



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

**RELACIÓN ENTRE DESPERDICIO DE MATERIALES Y DESPERDICIO DE MANO
DE OBRA EN LA EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Autor(es):

VERÓNICA ALEXANDRA ASHQUI ALULEMA

JÉSSICA PAOLA PULGAR SÁNCHEZ

Tutor:

ING. TITO CASTILLO

Riobamba - Ecuador

Año 2017

REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “RELACIÓN ENTRE DESPERDICIO DE MATERIALES Y DESPERDICIO DE MANO DE OBRA EN LA EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN” presentado por **Verónica Alexandra Ashqui Alulema, Jéssica Paola Pulgar Sánchez** y dirigida por: Ing. Tito Castillo. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Oscar Paredes

Miembro del Tribunal



Firma

Ing. Tito Castillo

Director del Proyecto



Firma

Ing. Ángel Paredes

Miembro del Tribunal

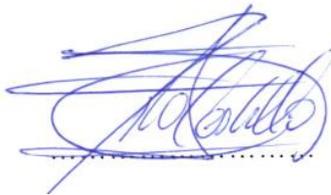


Firma

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Tito Castillo**, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “RELACIÓN ENTRE DESPERDICIO DE MATERIALES Y DESPERDICIO DE MANO DE OBRA EN LA EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a las Señoritas **Verónica Alexandra Ashqui Alulema, Jéssica Paola Pulgar Sánchez** para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,



Ing. Tito Castillo

TUTOR DE TESIS

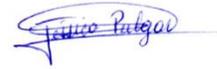
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de graduación, corresponde exclusivamente a: Verónica Alexandra Ashqui Alulema, Jéssica Paola Pulgar Sánchez e Ing. Tito Castillo; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....
Srta. Verónica Alexandra Ashqui Alulema

C.I. 060430396-6



.....
Srta. Jéssica Paola Pulgar Sánchez

C.I. 060413722-4

AGRADECIMIENTO

Un afectuoso agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, por la formación académica durante la trayectoria universitaria.

En primer lugar quiero agradecer a Dios por brindarme vida y salud para poder realizar este trabajo, agradezco a mis padres y hermanos quienes me apoyaron en todo momento con paciencia y palabras de aliento. Un agradecimiento especial al Ing. Tito Castillo quien nos encaminó y dirigió siempre aportando con conocimientos necesarios para poder finalizar la presente investigación.

Verónica Alexandra Ashqui Alulema

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme la oportunidad de vivir, por fortalecer mi corazón y alumbrar cada paso, por ponerme en mi camino a personas que han sido de gran apoyo emocional durante la etapa universitaria.

A mis padres, por ser un ejemplo de superación y de humildad, los valores que ellos inculcaron en mí los tendré presente siempre, por brindarme una buena educación y no negarme la oportunidad de superarme y de crecer como ser humano.

A mis hermanas, porque a más de ser un soporte en el hogar, me han dado minutos de dicha y felicidad, porque siempre están dispuestas a escucharme y ayudarme en cualquier momento, las quiero mucho.

De manera especial al Ing. Tito Castillo, por guiarnos acertadamente en nuestro proyecto de investigación y por compartirnos sus conocimientos en este ámbito.

Jéssica Paola Pulgar Sánchez

DEDICATORIA

La presente tesis dedico en primer lugar a Dios por iluminarme y bendecirme siempre. A mis padres por apoyarme, creer en mí, por brindarme su apoyo incondicional en las buenas y malas y ser los motores principales guiando mi camino para culminar con éxito mi profesión. A mis hermanos quienes siempre han estado presentes con su cariño y palabras de aliento para seguir adelante.

A mis familiares que de una u otra manera siempre me apoyaron durante todo este trayecto para llegar a obtener una profesión para mi vida.

Verónica Alexandra Ashqui Alulema

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres por haberme dado la vida, porque me han sabido guiar en cada decisión, y han sabido formar a tres hijas de manera extraordinaria, hoy seré la primera en llegar a ser profesional, mañana serán mis hermanas, y todo se debe a ustedes.

Jéssica Paola Pulgar Sánchez

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE GRÁFICAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema y justificación	2
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo general.....	5
3. MARCO TEÓRICO	6
4. METODOLOGÍA.....	17
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
5.1 Análisis estadístico.....	35
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
6.1 Conclusiones.....	40
6.2 Recomendaciones para investigaciones futuras.....	40
7. BIBLIOGRAFÍA.....	42
8. ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Figura 1: Clasificación de desperdicio de materiales	7
Figura 2: Nivel de cuadrilla de asentado de ladrillo	14
Figura 3: Residuos sólidos generados por las viviendas.....	18
Figura 4: Distribución de los costos en relación al presupuesto general	19
Figura 5: Clasificación de desperdicio de materiales	20
Figura 6: Medición de desperdicios de hormigón.....	21
Figura 7: Medición de desperdicios de cemento.....	21
Figura 8: Medición de desperdicios de bloque	22
Figura 9: Medición de desperdicios de cerámica.....	22
Figura 10: Medición de los tiempos de acuerdo al tipo de trabajo	24
Figura 11: Porcentaje de desperdicio del material en hormigón.....	26
Figura 12: Porcentaje de desperdicio del material cemento	27
Figura 13: Porcentajes de desperdicio del material en bloques	27
Figura 14: Porcentajes en desperdicio del material en cerámica	28
Figura 15: Productividad de mano de obra en hormigón.....	29
Figura 16: Productividad de mano de obra en colocación de bloque	29
Figura 17: Productividad de mano de obra en colocación de cerámica.....	30
Figura 18: Porcentaje de desperdicio de materiales y mano de obra en hormigón.....	31
Figura 19: Porcentaje de desperdicio de materiales y de mano de obra en cemento	32
Figura 20: Porcentaje de desperdicio de materiales y de mano de obra en bloques	33
Figura 21: Porcentaje de desperdicio de materiales y de mano de obra en cerámica	34
Figura 22: Diagrama de dispersión de desperdicios	35

Figura 23: Diagrama de dispersión de desperdicios	36
Figura 24: Diagrama de dispersión de desperdicios	36
Figura 25: Diagrama de dispersión de desperdicios	37
Figura 26: Causas de desperdicio de materiales y mano de obra	39
Figura 27: Formato para evaluación de productividad de mano de obra en campo	44
Figura 28: Vigas.....	45
Figura 29: Ubicación de pared exterior	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de desperdicio en el asentado de ladrillo	13
Tabla 2 Incidencia de los recursos en la obra	15
Tabla 3 Interpretación del coeficiente de correlación r	25
Tabla 4 Resumen de resultados.....	38
Tabla 5 Desperdicio de hormigón en contrapiso	45
Tabla 6 Desperdicio de hormigón en vigas.....	46
Tabla 7 Desperdicio de sacos de cemento en contrapiso.....	47
Tabla 8 Desperdicio de sacos de cemento en vigas	47
Tabla 9 Desperdicio de bloques. Casa 1	48
Tabla 10 Desperdicio de bloque. Casa 2.....	48
Tabla 11 Desperdicio de bloque. Casa 3.....	48
Tabla 12 Desperdicio de bloque. Casa 4.....	48
Tabla 13 Desperdicio de bloque. Casa 5.....	49
Tabla 14 Desperdicio de bloque. Casa 6.....	49
Tabla 15 Desperdicio de bloque. Casa 7.....	49
Tabla 16 Desperdicio de cerámica. Casa 1	49
Tabla 17 Desperdicio de cerámica. Casa 2	50
Tabla 18 Desperdicio de cerámica. Casa 3	50
Tabla 19 Desperdicio de cerámica. Casa 4	50
Tabla 20 Desperdicio de cerámica. Casa 5	50
Tabla 21 Desperdicio de cerámica. Casa 6	50
Tabla 22 Desperdicio de cerámica. Casa 7	51

Tabla 23 Desperdicio de materiales en las 7 viviendas	51
Tabla 24 Desperdicio de mano de obra en colocación de bloques	51
Tabla 25 Desperdicio de mano de obra en hormigón en vigas	52
Tabla 26 Desperdicio de mano de obra en hormigón en vigas	52
Tabla 27 Desperdicio de mano de obra en hormigón en vigas	52
Tabla 28 Porcentajes de desperdicios de mano de obra y de materiales en hormigón	53
Tabla 29 Porcentajes de desperdicios de mano de obra y de materiales en cemento	53
Tabla 30 Porcentajes de desperdicios de mano de obra y de materiales en bloques	53
Tabla 31 Porcentajes de desperdicios de mano de obra y de materiales en cerámica	54

RESUMEN

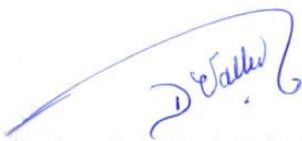
La industria de la construcción al ser una de las actividades más competitivas, requiere un análisis profundo de lo que se está realizando en cada una de las etapas, respecto a temas de control de calidad y productividad, utilizando de manera eficiente cada uno de los recursos ya sean materiales o humanos, y así reducir pérdidas por tiempos mal invertidos. La presente tesis tiene como finalidad verificar si existe relación entre los desperdicios de materiales y desperdicios de mano de obra, aplicando herramientas basadas en la filosofía de Lean Construction y experiencias de otros autores. Para lograr este objetivo se seleccionó el proyecto de construcción de siete viviendas rurales, de iguales características para hacer comparaciones. Se realizaron observaciones durante un período de dos meses en obra, en los que se recopilaban datos de productividad de los obreros y desperdicios de los materiales. Diversas actividades en obra fueron analizadas, entre ellas, el vertido de hormigón, colocación de mampostería y colocación de cerámica. El análisis de los datos evidenció problemas de productividad y pérdidas materiales, además se demostró que no existe relación entre las dos variables por razones que se muestran en el siguiente estudio.

Palabras clave: desperdicio de materiales, desperdicio de mano de obra

ABSTRACT

The Construction industry being one of the most competitive activities requires a depth analysis of what is being done in each step, regarding issues of quality control and productivity, using efficiently the resources, whether material or human in order to reduce by preventing losses due the invest time in it. The following research is meant to be a contribution to verify if there is a relationship between waste materials and waste of workforce, applying tools about the philosophy of Lean Construction and the experiences of other authors. In order to achieve this objective, the project of the construction of seven rural houses of same characteristics were selected to make comparisons. Observations were made during a period of two months of building, in which data were collected worker's productivity and material waste. A range of activities were analyzed on building, including concrete discharge, masonry and fixing the ceramic. The analysis of the information evidencing of productivity problems and material losses, also it has demonstrated that there is no relation between the two variables for reasons that are shown in this case study.

Keywords: waste materials, waste workforce


Reviewed by: Doris Valle V.



1. INTRODUCCIÓN

La ejecución exitosa de un proyecto de construcción requiere que todos los recursos sean administrados de manera efectiva, pero especialmente los materiales ya que constituyen la mayor parte, tanto en cantidad como en costo, de los recursos que se utilizan. (Almeyda V & Serrano D, 2010).

Reducir la cantidad de material utilizado en obra no implica necesariamente colocar menos material que lo necesario o especificado para el proyecto, por el contrario, se refiere a no comprar material en exceso que a la larga podría terminar siendo eliminado debido a la inexperiencia de los trabajadores, a que se dañe por exceso de manipulación, que se pierda, etc. (Almeyda V & Serrano D, 2010).

Una manera de identificar desperdicios es mediante el control de las pérdidas o desperdicios de materiales y mano de obra que, ya sea por las malas prácticas constructivas o a mano de obra no calificada afectan directamente el desempeño de la obra en ejecución. (Almeyda V & Serrano D, 2010).

Desde el punto de vista de la filosofía Lean Construcción el desperdicio es importante en toda pérdida que genera costo, pero que no agrega valor al producto desde el punto de vista al cliente. Las Construcciones Lean se basan en tres principios:

1. Una filosofía que orienta a la gestión y la estrategia global.
2. Tecnologías y herramientas que apoyan la implementación de los principios de esta filosofía.
3. La creación de una cultura que facilita que las personas sostengan la implementación. (Pons, 2014).

1.1 Planteamiento del problema y justificación

La industria de la construcción va creciendo de manera progresiva, y a la par la generación de residuos. Tal circunstancia, genera problemas debido a la gestión administrativa, que dirige a cuadrillas de obreros con poca experiencia en la construcción, utilizando equipos y materiales de manera inadecuada.

Una inadecuada planificación de los trabajos, producen tiempos muertos que alargan la ejecución de la obra; sin embargo, hay propuestas de solución a esta problemática en la construcción, como los principios de Lean Construction (LC), orientados a diseñar sistemas de producción para minimizar el desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzo para generar la máxima cantidad posible de valor, sin embargo las investigaciones en Lean Construcción se han centrado más en aspectos técnicos y comerciales que en aspectos sociales, estudios recientes han despertado el interés en diversos aspectos sociales, el desarrollo de las personas, la transformación y la cultura.

Más allá que el desperdicio de materiales sea un problema técnico, puede ser un problema cultural que involucra costumbres creencias y valores propios de cada región, generando aumento en costos de materiales y mano de obra.

La mayoría de las empresas le dan más importancia a la planeación del tiempo y de los materiales, dejando de lado la mano de obra y la maquinaria, porque el tiempo y los materiales son los que con más frecuencia les ocasiona problemas, sin embargo, no se han fijado que el posible incumplimiento en el plazo de ejecución de sus obras se deba a la inoperancia de la mano de obra.

Alarcón (2002), Koskela y Howell (2002) y Botero (2003), han realizado estudios sobre la productividad de mano de obra en la construcción, a la vez Pinto (1989), Formoso (1999) y Galarza (2011) en estudios de desperdicios de materiales. A pesar de que Koskela (2002),

menciona que la construcción debería verse como un conjunto de flujo de procesos, donde se pudieran introducir inspecciones en cada uno de los subprocesos, en lugar de abarcar al menos estos dos tipos de desperdicios de manera global, el problema de desperdicio se ha abordado como componente aislado.

Estudiar desperdicios en la industria requiere un poco más de análisis, si se considera que podría haber un comportamiento de la industria hacia el desperdicio, es probable que las actitudes y comportamiento de la gente difieran entre las diferentes organizaciones de acuerdo con su cultura y las políticas de gestión de residuos en la industria de la construcción. (Teo & Loosemore, 2010). Además de la actitud de la industria hacia el desperdicio podría estar condicionado por factores individuales e incluso contractuales en obras de construcción en países en desarrollo donde se requieren herramientas de administración más efectivas para reducir desperdicios. (Venegas & Alarcón, 2012). Las herramientas de planificación han ayudado a reducir desperdicios de toda clase, como por ejemplo, Last Planner System, una de las herramientas dentro de Lean Construction, reduce el desperdicio mediante la minimización de tiempos, información o materiales de reserva, los tiempos empleados revisando información, materiales para que se cumplan los requerimientos, y el tiempo gastado moviendo información o materiales de un trabajador al siguiente, este sistema se aplicó en Medellín para edificaciones de gran magnitud obteniendo resultados efectivos en el mejoramiento de la productividad. (Botero, 2006).

