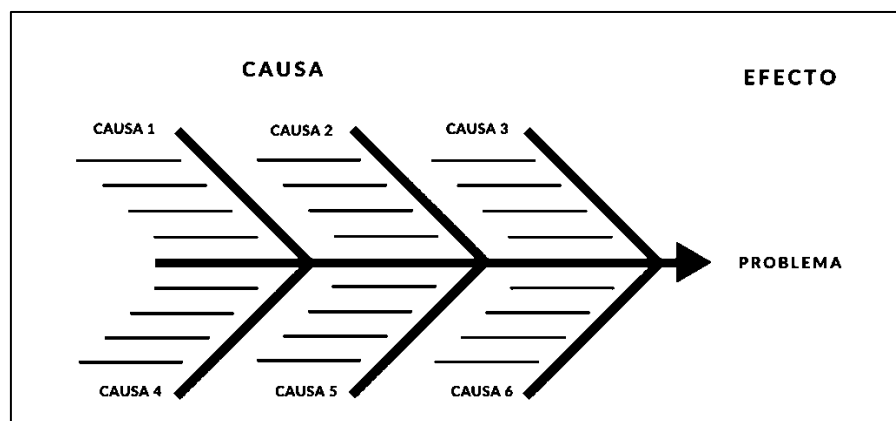


7. IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS QUE GENERAN EL DESPERDICIO DE MATERIAL.

Se recomienda realizar las reuniones semanales con los personales encargados de los controles de los trabajos de ejecución de muros de albañilería y con los responsables de cada actividad para que en conjunto se logre identificar las causas que generan el desperdicio de muros de albañilería e identificar los porcentaje de desperdicio generado; para lo cual, en el anexo 10.2 y 10.3 se adjuntan el protocolo de control de muros de albañilería que debe ser llenado a diario por un encargado designado el cual fue designado al momento de realizar el flujograma del punto a) y el registro estadístico. En la reunión, realizar el diagrama de Ishikawa o 6M para que sirva de aprendizaje y reforzamiento en las capacitaciones que se debe brindar al personal.

Figura 18

Diagrama de Ishikawa para identificación de causas de desperdicio



8. MANEJO DE LOS DESPERDICIOS Y CONTROL DE LOS RESIDUOS

a. Identificar al responsable o responsables de la gestión de manejo de residuos de muros de albañilería

Se debe delimitar las áreas con las que cuenta la empresa dentro de la obra, una vez identificadas, se selecciona a una persona de cada área (por votación o voluntario) que se encargará de realizar los controles. En el siguiente cuadro se describirá sus funciones.

Tabla 22

Tabla para ingreso de datos de personal responsable de las funciones de control

ÁREA	Nombre y apellido	Descripcion de funciones
Gerencia		
Administrador de obra		
Residente		
Producción		
Oficina técnica		
Maestro de obra/operario/oficiales/ayudantes		

Para los muros de albañilería se selecciona a la persona que recorrerá la obra con el formato de protocolo de control de muros de albañilería en el anexo 10.2.

b. Realizar el control y cálculo de volumen total de desperdicios generado.

Con el siguiente protocolo se anotará y contabilizará la cantidad de ladrillo que se ha roto por cada eje ejecutado y la cantidad de material que se desperdició por malas técnicas de asentado.

Se debe llevar un control diario y por ubicación de trabajo para realizar el registro final y poder hacer las gestiones para la disposición final del desmonte.

c. Contactarse con empresas prestadoras de residuos sólidos

El área encargada de la disposición final de los residuos generados en la ejecución del muro de albañilería debe mantenerse informado del volumen de desperdicio generado para realizar las coordinaciones respectivas con una Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS), la cual debe contar con autorización de DIGESA. Este acumulo de material debe ser almacenado en un área destinada para ello, debe estar señalizado y delimitada.

Podrá encontrar una lista de EPS-RS en el siguiente Link:

<http://www.digesa.minsa.gob.pe/Expedientes/EPS-REGISTROS.asp>

d. Ubicar los puntos de acopio por tipo de material (arcilla o sílico calcáreo)

En la obra desde el inicio se debe considerar los puntos de acopio para cada tipo de desperdicio de material que se ira generando en el transcurso del proyecto.

