

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN DE
LIMA Y CALLAO (ESTUDIO DE CASO)**

Tesis para optar el Título de **INGENIERO CIVIL**, que presenta el bachiller:

Irwin Óscar Bazán Garay

ASESOR: Dr. Federico Alexis Dueñas Dávila

Lima, enero de 2018



RESUMEN

La presente tesis se basó en el análisis de los resultados de un estudio de caracterización de residuos de construcción y demolición (RCD) de dos obras: una edificación y un puerto. En el primer caso, se efectuó en la construcción del edificio Clement, ubicado en la ciudad de Lima y, y el otro caso, fue la remodelación del terminal muelle norte del Callao. Este propósito de la tesis que expone es conocer la composición, características, cantidades, volúmenes, densidades y la gestión de los RCD, que realizan constructores.

Para cumplir con la finalidad propuesta, se empleó como fuente principal de datos, los manifiestos de disposición de RCD y además para el control de la incertidumbre de los datos declarados, se diseñó una muestra, bajo el modelo “*aleatorio simple*” y en base a los resultados obtenidos se discutió la razonabilidad de las diferentes proporciones, léase tipos o clases de residuos. Luego, se realizó una comparación de los residuos generados en ambos casos de estudio, permitiendo establecer los volúmenes y las proporciones de los residuos que se generaron en la construcción de ambos proyectos, cuyos resultados fueron controlados estadísticamente. Finalmente, se elaboró una matriz de impacto que se utilizó para la evaluación de impacto ambiental, social y económico que ocasionaron los RCD de cada proyecto.

A partir de los estudios realizados, se determinó que al menos un 88% de los RCD pueden ser recuperados; es decir, son pasibles de un proceso de reciclaje o reúso. Cabe precisar que los resultados obtenidos fueron procesados con el software SPSS 23, ello con el objetivo de determinar la relación existente entre la tasa de generación de un residuo y otro, según casos (obras) a través de la correspondiente prueba de hipótesis. En base a los resultados obtenidos, se concluye que la composición de los RCD es variable; es decir, va a ser diferente de acuerdo al tipo de proyecto. Por el lado, de los impactos ambientales se concluye que la remodelación del TMN del Callao generó un mayor impacto debido a la existencia de pasivos ambientales; con relación al impacto social, se tiene que el edificio Clement causó un mayor impacto debido a que la totalidad de los RCD que se generaron fueron eliminados sin mecanismos de gestión y, por último, respecto a la evaluación de impacto económico, la remodelación del TMN del Callao ocasionó un mayor impacto

debido a la creación de los diferentes puestos de trabajos generados por las empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos.

Palabras clave: Residuos de construcción, ambiente, caracterización de residuos, impacto ambiental, impacto económico, impacto social.



SUMMARY

This thesis is based on the analysis of the characterization of waste construction for two different projects: a residential building and a seaport.

The first project was the Clement residential building located in the city of Lima, which was analyzed during the phase of masonry and finishing work. The second project was the restoration of the north dock terminal of Callao. This study was carried out in order to determine the composition, features, quantities, and waste management that builders use.

The main source of data were statements of disposal of wastes. In order to control the uncertainty of the data collected, a sample was designed under the “simple random sample” method and based on the results, the waste composition was discussed. Then, using statistical control, a comparison was made between the waste generated in each project, allowing set volumes and compositions of each project’s generated waste. Finally, the matrix method was applied to analyze the environmental, social and economic impact produced by the waste generated in each project,

As a result of the analysis, it was determined that at least 88% of the waste produced can be recovered, meaning it can be recycled and reused.

Is important to highlight that the results obtained were processed with SPSS 23 software. This was accomplished with the objective to determine the relationship between the rate of waste generation from each project through testing the hypothesis.

Based on the results, it is concluded that the composition of construction waste is variable. In other words, it varies according to the type of the project undertaken. On the other hand, regarding environmental impact, it is concluded that the restoration of the Callao seaport received a greater impact due to the existence of environmental liabilities. The Clement building caused a greater social impact as well, due to poor waste management. Finally, regarding the economic impact, the Callao seaport produced a greater impact due to the different jobs created by the solid waste management companies.