Tomando en cuenta estos aspectos se formula la siguiente pregunta de investigación, ¿Existe relación directa entre el desperdicio de materiales y el desperdicio de mano de obra en la ejecución de los proyectos de construcción? Este estudio puede servir como una base de datos para la Dirección de Gestión Ambiental y Comisaría de Construcciones con el objetivo de que el

desalojo de desechos en edificaciones sea controlado, y en un futuro se tengan porcentajes menores a los expuestos en esta investigación, a la vez que el ingeniero o arquitecto disminuya las pérdidas en construcciones, mejorando los procesos constructivos e incrementando la productividad en sus trabajadores.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Establecer si existe relación entre los desperdicios de materiales y mano de obra en los proyectos de construcción.

3. MARCO TEÓRICO

La presente sección informa a los lectores la revisión literaria de desperdicio de materiales y desperdicio de mano de obra, recolectada a partir de las investigaciones de diversos autores como Formoso (1996), Ghio (2001), Alarcón (2002), Bujele (2012), Botero (2002), con el fin de crear una base teórica importante para la mejor comprensión de la presente investigación.

Los autores mencionados generalizan el concepto de desperdicio, Formoso (1996) define que desperdicio es toda ineficiencia que se refleja en el uso de equipos, mano de obra y materiales en cantidades mayores a aquellas necesarias para construcción de una edificación, por otra parte, Ghio (2001) menciona como desperdicio a toda aquella actividad que tiene costo pero que no agrega valor al producto final.

Alarcón (2002), conceptualiza el término de pérdidas, como todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto, ejemplos de pérdidas en los procesos de la construcción son: las esperas ocasionadas por la falta de instrucción, de materiales, interferencias, etc., los transportes innecesarios de materiales, equipos y obreros, por mala distribución de los recursos o ausencia de planificación; el tiempo ocioso por actitudes del trabajador, reprocesos por actividades mal ejecutadas o dañadas por otras cuadrillas de trabajo, entre otras.

Además, Galarza (2011) define desperdicio de materiales a todo consumo de recurso material en cantidades mayores a las necesarias para la elaboración de un producto de construcción, de acuerdo a las especificaciones reflejadas en los documentos técnicos o a los criterios establecidos por los encargados de la obra.

Tomando como referencia los autores mencionados asumimos la definición de que los desperdicios de los materiales son las pérdidas generadas por desmonte, mala manipulación,

mezclas en exceso, cortes inadecuados y a la no reutilización de los materiales, generando residuos en volúmenes notorios.

Los desperdicios tienen una serie de características significativas que pueden determinar la forma en que se los clasifica.

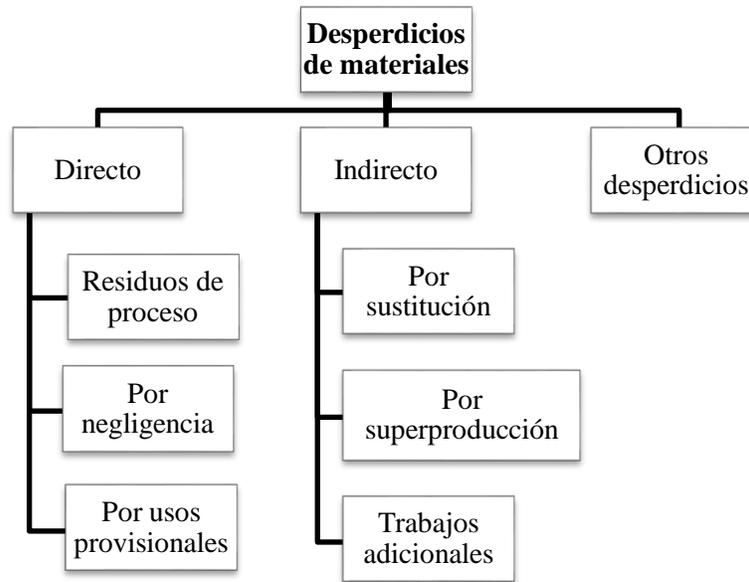


Figura 1: Clasificación de desperdicio de materiales

Fuente: Adaptado de Galarza, M. Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: Métodos de medición y control. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011

La figura 1 explica la clasificación de desperdicio de materiales según Galarza (2011), que los reúne en tres grupos, el desperdicio directo es el residuo de materiales que se eliminan en la obra como desmonte, el desperdicio indirecto son los materiales que se incluyen dentro de la obra sin que estén indicados en los documentos técnicos del proyecto, y otros desperdicios que son los causados por motivos extraordinarios como robo, vandalismo, etc.

Dentro del desperdicio directo existe tres sub-categorías, la primera es el desperdicio por residuos de proceso que se refiere a todo material sobrante que genera los procesos constructivos, a manera de ejemplo se puede mencionar los restos de ladrillo que se producen al cortar las unidades para modular el muro, los saldos de mortero que sobran al final de la jornada

porque se preparó excesivo material, la segunda se refiere a las pérdidas directas por negligencia que son materiales desperdiciados debido a malas prácticas en el manejo del mismo como cemento que se malogra por almacenarlo en zonas húmedas o ladrillos rotos por apilarlos de manera inadecuada y finalmente los materiales desperdiciados debido a usos provisionales que son todos aquellos materiales que no se encuentran cumpliendo las funciones para las que fueron diseñadas, en este caso lo reflejan los ladrillos que se usan como bancos, encofrados utilizados como mesa, etc. (Galarza, 2011).

Los desperdicios indirectos según Galarza (2011) se clasifican en tres sub-categorías, la primera se denomina desperdicio por sustitución, ocurre cuando se utiliza un material de mayor calidad en remplazo de otro sin sustento técnico, un ejemplo típico es utilizar acero de diferente diámetro al especificado debido al agotamiento del material en obra y no se puede esperar a la llegada de una nueva entrega, la segunda comprende al desperdicio por superproducción esta situación se da cuando se fabrica un producto final de dimensiones mayores a las solicitadas por los documentos técnicos, por ejemplo tarrajeo de mayor espesor, vaciado de concreto de mayor espesor, malla de acero armada con una separación menor, y la tercera se da por trabajos adicionales que son consumos de materiales generados debido a actividades que no se consideraron inicialmente en el proyecto pero que sin embargo deben ejecutarse para completar los trabajos solicitados, por ejemplo se incluye a los retrabajos, resanes, etc.(Galarza, 2011).

Varios autores toman en cuenta los materiales más valiosos utilizados en obra para determinar las posibles causas de los desperdicios: entre ellos el concreto premezclado, donde Soibelman (1993) propone cuatro posibles causas de desperdicio para este material. La primera causa es la diferencia entre la cantidad entregada y la solicitada lo cual se da por fallas en los sistemas de calidad de los proveedores, la segunda causa es el uso de los equipos en mal estado (bombas,

encofrados, tuberías) que facilitan la filtración del material, la tercera causa se da por los pedidos excesivos por parte del constructor y finalmente la última causa se da por espesores excesivos de los elementos estructurales esto se debe a la falta de control durante la colocación de encofrados o puntos de referencia; para enlucidos en general Ghio (2001) y Soilbelman (1993) indican que la causa principal de desperdicio se da por la colocación de capas de mayor espesor al especificado en el proyecto tales como revestimiento de muros, cielo raso, asentamiento de ladrillo o bloques, etc. y utilizados para reparar irregularidades, modificaciones o retrabajos que son muy comunes en albañilería. En mampostería los desperdicios se encuentran en diferentes condiciones de recepción y almacenamiento y por otro lado el corte de las unidades en obra para obtener medios o tercios de piezas que se debe a la poca o nula modulación de los muros de albañilería, con relación a la recepción de ladrillos Formoso (1999) determinó que existe el 8.5% de desperdicio y 5.6% de desperdicio en corte de ladrillos. Los desperdicios en cemento se deben a las condiciones de almacenamiento del material y en el acero el principal motivo de desperdicio es el corte de varillas para la fabricación de piezas de acuerdo a las dimensiones establecidas en el proyecto (Formoso, 1999).

Existen diferentes estudios donde indican porcentajes de desperdicios de los materiales más relevantes de la obra una de ellas es la investigación realizada por Rumak, Martinez, & Bogado, (2015), donde determina que el desperdicio de hormigón elaborado en situ varía entre 3% y 16%, dichos desperdicios se producen principalmente por la mala elaboración del encofrado de dimensiones mayores y a la elaboración en exceso de hormigón. Por otra parte en un estudio realizado de dos edificios en Quito por Andrade & Coba (2013), obtienen desperdicios en cemento de 8.65% en el edificio E1 (Fernández – Nicolalde) y de 7.20 % en el edificio E2 (FRAGO), mientras que Plazola (2001) menciona que en cerámica existe un 5% de

desperdicios y en bloques de mampostería existe un 7% de desperdicio, dependiendo del tipo de material, equipo de instalación y mano de obra calificada.

La mano de obra es uno de los componentes en el proceso productivo y a su vez una de las variables que afectan la productividad, el objetivo de muchas empresas es ser más competitivos para lo cual requieren mejorar la productividad de sus procesos constructivos, la productividad de mano obra es un factor crítico ya que es el recurso que generalmente fija el ritmo de trabajo en la construcción y del cual depende en gran medida la productividad de otros recursos. (Serpell, 2002).

La productividad de la mano de obra comprende rendimientos de cada trabajador y consumos de mano de obra de diferentes procesos de producción, refiriéndonos a consumo de mano de obra, la eficiencia en la productividad puede variar en un amplio rango que va desde el 0%, cuando no se realiza actividad alguna, hasta el 100% cuando presentan la máxima eficiencia teórica posible. (Botero, 2002)

La productividad no se puede concebir sin que exista un alto estándar de calidad, es decir la productividad involucra eficiencia y efectividad (Serpell, 2002), sin embargo, Bujele (2012), menciona que la productividad es una relación entre lo que se gasta y lo que se produce para realizar una acción.

Según Serpell (2002), existe tres factores básicos e importantes que afectan la productividad de la mano de obra, una de ellas es cuando el obrero no desee realizar un buen trabajo, cuando el obrero no sabe hacer un buen trabajo o si el obrero no puede realizar un buen trabajo, cualquier factor presente en la obra hace que la productividad de la mano de obra sea afectada, mientras que Botero (2002) menciona que los factores que afectan la productividad de cada proyecto en ejecución es diferente y se realiza en diversas condiciones los cuales influyen

positiva o negativamente en los rendimientos y consumos de mano de obra tomando en cuenta siete factores de afectación más vulnerables que son:

La economía general que se basa en la disponibilidad de mano de obra, supervisores e insumos; aspectos laborales que comprende al tipo de contrato, incentivos, ambiente de trabajo, seguridad social, seguridad industrial; clima para una buena labor de mano de obra dependiendo el estado de clima, temperatura, condiciones de suelo y en casos necesarios las cubiertas; actividad que comprenden factores como riesgo, discontinuidad, orden y aseo, etc; equipamiento dentro del lugar del proyecto en ejecución debe constar equipo necesario, mantenimiento, elementos de protección; supervisión, considera factores como criterios de aceptación, instrucciones, seguimiento, supervisor, gestión de calidad para una buena productividad esperada; trabajador que toma en cuenta la situación personal, ritmo de trabajo, habilidad, conocimientos, desempeño y actitud de los trabajadores. (Buleje, 2013).

Considerando las definiciones de productividad de mano de obra y las posibles causas de improductividad anteriores asumimos la siguiente definición para desperdicio de mano de obra, siendo toda pérdida que involucra tiempos improductivos en la etapa de construcción, generada por el número de obreros que forma una cuadrilla, la inexperiencia y por la administración del proyecto.

Para la medición de productividad de mano de obra es necesario obtenerlos mediante observaciones constantes en el sitio de obra, para ello se tomó en cuenta la técnica de Balance de Cuadrillas (Crew balance) que es una de las herramientas de Lean Construcción que considera actividades como inspecciones, transporte y espera, buscando cuantificar pérdidas para después eliminarlas. (Buleje, 2013).

El método balance de cuadrillas, muestra una serie de posibilidades de distribuir los recursos de mano de obra o bien, de maquinaria, tales que, resultan de beneficio para la productividad de la construcción. (Leandro, 2008).

Dentro de la técnica de balance de cuadrillas existen tres categorías de trabajo los cuales definen el desempeño y nivel de productividad de cada trabajador.

Trabajo productivo (TP). Corresponde a actividades que agregan valor, por las que el cliente paga como ejemplo la colocación de bloques, enconfrado, etc; trabajo contributivo (TC) son actividades de apoyo necesarias para ejecutar los trabajos que agregan valor por ejemplo el transporte, orden y limpieza, instrucciones, etc. y trabajos no contributivo (TNC) son aquellas actividades que no agregan valor a la producción y son considerados como perdidas ejemplo considerados son los tiempos ociosos, descansos, esperas, etc. (Buleje, 2013).

Las tres categorías de trabajo en productividad de mano de obra han sido utilizada en estudios anteriores, en el libro de Administración de Operaciones de Construcción presentado por Serpell (2002) establece porcentajes óptimos en niveles de productividad, TP con 60%, TC 25% y TNC 15%, estos valores son tomados en los seguimientos continuos de trabajos en diferentes categorías y aplicados a sistemas de mejoramiento de la productividad por la Universidad Católica de Chile en 30 obras, lo cual ha permitido que dicho autor establezca valores óptimos que constituyan una meta general para las obras, sin embargo estudios realizados en Chile por Serpell (2002), indica un TP de 38%, TC 35% y TNC 26%, por otro lado en Colombia, Botero (2002) obtiene un TP de 49%, TC 28% y TNC 23%, y finalmente en Perú, Vásquez (2005), en su estudio indica un TP de 30%, TC 44% y TNC 25%, comparando la distribución de los tiempos por actividades y oficios.

Una investigación desarrollada por Galarza (2011), determina porcentajes de productividad de mano de obra y desperdicio de materiales, seleccionando al ladrillo como material más representativo en la etapa de albañilería que genera mayor volumen de desmonte. Evalúa las unidades de ladrillo “King Kong” de 18 huecos de dimensiones 9cm x 12cm x 23cm que se utilizaron para la construcción de muros de albañilería, cuantificando al corte de unidades como la principal causa de desperdicio ya que los operarios tienden a romper los ladrillos para obtener piezas más pequeñas que permiten rematar las hiladas de los extremos de la pared.

Tabla 1

Porcentaje de desperdicio en el asentado de ladrillo

Desperdicio de material ladrillo	
Ladrillos enteros consumidos	55.00
Ladrillos partidos usados	2.67
Ladrillos partidos consumidos	3
Total ladrillos consumidos (Unid)	58
Total ladrillos usados	57.67
Desperdicio (%)	0.58%
Ladrillos consumidos/m ²	37.57
Ladrillos colocados/ m ²	37.35

Fuente: Adaptado de Galarza, M. Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: Métodos de medición y control. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011

Galarza (2011) realiza dos formas de medición de desperdicio de ladrillo, la primera es el corte de ladrillos manual donde obtiene como desperdicio un 8.70%, en la intervención de mejoras de proceso reduce el desperdicio a un 0.58% utilizando la amoladora para su respectivo corte.