La ejecución de muros de albañilería, general un gran porcentaje de desperdicio, según la investigación realizada este porcentaje alcanza hasta el 23% de unidades de ladrillos de arcilla o block sílico calcáreo. Por ello, se debe clasificar entre pedazos de ladrillo, ladrillos en mal estado y escombros para que de ese modo luego se realice un adecuado proceso de las 3R.

Figura 19 Almacenaje de ladrillos



e. Implementación de las 3R

Para poder hacer un adecuado manejo de las 3R se debe identificar y conocer el tipo de residuo que estamos generando, para lo cual, se clasifica en dos tipos: peligroso y no peligroso.

a) Clasificación de los residuos de construcción (RCD)

Los RCD se clasifican en:

- Residuos Peligrosos
- Residuos no peligrosos.

Los ladrillos de arcilla o block sílico calcáreas son clasificados como NO PELIGROSOS.

Por su parte los RCD no peligrosos, se clasifican:

- Residuos Inertes
- Residuos no inertes
- Residuos Asimilables a Domiciliario

Dentro de la clasificación de no peligrosos, los ladrillos de arcilla o block sílico calcáreos son clasificados como residuos inertes.

b) Las 3R

Por último, para disminuir los residuos sólidos de construcción, en especial los originados

por la construcción de muros de albañilería, se aplicaría el principio básico de cuidado del medio ambiente, también conocido como las 3R.

✓ **Reducción**

Reducir la cantidad de material no necesariamente se refiere a colocar menos material por metro cuadrado de muro, sino a no comprar más unidades de albañilería, morteros y embolsados que a la larga este excedente termina siendo un residuo sólido de construcción (RSC), por el mal uso o por el exceso de manipulación. Es por tal motivo que se realizan los metrados empleando un modelado virtual y diferenciando los muros de albañilería de los elementos estructurales, de esta manera se compra material necesario para culminar la partida de muros de albañilería. Por otro lado, se indican los procesos constructivos detallados para la ejecución de muros de albañilería, con la finalidad de eliminar procesos improductivos, que consumen más material del necesario y en consecuencia generan desperdicios en obra, que luego son eliminados como RSC.

✓ **Reusar**

Reusar implica volver a utilizar el material que ya fue empleado, en nuestra investigación, en la ejecución de muros de albañilería. Para ello solo se realiza un mínimo de recuperación de por medio. Se utiliza nuevamente el mortero para asentado y llenado de alveolos, con la colocación de una plancha de triplay a pie del asentado de muro, de esta manera no se desperdicia el material, sino que este mismo se vuelve a reutilizar recogiendo y mezclando nuevamente en la batea o recipiente empleado para esta actividad. Por otro lado, para disminuir el impacto ambiental, se emplearía las unidades de albañilería rotas como bases de elementos de concreto simple, triturándolos a pulso y mezclándolos con mortero de cemento: arena (1:4) en bases de muebles de closets y cocinas, sardineles de duchas, bases de tinajas, etc.

✓ **Reciclar**

Por último, y no necesariamente para reducir los desperdicios de la partida muros de albañilería, sino para disminuir los RSC se tendría que reciclar los restos o pedazos rotos de unidades de arcilla y sílico calcáreo. Para ello se tendrá que coordinar con empresas encargadas de elaborar unidades de albañilería y esto ya serían procesos más industrializados.

6. VALIDACIÓN DE LA GUÍA DE GESTIÓN DE DESPERDICIOS DE MUROS DE ALBAÑILERÍA

La validación de la guía elaborada en la presente tesis se hizo mediante encuesta virtual a través de Google form en el mes de noviembre del 2023. Se le compartió el link de la encuesta a expertos en el

rubro de la construcción que han participado en diferentes obras de edificaciones en el departamento de Lima. Esta encuesta contó con 8 preguntas que sirvieron para validar el uso de la guía de gestión de desperdicios de muros de albañilería; además en la encuesta se adjuntó los links de descarga de la guía de gestión de desperdicios de muros de albañilería, el protocolo de control de muros de albañilería y flujograma de procesos de muros de albañilería.