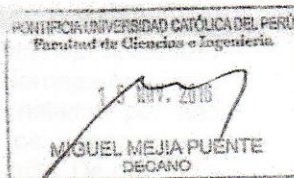
This was carried out in order to determine the composition, relationship, characteristics, quantities and the way in which builders manage their waste construction.

Keywords: construction waste, environment, waste characterization, simple random sampling, environmental impact assessment, economic impact assessment, social impact assessment, matrix method



TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (Estudio de caso)
Área : Medio Ambiente y Recursos Hídricos
Asesor : Alexis Dueñas Dávila
Alumno : IRWIN OSCAR BAZAN GARAY
Código : 2009.7007.412
Tema N° : # 23
Fecha : 03 de noviembre de 2016



DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En países, como el nuestro, aún se advierte un incremento demográfico importante. Esto último trae consigo el aumento de la demanda de recursos naturales, a fin de satisfacer necesidades de consumo y de infraestructura, tales como la construcción de viviendas, ampliación de edificios, desarrollo de infraestructura vial, entre otras.

La tendencia anotada no es ajena a la experiencia internacional, por cuanto que similares patrones de expansión y crecimiento ocurrieron en países desarrollados, en los cuales se utilizaron importantes stocks de recursos naturales, muchos ellos de forma inadecuada, razón por la cual, hoy en día, esas naciones han adoptado políticas de reutilización y reciclaje de residuos en diversos sectores, entre ellos en la construcción. En este sector el reciclaje y la reutilización son parte de las buenas prácticas que se difunden en el sector y aspectos que explican su crecimiento sostenido.

En el Perú, los residuos de construcción no reciben la atención suficiente de autoridades y gestores de la construcción; es por ello, que diversas oportunidades los residuos son desechados a través de vertederos no autorizados, sin que exista un control previo sobre su nivel de toxicidad o grado de reciclabilidad. Para afrontar este problema, se requieren de instrumentos de gestión tales como los planes de gestión de residuos de construcción, que se sustentan en la caracterización previa de los residuos. En ese contexto, el propósito de la tesis propuesta consiste en realizar una caracterización de residuos de construcción a partir de dos casos ubicados en dos diferentes regiones (Lima y Callao) a fin de determinar la composición y características de los residuos que se generan en todo el proceso constructivo. Además, se

propone desarrollar una evaluación del impacto ambiental, económico y social de los residuos generados por estas obras por medio del método multicriterio de análisis. Esta información permitirá contrastar la naturaleza y categoría de los residuos de la construcción con otros casos en diferentes países.

ANTECEDENTES

Según diversos autores, entre ellos, Guarín y et al (2015) *"El panorama internacional, específicamente de los países industrializados, manifiesta el reciclaje y reúso de toda clase de residuos, incluyendo los RCD, como el principal objetivo de los planes estratégicos, dirigidos a un manejo sostenible integral de los recursos"*. Así se tiene por ejemplo, que en Noruega en el año 2007, la generación de RCD fue de 1.25 millones de toneladas por año (Bergsdal, 2007) y los materiales predominantes en los procesos de construcción, renovación y demolición son el concreto y el ladrillo. De otro lado, en Estados Unidos, de acuerdo con la EPA, se generaron alrededor de 136 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición en la construcción de edificios y se observa que en las construcciones de edificios en Estados Unidos predominó el uso de escombros. Una situación similar ocurre en México, donde la Secretaría de Medio Ambiente, señala que en su mayoría, los residuos de construcción son de naturaleza inerte (96.39). Por último, en Chile, la generación de residuos de la construcción y demolición, en el año 2010, fue de cinco millones de toneladas, y su composición se observa que los materiales de los que se hizo mayor uso, fueron aquellos de naturaleza inerte (95.95%).