El corte de ladrillos genera mayor cantidad de residuos, Galarza (2011) verifica el impacto del desperdicio de materiales sobre la mano de obra realizando una medición de niveles

de actividad del proceso normal de asentamiento de ladrillo obteniendo los siguientes resultados, que se muestran en la figura 2:

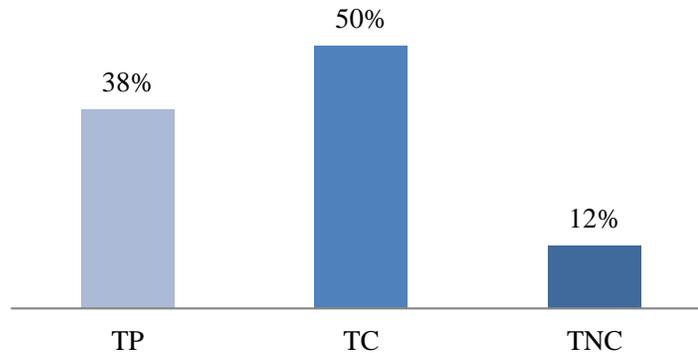


Figura 2: Nivel de cuadrilla de asentado de ladrillo

Fuente: Adaptado de Galarza, M. Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: Métodos de medición y control. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011

El corte de ladrillos realizados con la amoladora indica que no existe alto porcentaje de desperdicio por lo que se obtienen piezas con medidas requeridas para los extremos de cada hilada, al realizar el corte con amoladora los operarios incrementan su trabajo productivo (mayor cantidad de tiempo asentado ladrillos) que traspasan los trabajos de corte de ladrillos a los ayudantes, quienes a su vez reemplazan trabajo no productivo en trabajo contributivo.

Galarza determina los porcentajes de desperdicios de materiales y mano de obra en ladrillos de manera individual, sin embargo, no realiza una relación entre estos desperdicios. Investigaciones realizadas en Brasil indica que en una edificación existe desperdicio de 30% de los recursos invertidos en productividad, esto se debe a la mala calidad de trabajos, retrabajos, errores en los procesos, diseños ineficientes, etc. Sin embargo, en Perú en el año 2007 Manuel Wu realizó informes de productividad mediante carta balance, obteniendo poca información sobre el control de materiales.

Tabla 2

Incidencia de los recursos en la obra

Productividad	
Mano de obra	22%
Materiales	28%
Equipos	22%
Subcontratos	16%
Costos Indirectos	12%
Total	100%

Fuente: Adaptado de Galarza, M. Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: Métodos de medición y control. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011

En relación a la tabla 2 la principal incidencia en el valor final de las obras es el costo de los materiales superando al costo de la mano de obra, Galarza (2011), menciona que los materiales como recurso son iguales y en muchas ocasiones más valiosas que la mano de obra.

En Estados Unidos los contratistas invierten en herramientas, en equipos y utensilios sofisticados, así como en la capacitación para la correcta operación de éstos, con el objetivo de compensar el alto costo de su mano de obra que equivale a 20 dólares por hora; de esta manera, logran que una, dos o hasta tres personas hagan cierto trabajo de forma eficaz y eficiente. En México, es probable que el mismo trabajo se realice con el doble o triple y, en ocasiones, hasta el cuádruple de personal y usando escasa herramienta, con un nivel de operación de 50 a 75 % de su capacidad óptima (en el mejor de los casos) y sin capacitación del personal para su uso y cuidado, la mano de obra tiene un costo de 2.80 dólares la hora. En Ecuador un maestro mayor cobra 3.82 dólares la hora en condiciones similares a México.(Muñoz, 2016).

El desperdicio puede basarse en un tema cultura lo que atribuye al despilfarro que viene dado por la propia ineficiencia de la producción, es decir por la desproporción entre la

abundancia de los medios empleados y los resultados conseguidos, lo que se traduce en forma de gastos inútiles.(Clarín, 2003).

Después de la revisión literaria de autores mencionados anteriormente acerca del tema en estudio se ha llegado a formular la hipótesis de que si existe relación directa entre el desperdicio de materiales y el desperdicio de mano de obra en los proyectos de construcción. Las variables a estudiarse son el desperdicio de los materiales y el desperdicio de la mano de obra.

4. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión bibliográfica utilizando como fuentes artículos científicos, muchos de estos encontrados en la base de datos del Grupo Internacional para Lean Construction (IGLC) y en repositorios digitales de universidades, con el objetivo de obtener información de la metodología a emplearse para cuantificar tanto los desperdicios de mano de obra como de materiales.

Para realizar comparaciones en el desperdicio de los materiales tomamos en cuenta varios aspectos, como construcciones de similar extensión y altura, con plantas arquitectónicas de igual tipo, cuyos procesos constructivos sean semejantes, de esta forma nos aseguramos que se utilicen los mismos materiales y obtener desperdicios con las mismas características.

La investigación fue un estudio de caso que comprendió siete viviendas rurales tipo MIDUVI, el contrato en ejecución establece una duración de 75 días calendario.

El administrador del proyecto realizó el contrato con los obreros de que el pago se realizaría por avance de obra, también existió la contraparte de los dueños de casa en la mano de obra, es decir el contratista cancelaba directamente a los obreros, sin embargo, los dueños de casa aportaban con ayudantes durante las fundiciones, acarreo de material, desmonte de bloques, cerámicas y cemento.

Para seleccionar los materiales a ser controlados en obra nos basamos en dos criterios, el primero se refiere a los residuos de materiales que son eliminados en mayor volumen ver figura 3, y el segundo lo realizamos en función al presupuesto del proyecto, es decir cuyos rubros tenían mayor incidencia en el costo de la obra.(Galarza, 2011) ver figura 4.



Figura 3: Residuos sólidos generados por las viviendas

Fuente: Elaboración propia

Las imágenes muestran que los materiales que generaron mayor cantidad de residuos fueron los bloques utilizados para la mampostería, pues las unidades eran cortadas y algunas de éstas reutilizadas; el hormigón que sobraba al terminar la fundición y que no puede ser reutilizado en otro elemento constructivo, así como también los cortes de cerámica que al igual que los bloques los sobrantes se deben a los cortes que no han sido reutilizados, adicionalmente existen escombros de sacos de cemento ocupados para las fundiciones y para el mortero de la mampostería. No se pudo apreciar residuos provenientes de varillas debido a que las cadenas, columnas, y vigas eran de igual sección (0,15 x 0,15m) y se las distribuyeron a cada una de las viviendas previamente armadas, por lo que los albañiles únicamente tenían que colocarlas y amarrarlas. Tampoco hubo desperdicios de vidrios, cubiertas, y correas ya que fueron cortadas de

acuerdo a los planos y se entregaron únicamente para su colocación; los encofrados que se utilizaron eran de madera, no se pudo determinar desperdicio, porque eran de 3 usos.

El siguiente análisis comprendió en verificar qué rubros eran los más costosos en relación al presupuesto general de la obra. La figura 4 nos muestra los porcentajes de incidencia de cada rubro ejecutado en obra:

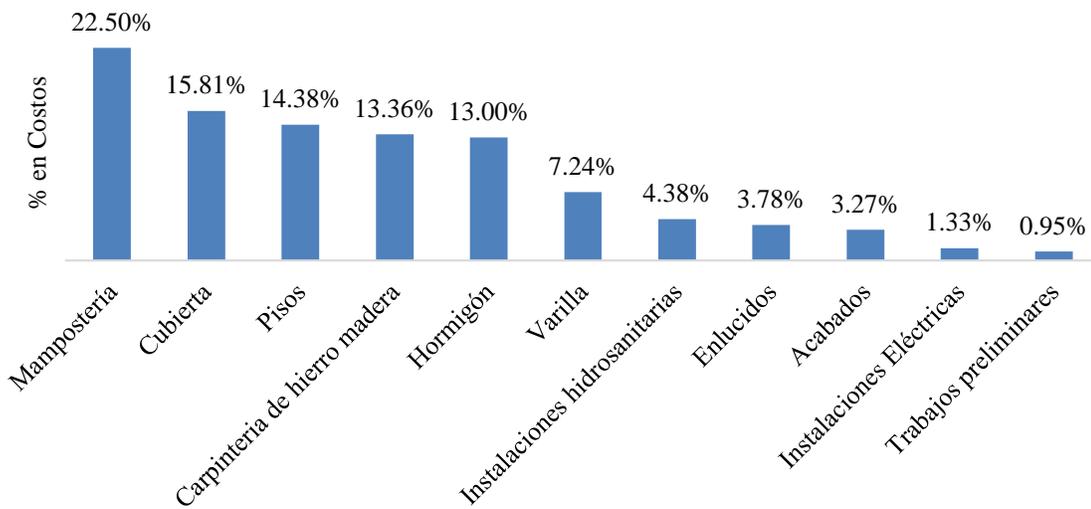


Figura 4: Distribución de los costos en relación al presupuesto general

Fuente: Elaboración propia

Los rubros de mayor impacto son la mampostería debido al costo de la colocación del bloque; pisos, que forma parte el contrapiso y la cerámica; y el hormigón, con los elementos constructivos en replantillo, plintos, cimientos, cadenas, columnas, vigas y dinteles. A pesar de que los rubros de cubierta, carpintería de hierro madera son de costos elevados, al almacenarlos de manera correcta, no se producen desperdicios, de igual forma ocurre con los porcentajes minoritarios.

Bajo estas dos premisas los rubros que se estudiaron en la investigación fueron los siguientes el hormigón, bloques y cerámica, debido a la cantidad de desperdicios que generaron y a sus elevados costos en obra, adicionalmente, estudiamos la cantidad de sacos de cemento, al ser

un material costoso que forma parte de la mezcla del hormigón e indispensable para cada una de las fundiciones, enlucidos y morteros.

Para la medición de desperdicio de materiales tomamos como referencia la clasificación en desperdicios según el autor Galarza (2011), nos centramos en recopilar información en pérdidas por proceso, negligencia y superproducción ya que estos fueron los que ocasionaron mayores desperdicios en obra.

A continuación, mostramos la manera en que se midieron en los materiales seleccionados:

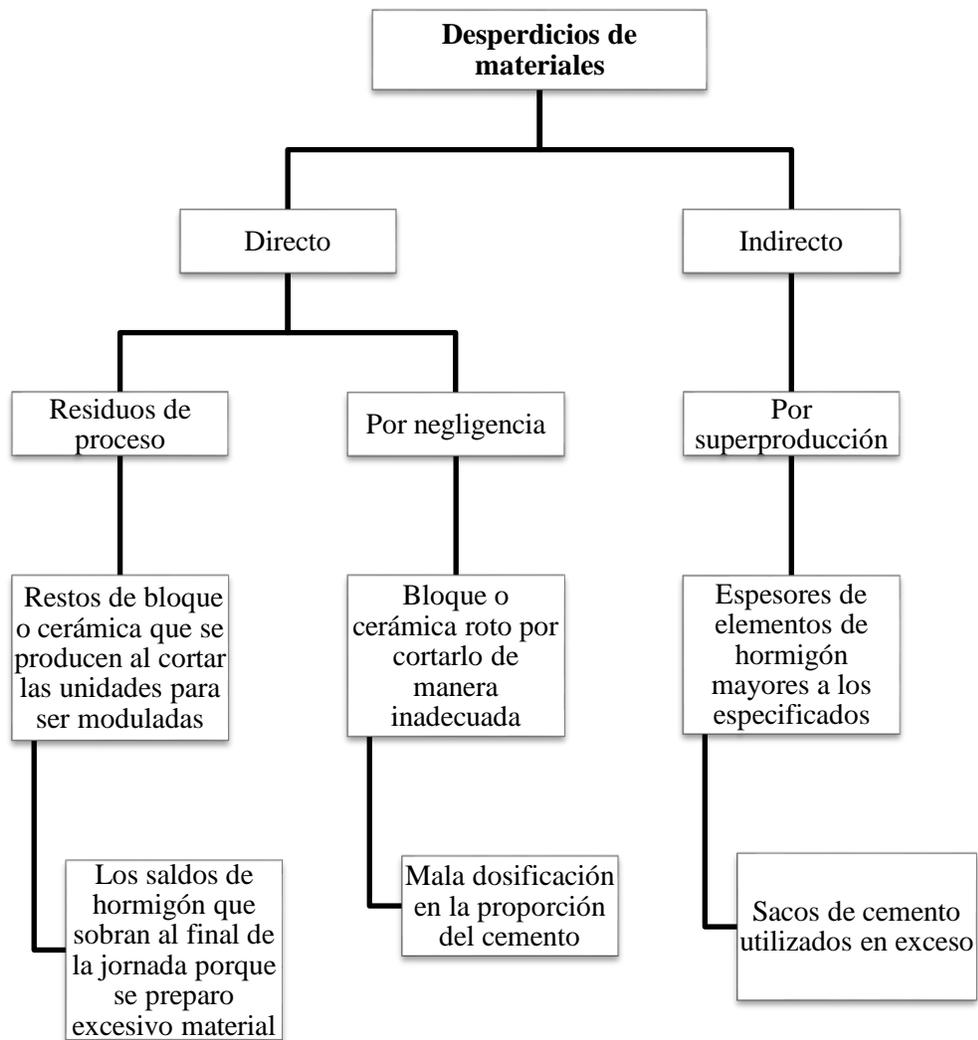


Figura 5: Clasificación de desperdicio de materiales

Fuente: Elaboración propia

Para obtener el desperdicio de hormigón al finalizar la fundición recolectamos los sobrantes en recipientes que forman parte de las herramientas menores, a fin de determinar su volumen para cálculos posteriores, también se determinó el volumen total de los elementos de hormigón según los planos, corroborando sus dimensiones una vez fraguado el hormigón, como lo observamos en la figura 6:



Figura 6: Medición de desperdicios de hormigón

Fuente: Elaboración propia

Mediante conteo en el momento de la fundición obtuvimos la cantidad de sacos que el constructor asignaba para cada actividad, y por ende la cantidad que realmente se ocupaba en obra. Así lo demostramos en la figura 7:



Figura 7: Medición de desperdicios de cemento

Fuente: Elaboración propia

Para determinar los desperdicios de bloques y cerámica se contabilizaron las fracciones de estos materiales que se cortaban para ser modulados, las unidades enteras y los desperdicios o piezas inservibles, teniendo en cuenta la cantidad de material que fue dada a cada casa en construcción, tal como se observa en las figuras 8 y 9:



Figura 8: Medición de desperdicios de bloque

Fuente: Elaboración propia



Figura 9: Medición de desperdicios de cerámica

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de porcentajes adoptamos la metodología planteada por Galarza (2011) en desperdicio de ladrillo, y las fórmulas que plantean Andrade y Coba (2013) en desperdicios de diferentes materiales. La primera de las fórmulas es para obtener el desperdicio teórico y la segunda el desperdicio real, como se muestra a continuación:

$$\% \text{ Desperdicio teórico} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

$$\% \text{ Desperdicio real} = \frac{C-B}{C} \times 100,$$

Dónde,

A es la cantidad necesaria del material en base a las dimensiones establecidas en los planos estructurales

B es la cantidad real de material utilizada en obra y

C es la cantidad de material distribuida para cada vivienda.