Para dar mayor validez a las respuestas obtenidas, se recopiló información personal de los encuestados como fueron, lugar de trabajo, años de experiencia y cargo que ocupan actualmente; los resultados obtenidos se muestran a continuación:

- **Información de los encuestados**

Tabla 23

Lista de encuestados

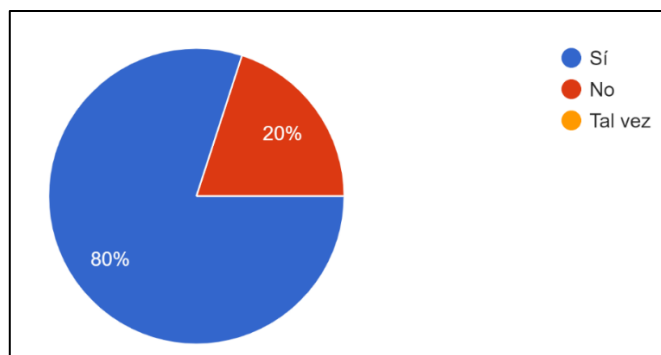
Empresa en la que laboran	Años de experiencia	Cargo
Constructora LOAN	3	Asistente técnico
Constructora Meva	4	Arquitecto
AGF	4	Coordinador
Proyectos y construcciones cima	5	Ingeniero civil
Geha Geotecnica & Hidraulica Ambiental E.I.R.L	5	Ingeniero proyectos
HMV ingenieros	5	Ingeniera de proyectos
Fujita Gumi SAC	10	Administrador
Fluor	15	Diseñador CSA
GEHA	20	Supervisor CQA
Grupo MT	25	Ingeniero residente de obra

- **Preguntas realizadas**

Pregunta 01.- *¿Es usted conocedor que la eficiencia e implementación de una guía de gestión de desperdicios, en la construcción de muros de albañilería, permitirá disminuir los residuos sólidos producto de la ejecución de esta partida?*

Figura 20

Respuesta pregunta 1

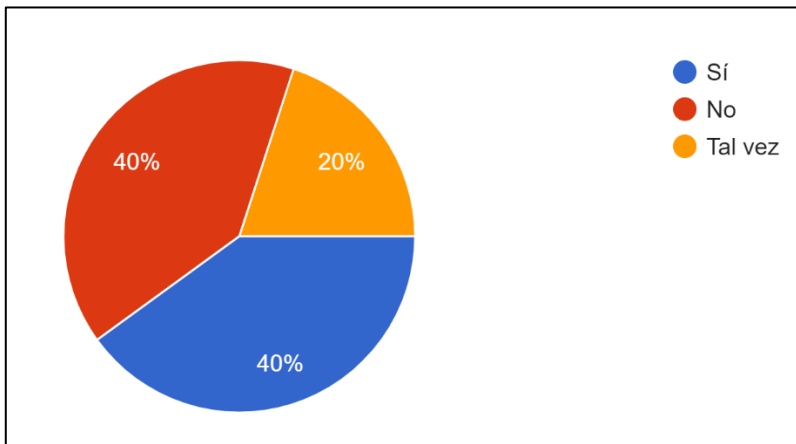


Nota: El 80% de los profesionales encuestado confirmaron que implementar una guía de gestión de desperdicios permitirá a las empresas lograr reducir los residuos solidos que se generan durante la ejecución de los muros de albañilería.

Pregunta 02.- En algunos proyectos, a lo largo de su carrera como conocedor y constructor de edificios completos, ¿ha implementado alguna guía de gestión de desperdicios para la ejecución de muros u otras partidas?

Figura 21

Respuesta pregunta 2



Nota: Se obtiene como resultado que el 40% de empresas donde trabajaron o trabajan los encuestados no han implementado guías de gestión de desperdicios.

Pregunta 03.- Basado en su experiencia ¿cuál es la principal ventaja de implementar una guía de gestión de desperdicios en la ejecución de sus proyectos?