En el Perú no se cuenta con una data exacta de la composición de los residuos de la construcción, es por ello que la composición que se tiene que inferir con base en el detalle de los materiales de construcción de las viviendas. Se conoce, por el censo respectivo, que los materiales predominantes en las paredes de viviendas son: ladrillos o cemento y el adobe y que los materiales predominantes de los pisos son de naturaleza inerte (cemento y tierra) y que estos hacen un total aproximado del 76% de los materiales que han sido usados en el periodo 2001 al 2014.

En general, se observa para los casos mencionados, que la mayoría de los residuos de construcción y demolición son de naturaleza inerte (escombros, concretos y asfaltos), los cuales pueden ser aprovechados, tal como dice García, que el *"acondicionamientos de caminos y carreteras, rellenos de zanjas, pozos, construcción de suelos artificiales, defensas costeras, protecciones o muros de contención de taludes, entre otros, logrando una notable disminución de los vertederos o centros de acopio"* (García S. , 2012).



OBJETIVOS

El objetivo general de la tesis propuesta es la caracterización de residuos de construcción a partir de dos casos.

Los objetivos específicos planteados son los siguientes:

- a. Caracterizar aquellos residuos que pueden ser aprovechados con base en el estudio y brindar recomendaciones de cómo pueden ser tratados.
- b. Evaluar los impactos ambientales, económicos y sociales que genera la construcción de los proyectos a analizar.

PLAN DE TRABAJO

Para desarrollar el estudio propuesto, el alumno deberá cumplir con los siguientes aspectos:

- a. Revisión de la literatura especializada en lo referente la caracterización de residuos sólidos de la construcción y demolición (RCD) en obras civiles.
- b. Medición y caracterización de residuos en una obra en curso, a fin de determinar las proporciones y tipos de materiales, datos que se serán utilizados como línea de base o testigo.
- c. Diseñar y aplicar la metodología de análisis multi-criterio para la caracterización de los RCD en cuanto a sus aspectos ambientales, sociales y económicos.
- d. Diseñar el correspondiente plan de manejo de RCD.
- e. Análisis e interpretación de resultados.
- f. Redacción del documento final de la tesis, en la cual se integre todos los aspectos que fueron evaluados y de los que obtuvo resultados, considerando los comentarios y críticas señalados en la etapa de evaluación.

Se establecerá un rol de reuniones con el alumno, que tendrá una frecuencia adecuada a fin de garantizar el avance del estudio, sus conclusiones, el estado del arte, y la adecuada interpretación de los resultados obtenidos. La revisión del documento final de la tesis tendrá dos etapas: Un primer borrador que considera los acápites de definición del problema, justificación, objetivos, estado del arte y metodología. Un segundo borrador se centrará en el desarrollo de los resultados y su interpretación, en esta etapa también se evaluará la versión integral del documento.

Nota: máximo 100 páginas.



ÍNDICE GENERAL

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABLAS	vi
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN, PROBLEMA Y DEFINICIÓN DEL ESTUDIO	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Alcances y limitaciones	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo principal.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL Y ESTADO DEL ARTE.....	5
2.1. Marco conceptual.....	5
2.1.1. Ambiente.....	5
2.1.2. Daño ambiental	5
2.1.3. Residuos	5
2.1.4. Residuos sólidos	5
2.1.4.1. Clasificación de residuos sólidos.....	5
2.1.5. Residuos de construcción y demolición (RCD).....	7
2.1.5.1. Materiales causantes de la generación de residuos de construcción	7
2.1.5.2. Clasificación de residuos de construcción	7
2.1.6. Caracterización de residuos de construcción y demolición	8
2.1.7. Gestión de residuos de la construcción y demolición.....	8
2.1.7.1. Reducir	11
2.1.7.2. Reutilizar	11
2.1.7.3. Reciclar	11
2.1.8. Impacto	12
2.2. Estado del arte	12
2.2.1. Composición de los residuos de construcción y demolición en el Perú y otros países	12
2.2.2. Causas de la generación de residuos de construcción y demolición	19
2.2.3. Gestión de residuos de construcción a nivel mundial y nacional	19