Por otro lado, para el desperdicio de la mano de obra se registraron las actividades que involucró la ejecución del material seleccionado, las mediciones las realizamos de manera aleatoria, desde un lugar alejado de las construcciones para no interferir o entorpecer las labores de los trabajadores y así evitar recolectar medidas erróneas a causa de un descuido.

El trabajo en esta etapa consistió en medir los tiempos de ejecución de tareas y movimientos de cada trabajador que formaba parte de la cuadrilla, y de esta manera clasificar las labores de acuerdo al tipo de trabajo (TP, TC, TNC), para identificar pérdidas en algún proceso, como se muestra en la figura 10:



Figura 10: Medición de los tiempos de acuerdo al tipo de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Recolectamos esta información empleando la técnica de Balance de Cuadrillas, para la cual se diseñaron formatos de trabajo basadas en los requerimientos de esta metodología. Dentro del formato incluimos información como las actividades a desarrollarse, la fecha, la hora de inicio y de finalización, condiciones climáticas, el número de trabajadores de cada cuadrilla, el equipo que se ha utilizado y el número de observaciones, pues se trataba de obtener más de 385 observaciones para garantizar que los datos tengan validez. Adicionalmente se consideró un espacio para sumar parcialmente los TP, TC, y TNC, que se habían medido durante la jornada. (Ver anexo 1).

Para el procesamiento de datos se cuantificaron los porcentajes de desperdicios de materiales y además los tipos de trabajo, de estos últimos datos tomamos los TNC como los porcentajes de desperdicios de mano de obra de cada construcción.

Con estos valores realizamos el análisis estadístico, en R, que es un software libre. Para decidir el tipo de análisis de correlación se comprobó si los pares de datos corresponden a una distribución normal, para lo cual utilizamos el test de normalidad de Shapiro – Wilk, para muestras pequeñas menores a 50 datos (Espejo et al., 2007). Este test parte de la hipótesis nula

que la muestra proviene de una población normalmente distribuida, si el p-valor es menor al nivel de significancia (0.05) entonces la hipótesis nula es rechazada y por lo tanto los datos no siguen una distribución normal (Espejo et al., 2007)

En la sección de resultados y discusión, página 35 se elaboró un diagrama de dispersión de los puntos y comprobamos si existe relación entre los desperdicios de materiales y de mano de obra, para esto utilizamos el método no paramétrico del test de Spearman, cuyo coeficiente de correlación (r) oscila entre -1 y +1 que muestra la máxima correlación, y el valor de 0 que indica que no existe asociación lineal entre las dos variables en estudio. Adicionalmente calculamos el p – valor, si éste es menor al 5% se considera que si existe relación entre las variables (Martínez, Tuya, Martínez, Pérez, & Cánovas, 2009). La escala de interpretación de los coeficientes r se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3

Interpretación del coeficiente de correlación r

Rango	Escala
0 - 0.25	Escasa o nula
0.26 - 0.50	Débil
0.51 - 0.75	Entre moderada y fuerte
0.76 - 1.00	Entre fuerte y perfecta

Fuente: Adaptado de Martínez, Tuya, Martínez, Pérez, & Cánovas. El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman: Caracterización. Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, 2009.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en porcentajes de desperdicio de materiales se muestran en las siguientes gráficas de cada una de las viviendas:

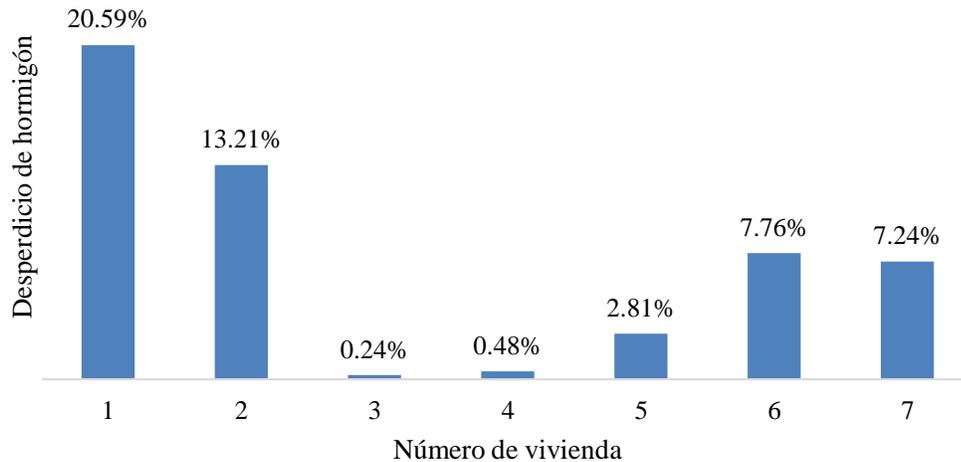


Figura 11: Porcentaje de desperdicio del material en hormigón

Fuente: Elaboración propia

Con relación a la figura 11, el desperdicio de hormigón de la vivienda uno presenta mayor porcentaje con relación al 16% hallado por Rumak, Martinez, & Bogado (2015) esto se debe a la mezcla de hormigón en exceso y debido a que los elementos estructurales son de dimensiones mayores a las solicitadas en los planos, sin embargo, en la vivienda tres y cuatro los desperdicios son bajos, debido a la supervisión diaria del maestro mayor y las dimensiones de los elementos no varían a los requeridos en los planos, además que la mezcla de hormigón preparada in situ no fue en exceso. De acuerdo a Soilbelman (1993), la colocación de capas de mayor espesor al especificado en el proyecto es la principal causa de desperdicio en hormigón como sucedió en las viviendas uno, dos, cinco, seis y siete en los elementos estructurales.

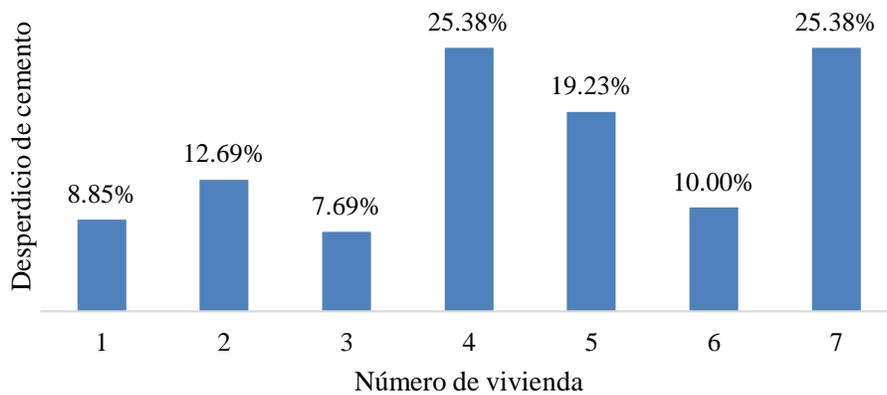


Figura 12: Porcentaje de desperdicio del material cemento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 el cemento en general indica mayor porcentaje de desperdicio con relación a 7.20% hallado por Andrade y Coba (2013) en su estudio, sin embargo, en las viviendas cuatro y siete los desperdicios son altos, debido a que la dosificación no fue el indicado por el contratista y por la intervención de los dueños de casa al manifestar que a mayor cantidad de cemento mayor resistencia, no sucedió de igual manera en la vivienda tres donde el desperdicio de cemento es bajo por la utilización de menor cantidad de cemento y mayor cantidad de agregados en la mezcla, disminuyendo la resistencia requerida.

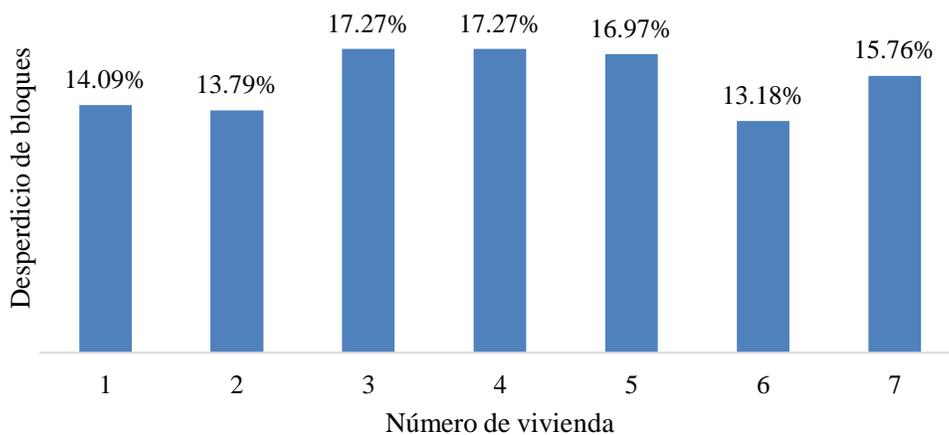


Figura 13: Porcentajes de desperdicio del material en bloques

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 los desperdicios de bloque en todas las viviendas son altos con relación a los porcentajes de desperdicios hallados por Plazola (2001) del 7%, de igual forma estos porcentajes de desperdicios se encuentran por encima del 0.58% hallado por Galarza (2011), esto se debe a que los cortes de bloques sobrantes no fueron reutilizados y algunos días por falta de energía eléctrica los cortes fueron realizados manualmente

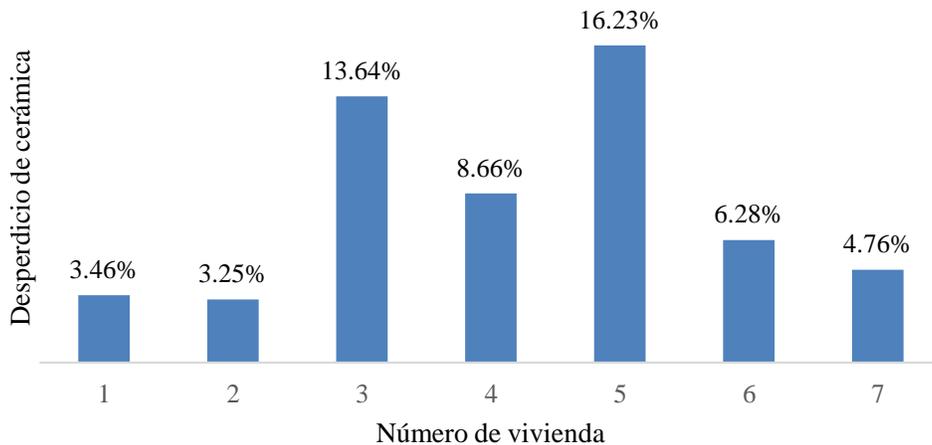


Figura 14: Porcentajes en desperdicio del material en cerámica

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 los desperdicios de cerámica en las viviendas tres y cinco presentan mayor desperdicio con relación a las demás casas y se encuentran por encima del 5% hallado por Plazola (2001), atribuidos a la no reutilización de los pedazos sobrantes y por las unidades completas sobrantes que fueron reemplazadas por material de mejor calidad, mientras que en la vivienda dos el desperdicio es bajo debido a la experiencia en acabados por parte del obrero

A continuación, se muestran los porcentajes de productividad de mano de obra de cada uno de los materiales en estudio, resumido de las 7 viviendas:

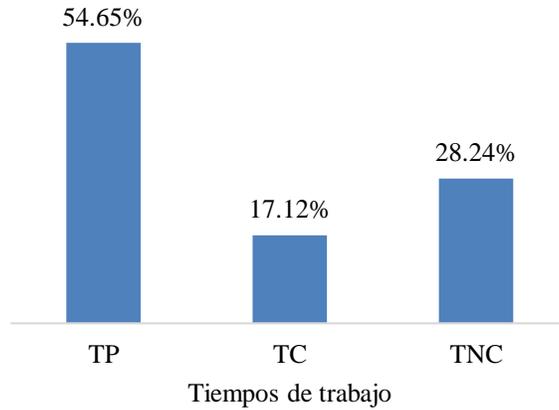


Figura 15: Productividad de mano de obra en hormigón

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 comparando con los porcentajes óptimos de productividad de mano de obra que establece Serpell (2002), el TP se encuentra por debajo del 60%, sin embargo, es alto con relación al 30% mencionado por Vásquez (2005), el TC está por debajo del 25% y 44%, mientras que los TNC se encuentra por encima del 15% y 25% de los autores antes mencionados. Esto se debe a que no existieron muchos retrabajos durante el vaciado de hormigón, sin embargo, si existió mayor cantidad de tiempos de espera por falta de material y herramientas menores.

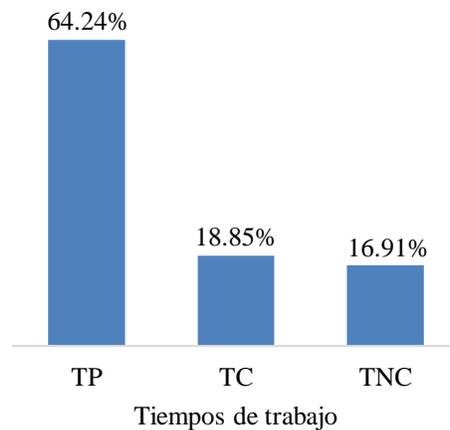


Figura 16: Productividad de mano de obra en colocación de bloque

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16, los TP se encuentran por encima del 60% óptimo hallado por Serpell (2002) y 30% por Vásquez (2005), los TC se encuentra por debajo del 25% óptimo y 44%, mientras que el TNC se encuentra por encima del 15% óptimo y por debajo del 25% hallado por Vásquez (2005). Esto se lo atribuye a que en gran parte de la colocación se utilizó amoladora en el corte de bloques, sin embargo, hubo retrabajos, viajes improductivos y tiempos de espera por falta de material.

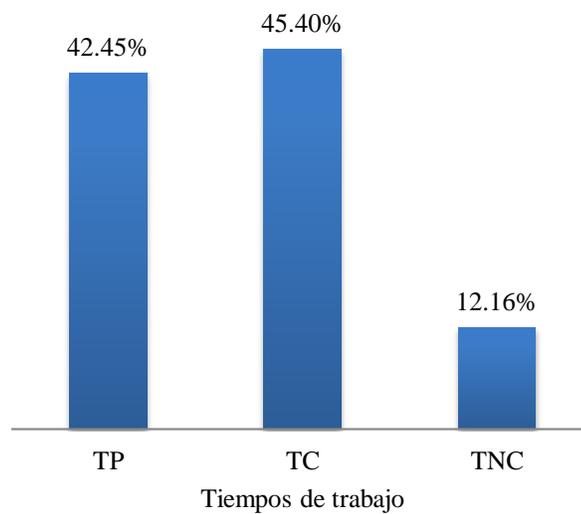


Figura 17: Productividad de mano de obra en colocación de cerámica

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17, los TP se encuentran por debajo del 60% óptimo indicado por Serpell (2002) y por encima del 30% hallado por Vásquez (2005), el TC se encuentra por encima del 25% óptimo y 44%, mientras que el TNC se encuentra por debajo del 15% óptimo y 25%. Esto se debe a que la cuadrilla estaba conformada por un solo obrero, permitiendo que no existan porcentajes altos en TNC.