- ✓ Muy eficiente el control de las guías
- ✓ Una ventaja es evitar los trabajos rehechos
- ✓ Mejoras la productividad y ahorras insumos
- ✓ Reducción de los desperdicios
- ✓ Reducción del coste total de insumos
- ✓ Identificar las causas de que generan desperdicios
- ✓ Mejor manejo de materiales
- ✓ Sostenibilidad
- ✓ Ahorrar

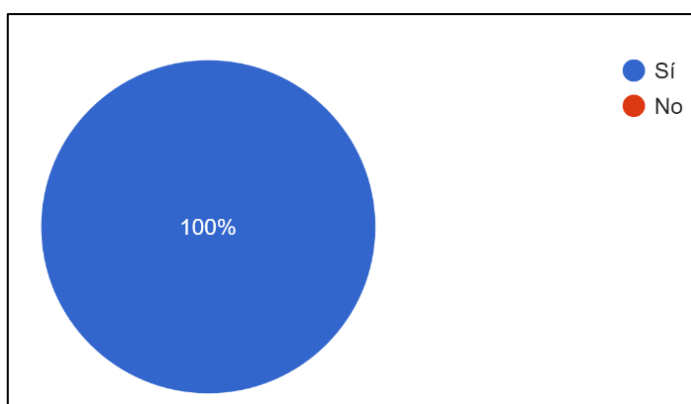
Pregunta 04.- Con las herramientas usadas en la presente tesis cree usted que se disminuirá los desperdicios en obra, producto de la construcción de muros:

- Modelado virtual 3D.

- Diagrama de Pareto (para analizar las partidas más incidentes en la especialidad de arquitectura).
- Ishikawa causa-efecto (identificación de causas que ocasionan los desperdicios en obra).
- Flujograma de procesos (para presentar la secuencia de actividades de un proceso).
- Análisis, mejoramiento y control de procesos constructivos.
- Principio de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar).

Figura 22

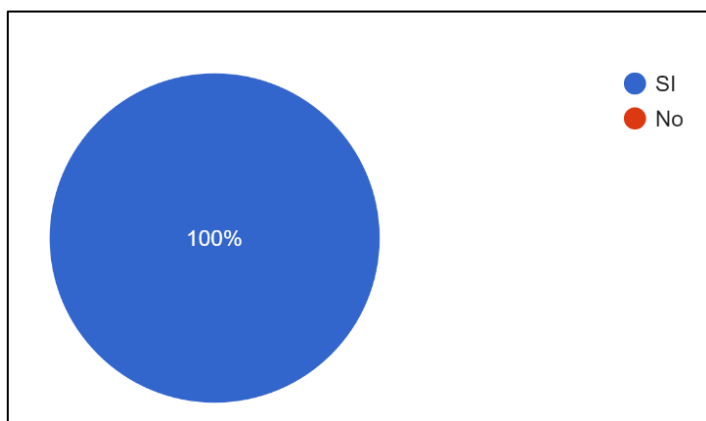
Respuesta pregunta 4



Pregunta 05. ¿Cree usted que un flujograma de procesos, para la partida muros de albañilería, donde se indica gráficamente las actividades y pasos de la partida (como a los responsables directos de cada punto del levantamiento de muros) permitirá obtener mejor producto terminado?

Figura 23

Respuesta pregunta 5

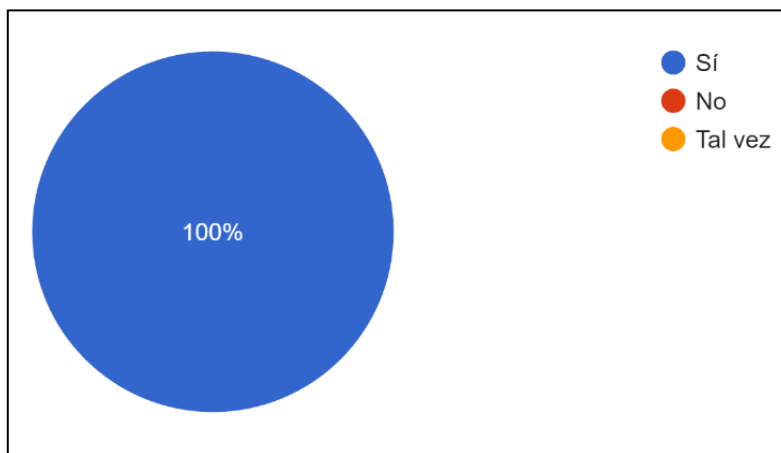


Nota: El total de los encuestados confirma que un mejor control mediante el flujograma elaborado permitirá obtener mejores resultados al momento de ejecutar la partida de muros de albañilería.