2.2.4. Caracterización de residuos de construcción: Ejemplos internacionales	22
2.2.3. Impacto ambiental, económico y social de los residuos de construcción	28
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	30
3.1. Metodología empleada	30
3.2. Definición de método empleado	30
3.2.1. Muestreo aleatorio.....	30
3.3. Evaluaciones de impactos	31
3.3.1. Evaluación de impacto ambiental (EIA) de los RCD	31
3.3.2. Evaluación de impacto social de los RCD.....	34
3.3.3. Evaluación de impacto económico de los RCD	35
3.4. Descripción del área y los casos de estudio.....	37
3.5. Área de estudio	37
3.5.1. Edificio “Clement”	37
3.5.2. Modernización del terminal muelle norte (TMN) del Callao	38
3.6. Estudio de caso en el edificio Clement	39
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	42
4.1. Análisis de resultados.....	42
4.1.1. Edificio Clement	42
4.1.2. Modernización del TMN del Callao.....	47
4.2. Análisis de los residuos de construcción generados en las dos áreas de estudio	51
4.3. Prueba de hipótesis.....	56
4.3.1. Porción reciclable.....	56
4.3.2. Porción no reciclable.....	58
4.4. Análisis de los elementos de los RCD generados en la construcción del edificio Clement y el TMN del Callao para su aprovechamiento	59
4.5. Evaluación de impactos.....	60
4.5.1. Evaluación de impacto ambiental	61
4.5.1.1.Edificio Clement	61
4.5.1.2.Modernización del TMN del Callao	62
4.5.2. Evaluación de impacto social	64
4.5.2.1.Edificio Clement	64
4.5.2.2.Modernización del TMN del Callao	66

4.5.3. Evaluación de impacto económico.....	67
4.5.3.1.Edificio Clement	67
4.5.3.2.Modernización del TMN del Callao	69
4.6. Discusión de resultados	71
CONCLUSIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	76



LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida de una edificación	8
Figura 2: Jerarquización de procesos.....	9
Figura 3: Fases y proceso de los RCD.....	10
Figura 4: Distribución de rellenos sanitarios en el Perú	10
Figura 5: Composición de RCD en el Distrito Federal México	13
Figura 6: Composición de RCD en Colombia	14
Figura 7: Composición de las paredes de las viviendas en el Perú	17
Figura 8: Composición de los pisos de las vivienda en el Perú.....	17
Figura 9: Composición de los techos de las viviendas en el Perú	18
Figura 10: Caracterización de RCD del estado de California	23
Figura 11: Caracterización de RCD en función al peso	23
Figura 12: Caracterización de RCD en función a su volumen	24
Figura 13: Caracterización de residuos de un edificio en la Candelaria Brasil	25
Figura 14: Caracterización de RCD del MAUC	26
Figura 15: Caracterización de RCD del edificio Riviera	26
Figura 16: Caracterización de RCD de una demolición.....	27
Figura 17: Caracterización de RCD de una remodelación	27
Figura 18: Caracterización de RCD de las cuatro obras en México.....	28
Figura 19: Muestreo aleatorio simple	31
Figura 20: Características de peligrosidad de los residuos	32
Figura 21: Ubicación del edificio Clement	37
Figura 22: Vista lateral del edificio Clement	38
Figura 23: Ubicación del Terminal muelle norte del Callao	39
Figura 24: Vista aérea del Terminal muelle norte del Callao.....	39
Figura 25: Bolsas para almacenamiento de residuos de construcción.....	40
Figura 26: Balanza romana electrónica	40
Figura 27: Balanza de piso electrónica.....	41
Figura 28: Disposición de RCD del edificio Clement	43
Figura 29: Generación de RCD del edificio Clement durante todo su proceso constructivo	45
Figura 30: Variación de los RCD del edificio Clement para la etapa de estructuras, albañilería y acabados.....	45
Figura 31: Total de RCD del edificio Clement para las etapas de estructuras, albañilería y acabados.....	46
Figura 32: Nivel de reciclabilidad de los RCD del edificio Clement.....	47
Figura 33: Pasivos ambientales en suelos por derrame de hidrocarburos	48
Figura 34: Disposición de RCD en el Terminal muelle norte del Callao.....	48
Figura 35: Nivel de reciclabilidad de los RCD del TMN del Callao	49
Figura 36: Pasivo ambiental en TMN del Callao.....	50
Figura 37: Variación de los RCD del TMN del Callao.....	50
Figura 38: Composición de RCD en las dos obras porción reciclable	52
Figura 39: Diagrama de caja de los escombros	53