Porcentajes de desperdicios de materiales y mano de obra

A continuación, se muestran los porcentajes de desperdicios de materiales y desperdicio de mano de obra de cada una de las viviendas:

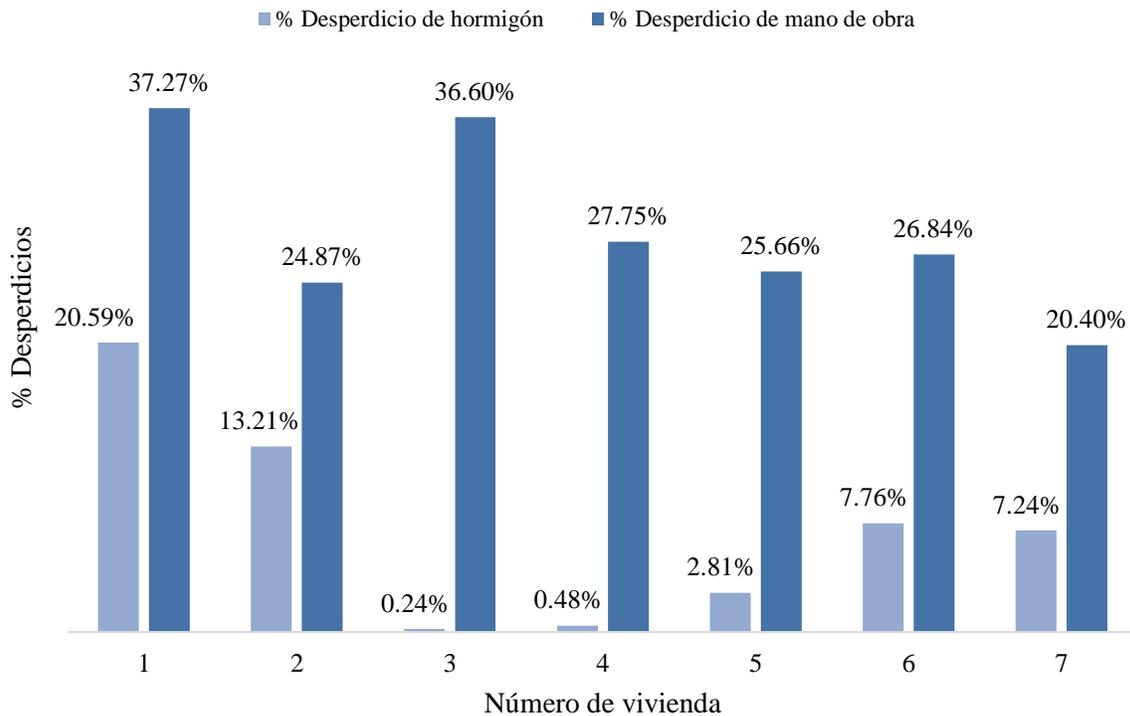


Figura 18: Porcentaje de desperdicio de materiales y mano de obra en hormigón

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 los desperdicios de mano de obra son altos con relación al desperdicio de materiales, por la incidencia de la forma de pago del contratista a los obreros, pues se cancelaba por avance obra, sin embargo, los materiales como el cemento no fueron entregados a tiempo. En las viviendas tres y cuatro el desperdicio de mano de obra es alto, esto se debe al mayor número de obreros con relación a las otras viviendas, sin embargo, el desperdicio de material es mínimo debido a que no se preparó mezcla en exceso.

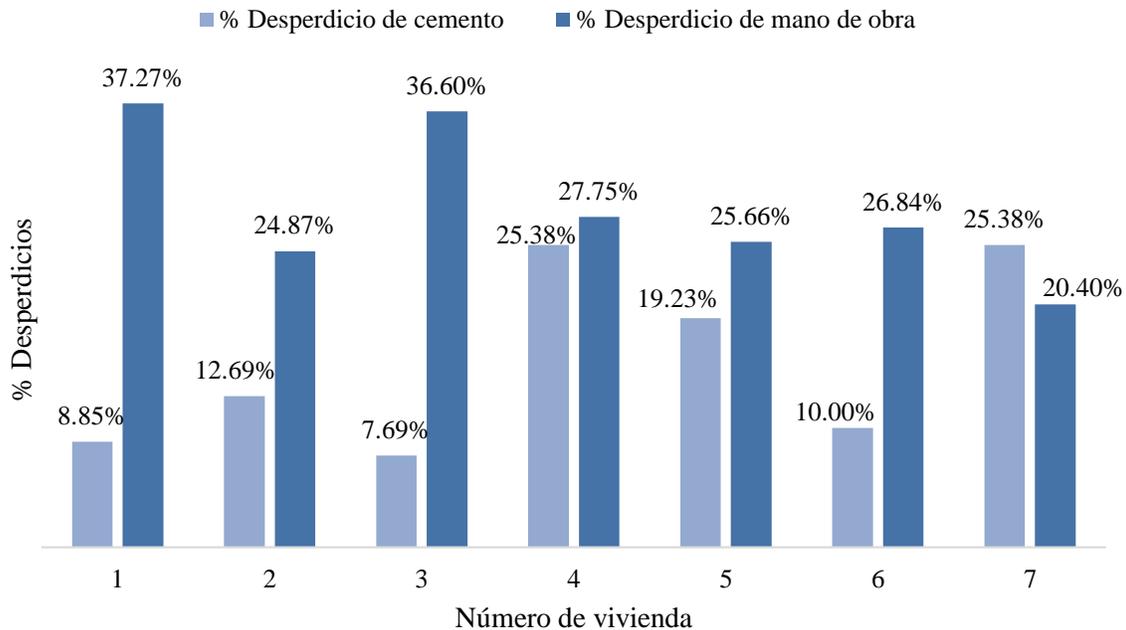


Figura 19: Porcentaje de desperdicio de materiales y de mano de obra en cemento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 debido a que el cemento es uno de los componentes del hormigón, se tomó los mismos porcentajes de desperdicio de mano de obra en hormigón, evidentemente el desperdicio del cemento es mayor que del hormigón a razón que ninguna casa manejó la dosificación indicada por el contratista, utilizando mayor cantidad de sacos de cemento en la mezcla del hormigón.

En la casa uno y tres el desperdicio de mano de obra es alto con relación a las otras casas esto se debe al mayor número de obreros con relación a las otras viviendas, el desperdicio de cemento es por la utilización de menor cantidad de cemento y mayor cantidad de agregados en la mezcla, disminuyendo la resistencia requerida. En la casa siete en desperdicio de materiales es mayor con relación al desperdicio de mano de obra, esto se debe a que la dosificación no fue el indicado por el contratista y por la intervención de los dueños de casa al manifestar que a mayor cantidad de cemento mayor resistencia.

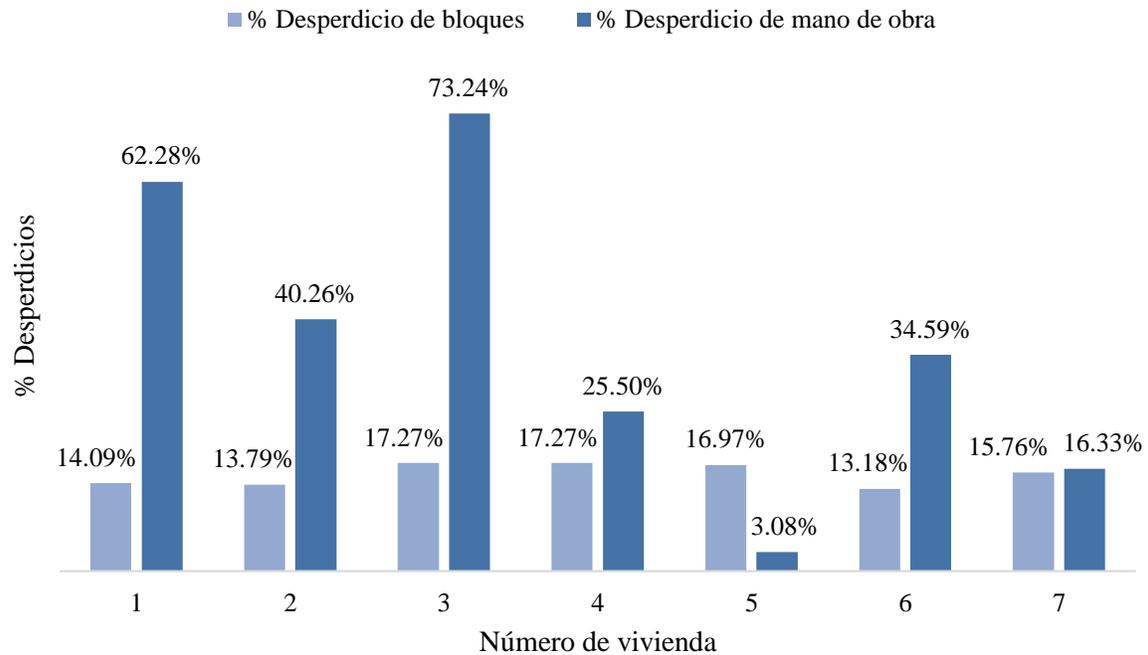


Figura 20: Porcentaje de desperdicio de materiales y de mano de obra en bloques

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20, en las viviendas uno y tres el desperdicio de mano de obra es mayor que el desperdicio de bloques, por la variación del número de trabajadores en cada cuadrilla y por la inexperiencia de los obreros, mientras que en la casa 5 el desperdicio de mano de obra es menor porque la colocación de la mampostería la realizó un solo obrero. Por otra parte, en el desperdicio de materiales con relación a las 7 casas no existe mayor variabilidad. Al compararlo con el asentado de ladrillo que realizó Galarza (2011), podemos notar que el desperdicio de materiales es mayor al 0.58% y el desperdicio de mano de obra mayor al 12%, porcentajes expuestos por el autor, el desperdicio de materiales se debe a la no reutilización de cortes sobrantes y a la falta de energía eléctrica por lo que algunos cortes fueron realizados manualmente.

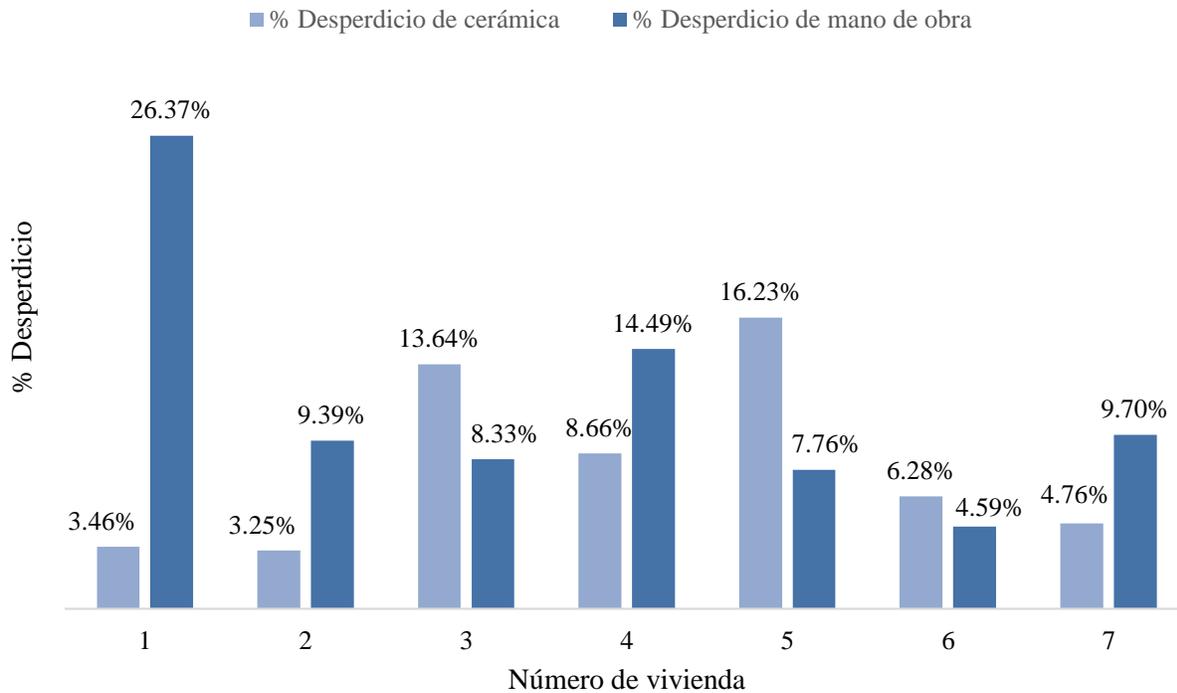


Figura 21: Porcentaje de desperdicio de materiales y de mano de obra en cerámica

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 durante la colocación de cerámica se empleó un solo obrero en cada vivienda, en la vivienda uno existe mayor desperdicio de mano de obra esto se da por la inexperiencia en la colocación de cerámica por parte del trabajador, los tiempos no contributivos más frecuentes fueron los retrabajos. En las viviendas tres y cinco el desperdicio de cerámica es mayor al desperdicio de mano de obra que son atribuidos a la no reutilización de los pedazos sobrantes y por las unidades completas sobrantes que fueron reemplazadas por material de mejor calidad. El desperdicio de material en general no es alto, esto se debe a la buena o mala manipulación que realizaba cada trabajador a la colocación de este material, también a que el contratista dejaba el material necesario, sin opción a que existan unidades sobrantes.

5.1 Análisis estadístico

A continuación, se muestra el diagrama de dispersión de desperdicios de materiales y mano de obra de las siete viviendas en estudio:

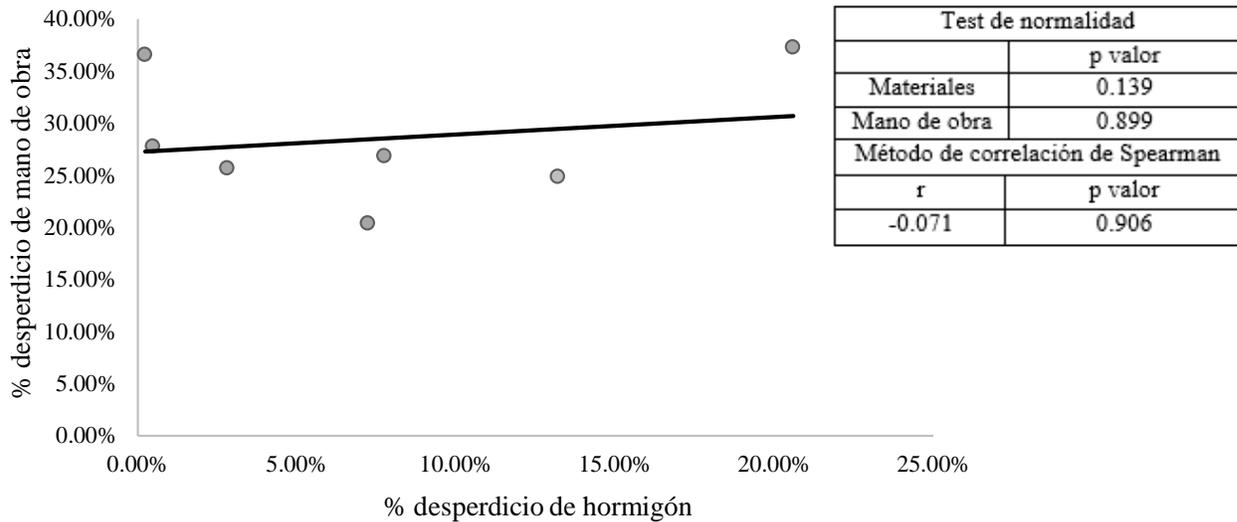


Figura 22: Diagrama de dispersión de desperdicios

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22 mediante el test de Shapiro – Wilk indica que no existe distribución normal, debido a que se tienen pocos datos, se observa que existe una relación lineal, moderada y directamente proporcional, sin embargo, el test de Spearman indica que el r se encuentra próximo a 0 que a -1, por lo que la correlación es nula, de igual forma lo demuestra el p valor siendo mayor a 0.05, rechazando la hipótesis. ($r = -0.071$, $0.906 > p$), por lo que se puede afirmar que no existe relación directa entre el desperdicio de hormigón con desperdicio de mano de obra debido a que los desperdicios de materiales y de mano de obra aumentan o disminuyen de manera independiente.