Pregunta 06. ¿Cree usted que, con la implementación de la guía de gestión de desperdicios, podría tener un mejor manejo y uso de los residuos generados de la ejecución de muros de albañilería?

Figura 24

Respuesta pregunta 6

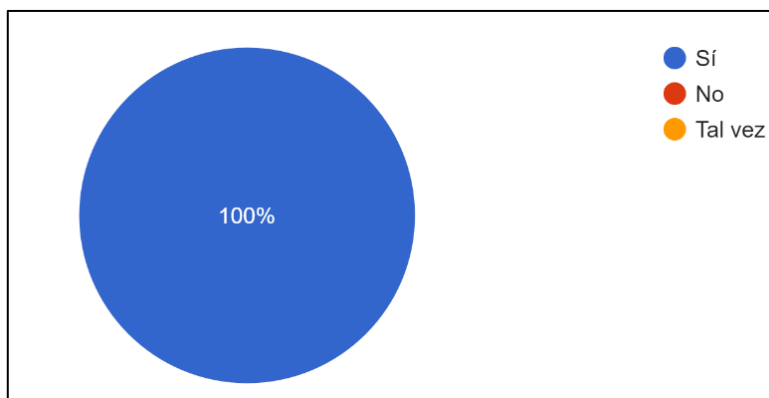


Nota: El 100% de los encuestados concuerda con que la utilización e implantación de una guía de gestión de desperdicios en las obras de construcción permite un mejor manejo y utilización de los residuos.

Pregunta 07. ¿Haría uso e implementaría el protocolo para control de la ejecución de muros de albañilería?

Figura 25

Respuesta pregunta 7



7. CONCLUSIONES

- Mediante la encuesta de validación realizada a los expertos, se concluye que la implementación de la guía de gestión de desperdicios permite un mejor manejo y control del desperdicio generado en la ejecución de los muros de albañilería.
- De las partidas que pertenecen a la especialidad de arquitectura, la que tiene mayor incidencia sobre el presupuesto de dicha especialidad es la de muros de albañilería con un rango de 8% a 23%; por lo tanto, su porcentaje de desperdicio también representa un gasto y pérdida considerable para la empresa.
- El modelado 3D mediante el uso de Autocad, permite conseguir metrados más precisos de los muros de albañilería. Además, al realizar los modelados de 3D y verificación de metrados, se identificó que existen varias incompatibilidades entre los planos y el metrado calculado en los expedientes, dando como consecuencia un mal cálculo del presupuesto real.
- Los desperdicios de materiales (ladrillos de arcilla y block sílico calcáreo), superan al 5% que se indica en los cálculos de metrado, llegando a alcanzar valores de 16% y 17% en placas P-12 y P-7 respectivamente y de 11% en ladrillo rojo, esto del total de desperdicio real.
- Se identificó mediante encuesta a expertos del rubro, que la mayor causa de desperdicio de materiales en la ejecución de muros de albañilería se ocasiona por la realización de retrabajos (28%), dada por no contar con mano calificada para el tipo de trabajo ni un control de calidad durante la ejecución. Lo cual, mejora al tener una guía de gestión de desperdicios.