Figura 40: Composición de RCD en las dos obras porción no reciclable 55

Figura 41: Diagrama de caja de los escombros porción no reciclable 55

Figura 42: Distribución de residuos según su peligrosidad del edificio Clement 62

Figura 43: Características de la peligrosidad de los residuos del edificio Clement..... 62

Figura 44: Distribución de residuos según su peligrosidad del TMN del Callao 63

Figura 45: Características de la peligrosidad de los residuos del TMN del Callao 64

Figura 46: Distribución de los residuos según su afectación a la sociedad del edificio Clement 65

Figura 47: Consecuencias del impacto social de los residuos del edificio Clement..... 65

Figura 48: Distribución de los residuos según su afectación a la sociedad del TMN del Callao 66

Figura 49: Consecuencias del impacto social de los residuos del TMN del Callao 67

Figura 50: Distribución de los residuos según su afectación a la economía del edificio Clement
..... 68

Figura 51: Características del impacto económicos de los residuos del edificio Clement 69

Figura 52: Distribución de los residuos según su afectación a la economía del TMN del Callao 70

Figura 53: Características del impacto económico de los residuos del TMN del Callao 70



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Composición de RCD en Noruega	13
Tabla 2: Generación de RCD en Costa Rica.....	15
Tabla 3: Composición de RCD en Chile	15
Tabla 4: Composición de residuos sólidos en el Perú.....	16
Tabla 5: Porcentaje de RCD reciclados o reusados en Europa	20
Tabla 6: Clasificación de RCD de acuerdo a CONOMA 2002.....	25
Tabla 7: Escala de valoración de la evaluación de impacto ambiental	32
Tabla 8: Modelo de la matriz de evaluación de impacto ambiental	34
Tabla 9: Escala de valoración de la evaluación de impacto social.....	34
Tabla 10: Modelo de la matriz de evaluación de impacto social	35
Tabla 11: Escala de valoración de la evaluación de impacto económico.....	36
Tabla 12: Modelo de la matriz de evaluación de impacto económico	36
Tabla 13: Ficha para inventario de residuos de construcción del edificio Clement	39
Tabla 14: RCD generados en la construcción del edificio Clement.....	42
Tabla 15: Resumen de RCD generados en el edificio Clement	43
Tabla 16: Estimación de RCD del edificio Clement para las etapas de estructuras, albañilería y acabados.....	44
Tabla 17: Resumen de RCD porción reciclable y no reciclable del edificio Clement.....	46
Tabla 19: RCD generados en la construcción del Terminal muelle norte del Callao	48
Tabla 20: Resumen de RCD porción reciclable TMN del Callao	49
Tabla 20: Resumen de proporciones del edificio Clement y del TMN del Callao porción reciclable	51
Tabla 21: Parámetros estadísticos porción reciclable	52
Tabla 22: Resumen de proporciones del edificio Clement y del TMN del Callao porción no reciclable.....	54
Tabla 23: Parámetros estadísticos porción no reciclable	54
Tabla 24: Valores estadísticos de los materiales porción reciclable	57
Tabla 25: Prueba de muestras independientes porción reciclable	57
Tabla 26: Valores estadísticos de los materiales porción no reciclable.....	58
Tabla 27: Prueba de muestras independientes porción no reciclable	59
Tabla 28: Aprovechamiento de residuos de la construcción	60
Tabla 29: Matriz de evaluación ambiental del edificio Clement.....	61
Tabla 30: Matriz de evaluación ambiental del TMN del Callao	63
Tabla 31: Matriz de evaluación social del edificio Clement	64
Tabla 32: Matriz de evaluación social de la modernización del TMN del Callao.....	66
Tabla 33: Matriz de evaluación económica del edificio Clement	68
Tabla 34: Matriz de evaluación económico del TMN del Callao	69