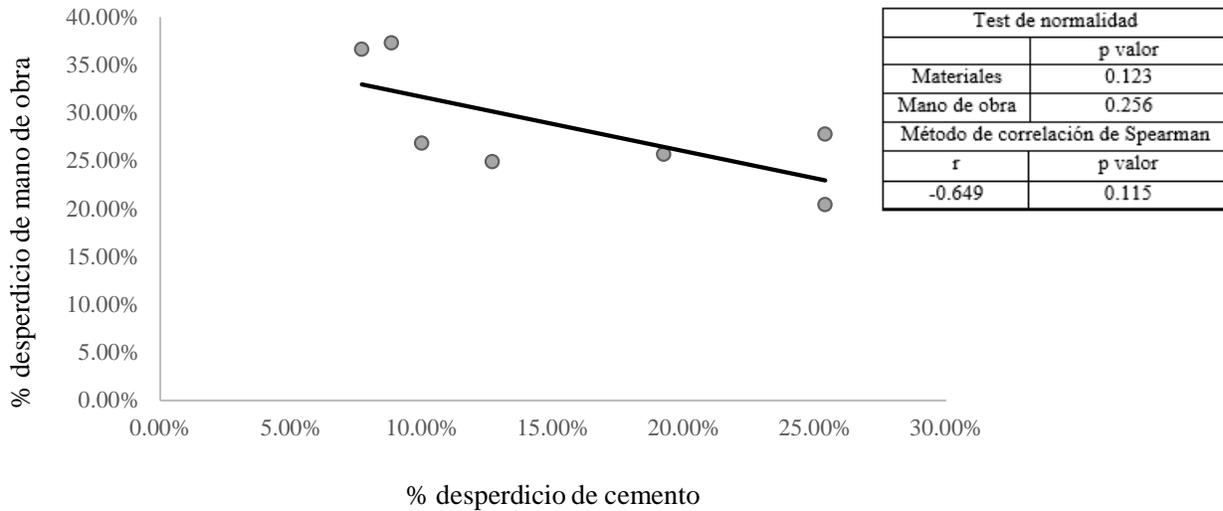


Figura 23: Diagrama de dispersión de desperdicios

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 el test de Shapiro – Wilk indica que no existe una distribución normal, debido a que se tienen pocos datos, se observa que existe una relación lineal, moderada e inversamente proporcional, el test de Spearman demuestra que el r se encuentra próximo a -1, por lo que la correlación es moderada, sin embargo, el p valor es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis. ($r = -0.649$, $0.115 > p$).

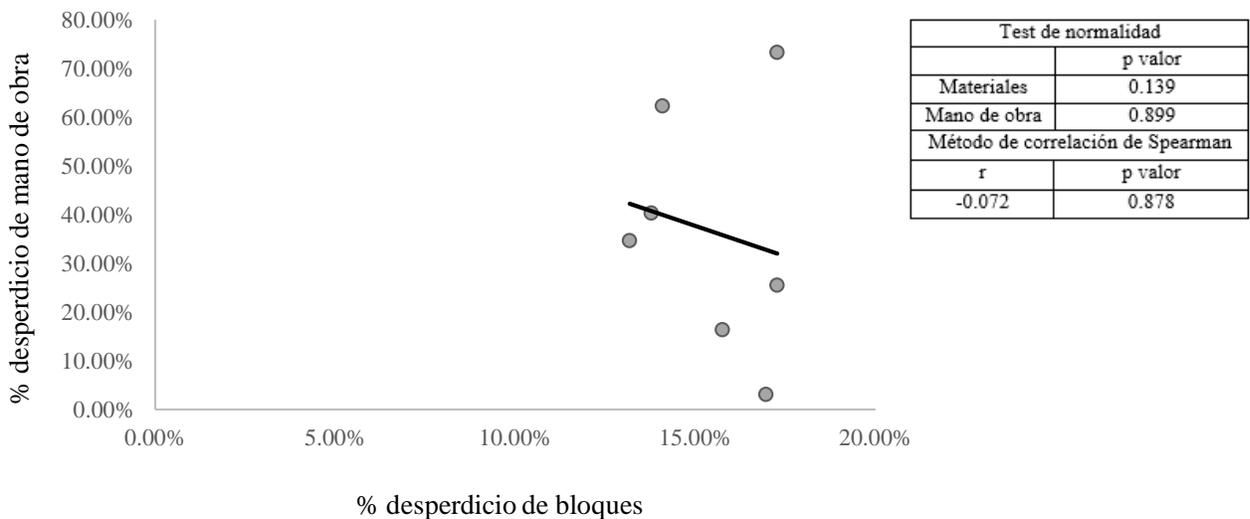


Figura 24: Diagrama de dispersión de desperdicios

Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 el test de Shapiro – Wilk indica que no existe una distribución normal, debido a que se tienen pocos datos, se observa que no existe una relación lineal, porque los datos tienden a agruparse, mediante el test de Spearman demostramos que el r se encuentra próximo a 0, por lo que la correlación es nula, además el p valor es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis. ($r = -0.072, 0.878 > p$).

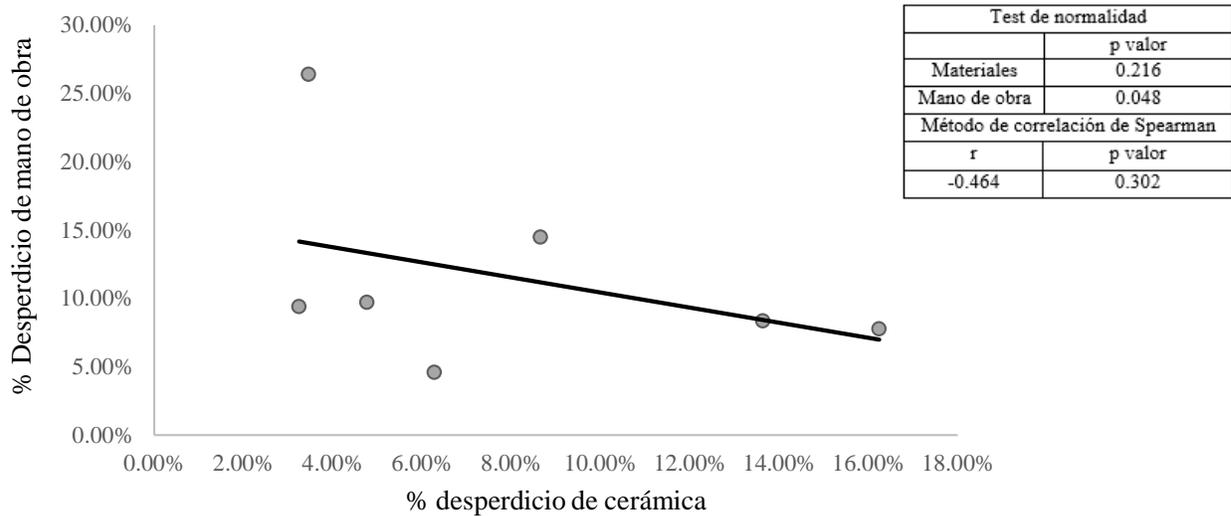


Figura 25: Diagrama de dispersión de desperdicios

Fuente: Elaboración propia

En la figura 25 el test de Shapiro – Wilk indica que no existe una distribución normal, debido a que se tienen pocos datos, se observa que existe una relación lineal, inversamente proporcional, mediante el test de Spearman demostramos que el r se encuentra próximo a -1, por lo que la correlación es débil, además el p valor es mayor a 0.05, rechazando la hipótesis. ($r = -0.464, 0.302 > p$).

Tabla 4

Resumen de resultados

Desperdicio de materiales y desperdicio de mano de obra	r	p < 0.05	Resultado
Hormigón	-0.071	0.906	No se acepta hipótesis nula, por lo tanto no existe correlación
Cemento	-0.649	0.115	No se acepta hipótesis nula, por lo tanto no existe correlación
Bloques	-0.072	0.878	No se acepta hipótesis nula, por lo tanto no existe correlación
Cerámica	-0.464	0.302	No se acepta hipótesis nula, por lo tanto no existe correlación

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 4, en ninguno de los análisis se acepta la hipótesis nula, que dice que existe correlación cuando el p-valor es menor al 5%, por lo que se puede afirmar que no existe relación directa entre el desperdicio de materiales con desperdicio de mano de obra debido a que las variables aumentan o disminuyen de manera independiente.

A pesar de que en la presente investigación no se encontró relación entre las dos variables, se puede afirmar que sí hay desperdicios tanto de materiales como de mano de obra; éste último es atribuido principalmente al tipo de contrato para los obreros, el cual era por avance de obra, lo que hacía parecer que su costo sea bajo con relación al costo de los materiales.

A la vez, podemos evidenciar que el desperdicio de materiales es propiciado por el proveedor de materiales, ocasionando tiempos de espera a falta de los mismos y por ende la paralización de la actividad programa para ese día; y por otro lado el desperdicio de la mano de obra es a causa del proveedor de trabajo y al tipo de contrato condicionado por la forma de pago, sin dejar de lado la escasa supervisión a los obreros, provocando la manipulación inadecuada de los materiales así como la negligencia de los mismos; estos factores reflejan la falta de planificación por parte de los proveedores, contratista, y obreros que desarrollaron pérdidas en las viviendas en estudio. Así lo mostramos en la figura 26:

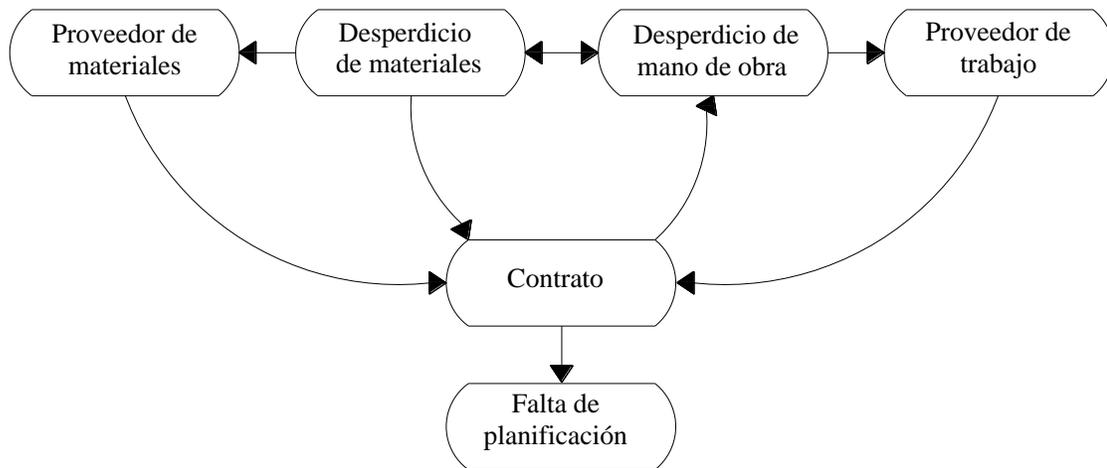


Figura 26: Causas de desperdicio de materiales y mano de obra

Fuente: Elaboración propia

Además, el desperdicio de materiales en nuestro medio se debe a un tema cultural como lo afirma Teo & Loosemore (2010), donde la visión predominante de las actitudes derrochadoras en la industria de la construcción es percibido como un subproducto inevitable de la actividad constructora, las actividades de manejo de desechos son meramente una carga de trabajo adicional percibida como irrelevante para los trabajos de los operarios. Si las percepciones de la viabilidad económica cambian, entonces también podrían cambiar las actitudes, logrando a través de medidas tales como programas educativos para aumentar los niveles de conocimiento, los incentivos a los operarios para participar en menos prácticas de despilfarro y el desarrollo más efectivo y conveniente de lidiar con los desperdicios.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En la presente investigación, después de realizar la revisión bibliográfica, recopilar datos en campo durante dos meses, procesamiento de datos y finalmente el análisis estadístico para responder a la pregunta de investigación, se concluye que en los desperdicios de materiales hormigón, cemento, bloque y cerámica no existe relación con los desperdicios de mano de obra, esto se le atribuye a la forma de pago a los obreros por parte del contratista, que influye en la productividad de la mano de obra. Los desperdicios de ambas variables se deben a la falta de planificación por la parte administrativa, trabajadores y dueños de casas, en este proyecto la prioridad fueron los materiales debido al costo y cantidad que representan en la obra, más no la mano de obra debido a que este recurso es reemplazable y de bajo costo.

Los desperdicios de materiales y mano de obra, en hormigón fue de 20.59% y 37.27%; en cemento de 25.38% y 37.27%; en bloque de 17.27% y 73.24%; y en cerámica de 16.23% 26.37% respectivamente, estos valores son los más altos hallados en esta investigación, a causa de la falta de capacitación de los obreros previo al inicio de la obra, ya que algunos no cuentan con experiencias apropiadas para cada proyecto, realizando una mala manipulación de los materiales causando desperdicios en porcentajes altos y a su vez pérdidas de productividad de la mano de obra.

6.2 Recomendaciones para investigaciones futuras

Para realizar investigaciones en este campo se recomienda obtener mayor número de viviendas, para tener menor dispersión en las gráficas y que exista una línea de tendencia notable, de esta manera se podría llegar a obtener una correlación entre ambas variables.

Uno de los factores influyentes en la productividad de la mano de obra es el número de trabajadores que conforma una cuadrilla, para mejorar la metodología de productividad de mano de obra se debería trabajar a la par con los rendimientos y cuadrillas del análisis de los precios unitarios, la técnica de Balance de cuadrillas no contempla los tiempos óptimos en la ejecución de determinada actividad, ni el número necesario de trabajadores, afectando a que el desperdicio de mano de obra sea mayor que el de los materiales.