8. RECOMENDACIONES

- Los desperdicios de materiales en obras de construcción (edificaciones para la presente investigación y análisis), generan casi el total de residuos sólidos a eliminar en el proyecto de la partida de arquitectura. Es por tal motivo que se recomienda tratar en lo posible de reutilizar los desperdicios en obra, cómo por ejemplo emplear los desperdicios como ladrillos rotos, morteros, piezas rotas de cerámicos; en elementos de bases de apoyos de muebles o en algún otro sin ningún fin estructural como pueden ser: mesas, muretes para duchas, bases de closet, etc. De esta manera se disminuirá los residuos sólidos y se obtendrá un menor impacto ambiental.
- No es recomendable realizar la eliminación de residuos sólidos “al barrer”, sino que se recomienda en lo posible reciclar una gran cantidad, empleando contenedores hechos en obra o lugares de acopio en los sótanos, con la finalidad de obtener un beneficio económico, con la venta del reciclaje, y así se pueda incentivar a los mejores trabajadores de los diferentes grupos o cuadrillas de trabajo. El reciclaje selectivo se puede realizar en la limpieza diaria que realiza cada grupo de cuadrillas al culminar su frente de trabajo.
- El jefe de cuadrilla, los operarios, el ingeniero de campo, en sí todos los involucrados en la edificación tienen que conocer ampliamente el proyecto antes de iniciar los trabajos en obra. Se debe tener en cuenta los rendimientos de los colaboradores, conocer el mejor desempeño y habilidades de cada trabajador, para ubicarlos en trabajos de partidas donde obtengan un mejor desempeño, y de esta manera lograr un mejor rendimiento y provecho de los materiales a emplear en cada frente de trabajo. Así se optimizará los insumos y se tendrá una mejora en los procesos constructivos.

9. REFERENCIAS

- Aceros Arequipa (s.f.). *Pasos para realizar una excelente construcción de muro. Construyendo seguro*. Recuperado el 19 de setiembre de 2023, de <https://www.construyendoseguro.com/pasos-para-realizar-una-excelente-construccion-de-muro/>
- Botero, L. (2021). *Principios, herramientas e implementación de Lean Construction*. Editorial EAFIT.
- Castaño, J. O. (2013). Gestión de residuos de Construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 17(38), 121-129. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2013000400010&lang=es
- Ecoembes. (2022, 3 de agosto). *¿Qué es Reducir, Reutilizar y Reciclar?* Recuperado el 27 de octubre de 2023, de <https://ecoembesdudasreciclaje.es/reducir-reutilizar-reciclar/>
- Formoso, C., Soibelman, L., ASCE, M. De Cesare, C., Isatto, E. (2002). Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(4), 316-325. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:4\(316\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:4(316))
- Gajardo, M. & Serpell, A. (1990). Conceptos generales acerca de la calidad en la construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, (9). <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/10012>
- Instituto Nacional de Estadísticas e Informática. (2018). *Provincia de Lima Resultados Definitivos Población Económicamente Activa*. Tomo III. INEI https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1620/
- Lean Manufacturing Hoy (2017, 20 de octubre). *Los 8 grandes despilfarros (mudas) de tu empresa*. Lean Manufacturing Hoy. Recuperado el día lunes 18 de setiembre del 2023, de <https://www.leanmanufacturinghoy.com/lean-manufacturing-los-8-grandes-despilfarros-mudas-de-tu-empresa/>
- Mena, J., Almendariz, C. Naranjo, F. & Mena, N. (2018). Medición y control del porcentaje

de desperdicios de los materiales de construcción de la estructura de un galpón o nave industrial, ubicado en la vía Duran-Tambo. *Revista científica mundo de la investigación y el conocimiento*. 2 (2), 183-193. [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(2\).2018.183-193](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(2).2018.183-193)

Minera Luren. (s.f.). Manual de instalación para muros no portantes con placas P-7, P-10, P-12 y P-14. Minera Luren. https://www.academia.edu/37813943/Manual_P7_P10_P14_Version_12_La_Casa.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Decreto Supremo 2006. Por lo cual se expide Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE*.