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN, PROBLEMA Y DEFINICIÓN DEL ESTUDIO

1.1. Introducción

La construcción es uno de los sectores fundamentales para el progreso económico de los países (Villegas, Souza, & Sacapuca, 2013); sin embargo, es una actividad que demanda importantes recursos naturales tales como la energía, agua, entre otros. Las consecuencias de esta demanda son elevadas tasas de generación de residuos de construcción que se producen a nivel mundial, sin que existan razonables diferencias entre progreso económico y volumen de residuos generados.

En economías emergentes y de crecimiento, como el Perú, se constata esta relación, aun cuando ello se deba a razones lógicamente diferentes. Para empezar, el crecimiento del sector se ve estimulado por el incremento demográfico aún importante que presenta el país. Luego, esta causalidad trae consigo el aumento anual de la demanda de recursos naturales, a fin de satisfacer necesidades de infraestructura tales como la construcción de viviendas, ampliación de edificios, construcción de infraestructura vial, entre otras (Glinka, Vedoya, & Pilar, 2006). Las cuales, se traducen en demandas de expansión y crecimiento, tal como ocurrió en países industrializados, que en su momento privilegiaron los resultados económicos sobre los resultados de su desarrollo. Esta visión “práctica” trajo consigo que se emplearan los recursos naturales de manera desmesurada y actualmente se encuentran desarrollando y aun diseñando mecanismos de gestión ambiental para lograr el equilibrio entre el ambiente y la dinámica social (Contreras, 2009). Una buena práctica ha sido poner en marcha políticas de reutilización y reciclaje de residuos de construcción, dado los volúmenes importantes que se generan.

En el Perú, es menester señalar que los residuos de construcción no reciben la atención suficiente por parte de las autoridades; es decir, no se ha elaborado un plan de gestión y tratamiento de residuos que permita aprovechar los potenciales beneficios que podrían obtenerse de ellos. A ello se añade, que en diversas oportunidades son residuos son desechados a través de vertederos no autorizados, lo cual evidencia la inexistencia de controles previos y posteriores sobre su nivel de toxicidad o grado de reciclabilidad.

Diversos autores señalan que para afrontar este problema, es necesario implementar un plan de gestión de residuos de construcción, el cual deberá abarcar todas las estrategias de gestión, desde la generación hasta la disposición final de los mismos.

En ese contexto, el propósito de este trabajo fue realizar la caracterización de residuos de construcción de dos obras o casos. De un lado el edificio Clement, ubicado en el distrito de San Isidro, y de otro, la remodelación del terminal muelle norte del Callao. Con la información de campo y de fuente administrativa se logró determinar la composición y características de los residuos generados durante el proceso constructivo, la cual fue contrastada con una prueba piloto que dio luces importantes sobre la certidumbre de los datos involucrados en el trabajo de investigación. Esto último permitió realizar la evaluación del impacto ambiental, económico y social en cada una de las mencionadas obras, respecto a los residuos generados.

1.2. Alcances y limitaciones

El trabajo de investigación, que se expone, se basó en el análisis de los resultados obtenidos del estudio de caracterización de residuos de construcción de dos obras. En el caso del edificio Clement, se consideró su etapa constructiva que abarcó las tareas de albañilería y acabados, y la remodelación del terminal Muelle Norte del Callao, ambas ubicadas en Lima y Callao respectivamente. Esto quiere decir, que se trata de un estudio de corte cualitativo, y sus hallazgos no pueden ser tomados como válidos para otros casos similares, dado la ausencia de un enfoque probabilístico proveniente de una muestra.

Respecto al desarrollo de las evaluaciones ambientales, sociales y económicas, éstas se llevaron a cabo en base a los resultados obtenidos del estudio de campo de la construcción del edificio Clement y la remodelación del terminal muelle norte del Callao. Aun así, la estrategia metodológica aplicada reporta importantes limitaciones, como las siguientes:

- Se trata de un estudio de caso que no es posible generalizar a otros ejemplos de manera significativa e inferencial desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, obedece a un modelo mixto, dado que se trata de un estudio de corte cualitativo – cuantitativo, puesto que la caracterización solo tiene una naturaleza descriptiva.