Esta investigación ofrece valores reales de desperdicio de materiales y de mano de obra en la construcción de 7 viviendas rurales tipo Miduvi ejecutadas en periodo de tres meses, sin embargo, aún queda mucho potencial por investigar dentro de este campo, debido a la demanda de tiempo que toma el levantamiento de datos ha sido un tema poco estudiado en nuestro país.

Finalmente sería interesante investigar la influencia de la modalidad de contratación de la mano de obra en la productividad de la misma.

7. Bibliografía

- Alarcón, L. (2002). Seminario. “Nuevas estrategias de gestión de la construcción”. In Universidad Eafit (Ed.). Medellín.
- Almeyda V, F. A., & Serrano D, G. H. (2010). Guía para la administración de los materiales de construcción aplicada a proyectos de obra civil, 58. Retrieved from http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1235/1/digital_19978.pdf
- Andrade, V. L., & Coba, P. D. (2013). *Análisis de desperdicios en la fase constructiva de un edificio y propuestas de reducción.*
- Botero, L. F. (2002). Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universidad de EAFIT*, 9–22. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/215/21512802.pdf>
- Botero, L. F. (2006). *Construcción sin pérdidas. Análisis de procesos y filosofía Lean Construction* (Segunda Ed). Bogotá.
- Buleje, K. E. (2013). *Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía Lean Construcción.* Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Clarín. (2003). En la cultura del desperdicio. Retrieved from https://www.clarin.com/opinion/cultura-desperdicio_0_ByHmYvgeRKx.html
- Espejo, I., Fernández, F., López, M., Muñoz, M., Rodríguez, A., Sánchez, A., & Valero, C. (2007). *Inferencia Estadística.* (S. de P. de la U. de Cádiz, Ed.). España.
- Galarza, M. P. (2011). *Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: Métodos de medición y control.* Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Leandro, A. (2008). Manejo de desechos de la construcción. *Tecnología En Marcha*, 21(4), 60–63.

- Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A., & Cánovas, A. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman. Caracterización.
- Muñoz, E. (2016). ¿Productividad y cero desperdicio? Retrieved from <https://constructorelectrico.com/productividad-y-cero-desperdicio/>
- Plazola, A. (2001). *Normas y costos de construcción*.
- Pons, J. (2014). Introducción a Lean Construction. *Fundación Laboral de La Construcción*, 74. Retrieved from file:///C:/Users/Paola/Downloads/Introducci?n al Lean Construction (1).pdf
- Rumak, G. Y., Martinez, H. G., & Bogado, J. (2015). *Gestión de los residuos de la construcción civil en la ciudad de Encarnación - Paraguay. SIBRAGEC ELAGEC*.
- Serpell, A. (2002). *Administración De Operaciones De Construcción - Alfredo Serpell B. (2da Edición).pdf*.
- Teo, M., & Loosemore, M. (2010). A theory of waste behaviour in the construction industry A theory of waste behaviour in the construction industry, (September 2014), 37–41. <https://doi.org/10.1080/01446190110067037>
- Venegas, P., & Alarcón, L. F. (2012). *Constructoras Nacionales*, 47–55.

Anexo 2:

Tabulación de datos

Tabla 5

Desperdicio de hormigón en contrapiso

DESPERDICIO DE HORMIGÓN														
N° Casa	Ubicación	Datos Reales				Datos teóricos				Volumen de hormigón ocupado	Volumen de hormigón sobrante	Volumen de hormigón requerido	Desperdicio (m3)	Porcentaje de desperdicios
		A (m)	B (m)	H (m)	Volumen (m3)	A (m)	B (m)	H (m)	Volumen (m3)					
CONTRAPISO														
CASA 1		5.67	6.16	0.18	6.29	5.65	6.15	0.15	5.21	6.79	0.22	5.62	0.21	20.86%
		0.9	3.1	0.18	0.50	0.90	3.00	0.15	0.41					
CASA 2		5.66	6.17	0.18	6.29	5.65	6.15	0.15	5.21	6.78	0.07	5.62	0.21	20.72%
		0.92	2.99	0.18	0.50	0.90	3.00	0.15	0.41					
CASA 3		5.62	6.17	0.15	5.20	5.65	6.15	0.15	5.21	5.60	0.04	5.62	0.00	-0.28%
		0.895	2.98	0.15	0.40	0.90	3.00	0.15	0.41					
CASA 4		5.66	6.15	0.15	5.22	5.65	6.15	0.15	5.21	5.65	0.04	5.62	0.01	0.52%
		0.9	3.15	0.15	0.43	0.90	3.00	0.15	0.41					
CASA 5		5.62	6.13	0.15	5.17	5.65	6.15	0.15	5.21	5.57	0.08	5.62	-0.01	-0.90%
		0.89	2.99	0.15	0.40	0.90	3.00	0.15	0.41					
CASA 6		5.61	6.18	0.16	5.55	5.65	6.15	0.15	5.21	6.01	0.13	5.62	0.07	7.06%
		0.92	3.17	0.16	0.47	0.90	3.00	0.15	0.41					
CASA 7		5.65	6.16	0.17	5.92	5.65	6.15	0.15	5.21	6.38	0.06	5.62	0.14	13.64%
		0.9	3.05	0.17	0.47	0.90	3.00	0.15	0.41					

Fuente: Elaboración propia

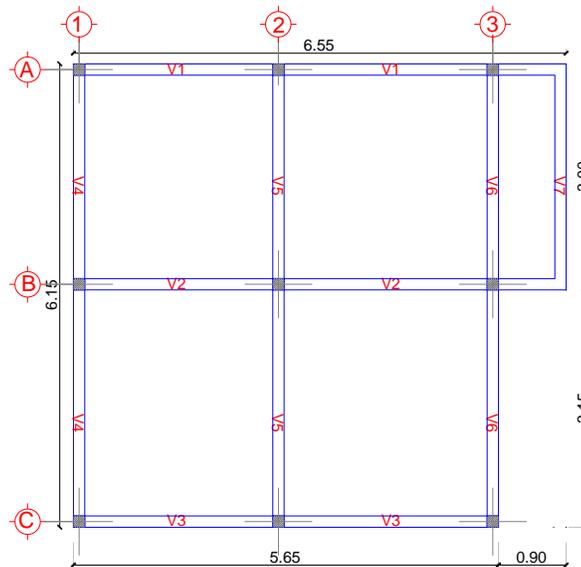


Figura 28: Vigas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Desperdicio de hormigón en vigas

DESPERDICIO DE HORMIGÓN														
N° Casa	Ubicación	Datos Reales				Datos teóricos				Volumen de hormigón ocupado	Volumen de hormigón sobrante	Volumen de hormigón requerido	Desperdicio (m3)	Porcentaje de desperdicios
		A (m)	B (m)	H (m)	Volumen (m3)	A (m)	B (m)	H (m)	Volumen (m3)					
VIGAS														
CASA 1	V1	0.2	0.15	6.62	0.20	0.15	0.15	6.55	0.147	1.00	0.0035	0.84	0.20	20.32%
	V2	0.17	0.15	6.62	0.17	0.15	0.15	6.55	0.147					
	V3	0.17	0.15	5.62	0.14	0.15	0.15	5.65	0.127					
	V4	0.17	0.15	6.20	0.16	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V5	0.16	0.15	6.20	0.15	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V6	0.2	0.15	3.16	0.09	0.15	0.15	3.15	0.071					
	V7	0.2	0.15	3.04	0.09	0.15	0.15	3.00	0.068					
CASA 2	V1	0.155	0.15	6.55	0.15	0.15	0.15	6.55	0.147	0.87	0.0112	0.84	0.06	5.69%
	V2	0.15	0.15	6.55	0.15	0.15	0.15	6.55	0.147					
	V3	0.18	0.145	5.63	0.15	0.15	0.15	5.65	0.127					
	V4	0.155	0.15	6.16	0.14	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V5	0.155	0.15	6.16	0.14	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V6	0.155	0.145	3.16	0.07	0.15	0.15	3.15	0.071					
	V7	0.16	0.145	3.00	0.07	0.15	0.15	3.00	0.068					
CASA 3	V1	0.155	0.155	6.58	0.16	0.15	0.15	6.55	0.147	0.83	0.0136	0.84	0.01	0.75%
	V2	0.15	0.155	6.58	0.15	0.15	0.15	6.55	0.147					
	V3	0.13	0.155	5.66	0.11	0.15	0.15	5.65	0.127					
	V4	0.13	0.15	6.16	0.12	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V5	0.158	0.15	6.16	0.15	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V6	0.145	0.15	3.17	0.07	0.15	0.15	3.15	0.071					
	V7	0.155	0.15	2.99	0.07	0.15	0.15	3.00	0.068					
CASA 4	V1	0.15	0.15	6.57	0.15	0.15	0.15	6.55	0.147	0.84	0.0053	0.84	0.00	0.43%
	V2	0.15	0.14	6.57	0.14	0.15	0.15	6.55	0.147					
	V3	0.145	0.145	5.67	0.12	0.15	0.15	5.65	0.127					
	V4	0.16	0.15	6.30	0.15	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V5	0.145	0.14	6.30	0.13	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V6	0.15	0.15	3.15	0.07	0.15	0.15	3.15	0.071					
	V7	0.17	0.15	3.15	0.08	0.15	0.15	3.00	0.068					
CASA 5	V1	0.165	0.15	6.55	0.16	0.15	0.15	6.55	0.147	0.85	0.0150	0.84	0.03	2.81%
	V2	0.13	0.15	6.55	0.13	0.15	0.15	6.55	0.147					
	V3	0.14	0.15	5.64	0.12	0.15	0.15	5.65	0.127					
	V4	0.16	0.15	6.17	0.15	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V5	0.165	0.15	6.17	0.15	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V6	0.15	0.15	3.15	0.07	0.15	0.15	3.15	0.071					
	V7	0.15	0.15	2.92	0.07	0.15	0.15	3.00	0.068					
CASA 6	V1	0.16	0.15	6.55	0.16	0.15	0.15	6.55	0.147	0.89	0.0136	0.84	0.08	8.45%
	V2	0.14	0.16	6.55	0.15	0.15	0.15	6.55	0.147					
	V3	0.17	0.16	5.63	0.15	0.15	0.15	5.65	0.127					
	V4	0.15	0.165	6.17	0.15	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V5	0.16	0.15	6.17	0.15	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V6	0.14	0.15	3.17	0.07	0.15	0.15	3.15	0.071					
	V7	0.15	0.155	3.00	0.07	0.15	0.15	3.00	0.068					
CASA 7	V1	0.16	0.15	6.55	0.16	0.15	0.15	6.55	0.147	0.83	0.0120	0.84	0.01	0.84%
	V2	0.14	0.15	6.55	0.14	0.15	0.15	6.55	0.147					
	V3	0.15	0.15	5.65	0.13	0.15	0.15	5.65	0.127					
	V4	0.16	0.15	6.14	0.15	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V5	0.15	0.15	6.14	0.14	0.15	0.15	6.15	0.138					
	V6	0.15	0.15	3.14	0.07	0.15	0.15	3.15	0.071					
	V7	0.12	0.15	3.00	0.05	0.15	0.15	3.00	0.068					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

Desperdicio de sacos de cemento en contrapiso

Número de sacos en contrapiso				
Casa	Ocupado (U)	Comprado (U)	Desperdicio	% Desperdicio
1	14		0.08	7.69%
2	15		0.15	15.38%
3	15		0.15	15.38%
4	17	13	0.31	30.77%
5	18		0.38	38.46%
6	13		0.00	0.00%
7	17		0.31	30.77%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Desperdicio de sacos de cemento en vigas

Número de sacos en vigas				
Casa	Vigas (U)	Comprado (U)	Desperdicio	% Desperdicio
1	4.5		-0.10	10.00%
2	4.5		-0.10	10.00%
3	5		0.00	0.00%
4	6	5	0.20	20.00%
5	5		0.00	0.00%
6	4		-0.20	20.00%
7	6		0.20	20.00%

Fuente: Elaboración propia

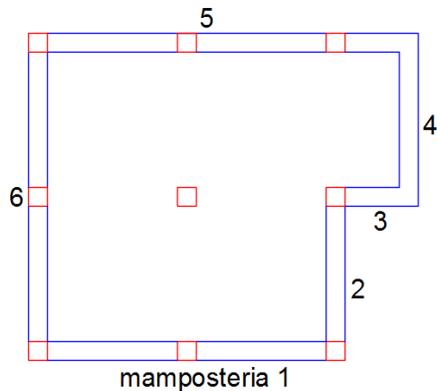


Figura 29: Ubicación de pared exterior

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Pared	Ubicación	Bloques enteros consumidos (unidades)	Bloques partidos desechados (unidades)	Bloques partidos consumidos (unidades)	Total Bloques consumidos (unidades)	Total Bloques desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
1	Mampostería exterior	70		28	98			
2	Mampostería exterior	104		25	129			
3	Mampostería exterior	20		10	30			
4	Mampostería exterior	66	20	15	81	20	0.14	14.09%
5	Mampostería exterior	50		9	59			
6	Mampostería exterior	103		47	150			

Desperdicio de bloques. Casa 1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Desperdicio de bloque. Casa 2

Pared	Ubicación	Bloques enteros consumidos (unidades)	Bloques partidos desechados (unidades)	Bloques partidos consumidos (unidades)	Total Bloques consumidos (unidades)	Total Bloques partidos desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
1	Mampostería exterior	70		28	98			
2	Mampostería exterior	62		13	75			
3	Mampostería exterior	16		7	23			
4	Mampostería exterior	49	29	10	59	29	0.1379	13.79%
5	Mampostería exterior	108		41	149			
6	Mampostería exterior	114		22	136			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Desperdicio de bloque. Casa 3

Pared	Ubicación	Bloques enteros consumidos (unidades)	Bloques partidos desechados (unidades)	Bloques partidos consumidos (unidades)	Total Bloques consumidos (unidades)	Total Bloques partidos desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
1	Mampostería exterior	70		17	87			
2	Mampostería exterior	65		16	81			
3	Mampostería exterior	16		5	21			
4	Mampostería exterior	48	27	6	54	27	0.1727	17.27%
5	Mampostería exterior	101		41	142			
6	Mampostería exterior	113		21	134			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Desperdicio de bloque. Casa 4

Pared	Ubicación	Bloques enteros consumidos (unidades)	Bloques partidos desechados (unidades)	Bloques partidos consumidos (unidades)	Total Bloques consumidos (unidades)	Total Bloques partidos desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
1	Mampostería exterior	76		25	101			
2	Mampostería exterior	70		10	80			
3	Mampostería exterior	15		10	25			
4	Mampostería exterior	52	22	14	66	22	0.1727	17.27%
5	Mampostería exterior	95		21	116			
6	Mampostería exterior	115		21	136			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Desperdicio de bloque. Casa 5

Pared	Ubicación	Bloques enteros consumidos (unidades)	Bloques partidos desechados (unidades)	Bloques partidos consumidos (unidades)	Total Bloques consumidos (unidades)	Total Bloques partidos desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
1	Mampostería exterior	59		25	84			
2	Mampostería exterior	65		15	80			
3	Mampostería exterior	16		9	25			
4	Mampostería exterior	48	12	16	64	12	0.1697	16.97%
5	Mampostería exterior	97		36	133			
6	Mampostería exterior	125		25	150			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Desperdicio de bloque. Casa 6