Municipalidad Distrital de Supe. (2021). *Recuperación del local escolar 388, Santa Rosa de Lima con código local 349972, distrito de Supe, provincia de Barranca, región Lima*. [Conjunto de datos]. SEACE. <https://prod2.seace.gob.pe/seacebus-uiwd-pub/buscadorPublico/buscadorPublico.xhtml>

Muñoz, S., Bayona, M. & Yovera, J. (2021). Gestión de residuos de construcción y demolición, para mitigar el impacto Ambiental y preservar nuestros recursos naturales: Una revisión de la literatura. *Ecuadorian Science Journal*. 5 (2), 100-106. <https://doi.org/10.46480/esj.5.2.90>

Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) – Sexta Edición*, Project Management Institute Inc.

Santelices, C., Herrera, R. & Muñoz, F. (2019). Problemas en la gestión de calidad e inspección técnica de obra: un estudio aplicado al contexto chileno. *Revista ingeniería de construcción*. 34 (3), 242-251. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000300242>

Sivashanmugam, S., Rodriguez, S., Rahimian, F., Elghaish, F. & Dawood, N. (2023). Enhancing information standards for automated construction waste quantification and classification. *Automation in Construction*. 152. [//doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104898](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104898).

Suarez, S. Betancourt, C., Molina, J. & Mahecha, L. (2019). La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión. *Entramado*, 15(1), 224-244. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.5408>

Vitorino, P. (2021, 22 de noviembre). *Los 8 desperdicios presentes en la construcción según la filosofía Lean Construction*. Konstruedu.com. Recuperado el 18 de octubre de 2023, <https://konstruedu.com/es/blog/los-8-desperdicios-presentes-en-la-construccion-segun-la-filosofia-lean-construction#>

10. ANEXOS

10.1. Anexo 1: Encuesta a expertos para validación de Tesis

Validación de Tesis: Propuesta de Guía de Gestión de desperdicios en la ejecución de muros de albañilería para obras de edificaciones, en pequeñas y medianas empresas de Lima

Por el tipo de trabajo de la investigación realizada (teórico), la validación se ha basado en reuniones virtuales, con profesionales del sector construcción. Estas reuniones se dividieron a la vez en:

1. Entrevista virtual.
2. Realización de cuestionarios y encuestas rápidas.

Para la elección de los profesionales nos basamos en la experiencia que tienen en el sector de la construcción de edificios completos, para ellos se les fueron entregando parte de la presente tesis, como los objetivos, la metodología y las herramientas empleadas en la presente investigación. Posteriormente, se realizó un cuestionario de preguntas.

Pregunta 01.- ¿Es usted conocedor que la eficiencia e implementación de una guía de gestión de desperdicios, en la construcción de muros de albañilería, permitirá disminuir los residuos sólidos producto de la ejecución de esta partida?

- a) Sí
- b) NO
- c) Tal Vez

Pregunta 02.- En algunos proyectos, a lo largo de su carrera como conocedor y constructor de edificios completos, ¿ha implementado alguna guía de gestión de desperdicios para la ejecución de muros u otras partidas?

- a) Sí
- b) No
- c) Tal vez

Pregunta 03.- Basado en su experiencia ¿cuál es la principal ventaja de implementar una guía de gestión de desperdicios en la ejecución de sus proyectos?

Pregunta 04.- Con las herramientas usadas en la presente tesis cree usted que se disminuirá los desperdicios en obra, producto de la construcción de muros:

- Modelado virtual 3D.

- Diagrama de Pareto (para analizar las partidas más incidentes en la especialidad de arquitectura).
- Ishikawa causa-efecto (identificación de causas que ocasionan los desperdicios en obra).
- Flujograma de procesos (para presentar la secuencia de actividades de un proceso).
- Análisis, mejoramiento y control de procesos constructivos.
- Principio de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar).

Pregunta 05. ¿Cree usted que un flujograma de procesos, para la partida muros de albañilería, donde se indica gráficamente las actividades y pasos de la partida (como a los responsables directos de cada punto del levantamiento de muros) permitirá obtener mejor producto terminado?

Pregunta 06. ¿Cree usted que con la implementación de la guía de gestión de desperdicios, podría tener un mejor manejo y uso de los residuos generados de la ejecución de muros de albañilería?

Pregunta 07. ¿Haría uso e implementaría el protocolo para control de la ejecución de muros de albañilería?

10.4. Flujograma de procesos de muro de albañilería