Pared	Ubicación	Bloques enteros consumidos (unidades)	Bloques partidos desechados (unidades)	Bloques partidos consumidos (unidades)	Total Bloques consumidos (unidades)	Total Bloques partidos desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
1	Mampostería exterior	69		28	97			
2	Mampostería exterior	62		19	81			
3	Mampostería exterior	15		10	25			
4	Mampostería exterior	50	20	19	69	20	0.1318	13.18%
5	Mampostería exterior	92		38	130			
6	Mampostería exterior	124		27	151			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Desperdicio de bloque. Casa 7

Pared	Ubicación	Bloques enteros consumidos (unidades)	Bloques partidos desechados (unidades)	Bloques partidos consumidos (unidades)	Total Bloques consumidos (unidades)	Total Bloques partidos desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
1	Mampostería exterior	72		26	98			
2	Mampostería exterior	65		13	78			
3	Mampostería exterior	19		8	27			
4	Mampostería exterior	70	21	4	74	21	0.1576	15.76%
5	Mampostería exterior	91		36	127			
6	Mampostería exterior	110		21	131			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Desperdicio de cerámica. Casa 1

Cerámica Enteros consumidos (unidades)	Cerámica partidos desechados (unidades)	Cerámica partidos consumidos (unidades)	Total Cerámica consumidos (unidades)	Total Cerámica desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
272	22	152	424	22	0.03	3.46%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Desperdicio de cerámica. Casa 2

Cerámica enteros consumidos (unidades)	Cerámica partidos desechados (unidades)	Cerámica partidos consumidos (unidades)	Total Cerámica consumidos (unidades)	Total Cerámica desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
262	75	110	372	75	0.03	3.25%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

Desperdicio de cerámica. Casa 3

Cerámica enteros consumidos (unidades)	Cerámica partidos desechados (unidades)	Cerámica partidos consumidos (unidades)	Total Cerámica consumidos (unidades)	Total Cerámica desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
232	69	98	330	69	0.14	13.64%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Desperdicio de cerámica. Casa 4

Cerámica enteros consumidos (unidades)	Cerámica partidos desechados (unidades)	Cerámica partidos consumidos (unidades)	Total Cerámica consumidos (unidades)	Total Cerámica desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
255	72	95	350	72	0.09	8.66%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Desperdicio de cerámica. Casa 5

Cerámica enteros consumidos (unidades)	Cerámica partidos desechados (unidades)	Cerámica partidos consumidos (unidades)	Total Cerámica consumidos (unidades)	Total Cerámica desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
249	27	111	360	27	0.16	16.23%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Desperdicio de cerámica. Casa 6

Cerámica enteros consumidos (unidades)	Cerámica partidos desechados (unidades)	Cerámica partidos consumidos (unidades)	Total Cerámica consumidos (unidades)	Total Cerámica desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
258	75	100	358	75	0.06	6.28%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Desperdicio de cerámica. Casa 7

Cerámica enteros consumidos (unidades)	Cerámica partidos desechados (unidades)	Cerámica partidos consumidos (unidades)	Total Cerámica consumidos (unidades)	Total Cerámica desechados (unidades)	Desperdicio	Porcentaje de desperdicios
268	35	137	405	35	0.05	4.76%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Desperdicio de materiales en las 7 viviendas

PORCENTAJE DE DESPERDICIOS DE MATERIALES				
Nº Casa	Hormigón	Bloque	Cerámica	Sacos de Cemento
CASA 1	20.59%	14.09%	3.46%	8.85%
CASA 2	13.21%	13.79%	3.25%	12.69%
CASA 3	0.24%	17.27%	13.64%	7.69%
CASA 4	0.48%	17.27%	8.66%	25.38%
CASA 5	2.81%	16.97%	16.23%	19.23%
CASA 6	7.76%	13.18%	6.28%	10.00%
CASA 7	7.24%	15.76%	4.76%	25.38%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Desperdicio de mano de obra en colocación de bloques

BLOQUES			
Nº casa	TP	TC	TNC
Casa 1	403	141	246
Casa 2	1133	401	308
Casa 3	821	285	249
Casa 4	609	171	114
Casa 5	300	77	12
Casa 6	1118	240	284
Casa 7	438	100	56

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Desperdicio de mano de obra en hormigón en vigas

TIEMPOS PRODUCTIVOS EN VIGAS			
Nº casa	TP	TC	TNC
Casa 1	261	148	183
Casa 2	174	77	53
Casa 3	187	113	171
Casa 4	228	59	225
Casa 5	157	68	177
Casa 6	301	63	56
Casa 7	244	65	51

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Desperdicio de mano de obra en hormigón en vigas

TIEMPOS PRODUCTIVOS EN CONTRAPISO			
Nº casa	TP	TC	TNC
Casa 1	437	97	166
Casa 2	348	67	245
Casa 3	439	79	230
Casa 4	366	147	67
Casa 5	313	101	66
Casa 6	275	39	171
Casa 7	219	78	141

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Desperdicio de mano de obra en hormigón en vigas

TIEMPOS PRODUCTIVOS CERÁMICA			
Nº casa	TP	TC	TNC
Casa 1	101	100	72
Casa 2	111	111	23
Casa 3	77	44	11
Casa 4	47	71	20
Casa 5	90	112	17
Casa 6	91	117	10
Casa 7	73	76	16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

Porcentajes de desperdicios de mano de obra y de materiales en hormigón

HOMIGÓN		
Nº Casa	% Desperdicio material	% Desperdicio mano de obra
Casa 1	20.59%	37.27%
Casa 2	13.21%	24.87%
Casa 3	0.24%	36.60%
Casa 4	0.48%	27.75%
Casa 5	2.81%	25.66%
Casa 6	7.76%	26.84%
Casa 7	7.24%	20.40%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29

Porcentajes de desperdicios de mano de obra y de materiales en cemento

CEMENTO		
Nº Casa	% Desperdicio material	% Desperdicio mano de obra
Casa 1	8.85%	37.27%
Casa 2	12.69%	24.87%
Casa 3	7.69%	36.60%
Casa 4	25.38%	27.75%
Casa 5	19.23%	25.66%
Casa 6	10.00%	26.84%
Casa 7	25.38%	20.40%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Porcentajes de desperdicios de mano de obra y de materiales en bloques

BLOQUES		
Nº Casa	% Desperdicio material	% Desperdicio mano de obra
Casa 1	14.09%	62.28%
Casa 2	13.79%	40.26%
Casa 3	17.27%	73.24%
Casa 4	17.27%	25.50%
Casa 5	16.97%	3.08%
Casa 6	13.18%	34.59%
Casa 7	15.76%	16.33%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Porcentajes de desperdicios de mano de obra y de materiales en cerámica

CERÁMICA		
Nº Casa	% Desperdicio material	% Desperdicio mano de obra
Casa 1	3.46%	26.37%
Casa 2	3.25%	9.39%
Casa 3	13.64%	8.33%
Casa 4	8.66%	14.49%
Casa 5	16.23%	7.76%
Casa 6	6.28%	4.59%
Casa 7	4.76%	9.70%

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3:

R Script: Hormigón

```
> HORMIGON <- readXL("F:/residuos en obra/R PROJECT
VERITO/HORMIGON.xlsx", rownames=FALSE, header=TRUE, na="",
+ sheet="Hoja1", stringsAsFactors=TRUE)
> HORMIGON
  M TNC
1 20.59 37.27
2 13.21 24.87
3 0.24 36.60
4 0.48 27.75
5 2.81 25.66
6 7.76 26.84
7 7.24 20.44
8 NA NA
```

```

> library(nortest, pos=14)

> with(HORMIGON, shapiro.test(M))

  Shapiro-Wilk normality test

data: M

W = 0.90557, p-value = 0.3661

> with(HORMIGON, shapiro.test(TNC))

  Shapiro-Wilk normality test

data: TNC

W = 0.88572, p-value = 0.2531

> scatterplot(TNC~M, reg.line=lm, smooth=FALSE, spread=FALSE, boxplots=FALSE,
span=0.5,
+ ellipse=FALSE, levels=c(.5, .9), xlab="DESPERDICIO DE HORMIGÓN",
+ ylab="DESPERDICIO DE MANO DE OBRA", data=HORMIGON)

> scatterplot(TNC~M, reg.line=lm, smooth=FALSE, spread=FALSE, boxplots=FALSE,
span=0.5,
+ ellipse=FALSE, levels=c(.5, .9), xlab="% DESPERDICIO DE HORMIGÓN",
+ ylab="% DESPERDICIO DE MANO DE OBRA", data=HORMIGON)

> with(HORMIGON, cor.test(M, TNC, alternative="two.sided", method="spearman"))

  Spearman's rank correlation rho

data: M and TNC

S = 60, p-value = 0.9063

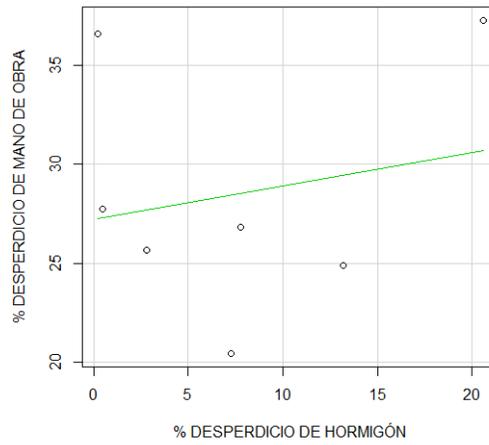
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

```

rho

-0.07142857



R Script: Cemento

```
> cemento <- readXL("F:/residuos en obra/R PROJECT VERITO/cemento.xlsx",  
rownames=FALSE,
```

```
+ header=TRUE, na="", sheet="Hoja1", stringsAsFactors=TRUE)
```

```
> cemento
```

```
  M TNC
```

```
1 8.85 37.27
```

```
2 12.69 24.87
```

```
3 7.69 36.60
```

```
4 25.38 27.75
```

```
5 19.23 25.66
```

```
6 10.00 26.84
```

```
7 25.38 20.40
```

```
8 NA NA
```

```
> with(cemento, shapiro.test(M))
```

Shapiro-Wilk normality test

data: M

W = 0.85258, p-value = 0.1298

```
> with(cemento, shapiro.test(TNC))
```

Shapiro-Wilk normality test

data: TNC

W = 0.88634, p-value = 0.2561

```
> scatterplot(TNC~M, reg.line=lm, smooth=FALSE, spread=FALSE, boxplots=FALSE,  
span=0.5,
```

```
+ ellipse=FALSE, levels=c(.5, .9), xlab="% DESPERDICIO DE CEMENTO",
```

```
+ ylab="% DESPERDICIO DE MANO DE OBRA", data=cemento)
```

```
> with(cemento, cor.test(M, TNC, alternative="two.sided", method="spearman"))
```

Spearman's rank correlation rho

data: M and TNC

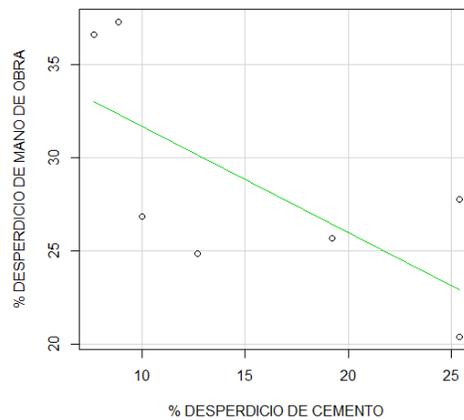
S = 92.326, p-value = 0.115

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho

-0.648675



R Script: Bloques

```
> BLOQUES <- readXL("F:/residuos en obra/R PROJECT VERITO/BLOQUES.xlsx",
rownames=FALSE,
```

```
+ header=TRUE, na="", sheet="Hoja1", stringsAsFactors=TRUE)
```

```
> BLOQUES
```

```
  M TNC
```

```
1 14.09 62.28
```

```
2 13.79 40.26
```

```
3 17.27 73.24
```

```
4 17.27 25.50
```

```
5 16.97  3.08
```

```
6 13.18 34.59
```

```
7 15.76 16.33
```

```
8  NA  NA
```

```
> with(BLOQUES, shapiro.test(M))
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: M
```

W = 0.85579, p-value = 0.1387

```
> with(BLOQUES, shapiro.test(TNC))
```

Shapiro-Wilk normality test

data: TNC

W = 0.97009, p-value = 0.8991

```
> scatterplot(TNC~M, reg.line=lm, smooth=FALSE, spread=FALSE, boxplots=FALSE,  
span=0.5,
```

```
+ ellipse=FALSE, levels=c(.5, .9), xlab="% DESPERDICIO DE BLOQUES",
```

```
+ ylab="% DESPERDICIO DE MANO DE OBRA", data=BLOQUES)
```

```
> with(BLOQUES, cor.test(M, TNC, alternative="two.sided", method="spearman"))
```

Spearman's rank correlation rho

data: M and TNC

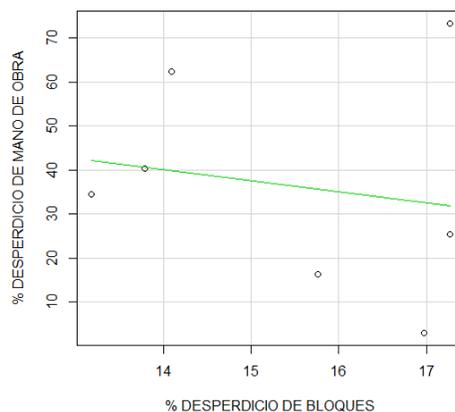
S = 60.036, p-value = 0.878

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho

-0.072075



R Script: Cerámica

```
> CERAMICA <- readXL("F:/residuos en obra/R PROJECT VERITO/CERAMICA.xlsx",
rownames=FALSE,
+ header=TRUE, na="", sheet="Hoja1", stringsAsFactors=TRUE)
> CERAMICA
  M TNC
1 3.46 26.37
2 3.25 9.39
3 13.64 8.33
4 8.66 14.49
5 16.23 7.76
6 6.28 4.59
7 4.76 9.70
8 NA NA
> with(CERAMICA, shapiro.test(M))
Shapiro-Wilk normality test
data: M
W = 0.87761, p-value = 0.216
> with(CERAMICA, shapiro.test(TNC))
Shapiro-Wilk normality test
data: TNC
W = 0.80691, p-value = 0.04791
```

```

> scatterplot(TNC~M, reg.line=lm, smooth=FALSE, spread=FALSE, boxplots=FALSE,
span=0.5,
+ ellipse=FALSE, levels=c(.5, .9), xlab="% DESPERDICIO DE CERAMICA",
+ ylab="% DESPERDICIO DE MANO DE OBRA", data=CERAMICA)
> with(CERAMICA, cor.test(M, TNC, alternative="two.sided", method="spearman"))

```

Spearman's rank correlation rho

data: M and TNC

S = 82, p-value = 0.3024

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho

-0.4642857