- Una limitación básica es no contar con un mayor universo de casos y mediciones de residuos generados durante los procesos constructivos. Esto habría permitido un volumen de datos más significativo, que ilustraría de mejor manera que las proporciones, volúmenes estimados y volumen por unidad funcional, son significativos no solo para los casos estudiados, sino para un grupo de casos emblemáticos.

1.3. Justificación

En el Perú no existe una cultura que promueva el reciclaje, que se refleja en la inexistencia de estudios relacionados a la caracterización de residuos de construcción, pese a ser estos el segundo grupo de mayor importancia con un 3.58% del total de los residuos sólidos generado nacionalmente (Ministerio del Ambiente, 2012). Esta situación se agudiza, debido a que el Estado, en los últimos años, dio mayor importancia al tratamiento de residuos sólidos domiciliarios y dejó de lado el tratamiento de los residuos de construcción y demolición, los cuales se siguen vertiendo al medio sin mecanismos de gestión y de forma ilegal que perjudica la calidad del ambiente.

Actualmente, el país atraviesa por la coyuntura signada por el “boom” de la construcción, ello induce una alta demanda de recursos naturales y, a consecuencia de esto, se generan elevados índices de residuos de construcción y demolición. Ante esta realidad, se estima que resulta necesario implementar controles operacionales a los residuos de construcción, con la finalidad de reducir su cantidad y reusarlos, reciclarlos o, en su defecto, disponerlos. Pero, para alcanzar el objetivo propuesto, deviene en necesario clasificar los residuos de construcción en concreto, acero, madera, plásticos, entre otros; sin embargo, la realidad muestra que en el Perú no existen estudios de caracterización de residuos de construcción. Por ello, la realización de este trabajo pretende efectuar un estudio que brinde información sobre los tipos y las cantidades de residuos de construcción que se generan en Lima y Callao y los volúmenes que pueden ser reciclados a través de la caracterización de residuos de construcción de cada obra.

La caracterización resultaría siendo parcial y limitada si en ella no se analiza el impacto ambiental, económico y social que se puede generar a raíz del desarrollo de la construcción de un proyecto. Una diferencia sustancial en los casos analizados, consiste en la forma de disposición y transpor de los residuos generados. En la modernización del terminal muelle

norte del Callao, la obra contrató empresas prestadoras de servicios de manejo de residuos sólidos, y en el edificio Clement, se realizó la disposición de manera directa con el uso de camiones.

Finalmente, resulta necesario señalar que este estudio servirá como punto de partida para próximas investigaciones referentes al tema de caracterización de residuos de construcción, por medio de la comparación de tipos, cantidades y proporciones de residuos de construcción. Si bien el ámbito nacional existen estudios de caracterización de residuos sólidos a nivel distrital y nacional, no hay información sobre estudios de caracterización de residuos construcción; no obstante, si existen estudios referidos al aprovechamiento de residuos construcción tales como: la reutilización de agregados en la producción de concreto para edificaciones (Condori, 2014) y la reutilización de residuos sólidos en la producción de pavimentos rígidos de bajo costo (Sosa & Najjar, 2016). Por otro lado, en el ámbito internacional se disponen de estudios de caracterización de residuos de la construcción y demolición (RCD) en países como Argentina, México, Brasil y Estados Unidos que se desarrolla en un apartado posterior.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo principal

- El objetivo de este estudio es la caracterización de residuos de construcción del edificio Clement y de la modernización del terminal Muelle Norte del Callao.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar aquellos residuos con base a criterios técnicos de reuso, reciclabilidad, peligrosidad, volumen, tipo y toxicidad al medio.
- Evaluar los impactos ambientales, económicos y sociales ocasionados por la generación de residuos de construcción de los proyectos a analizar.

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL Y ESTADO DEL ARTE

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Ambiente

El ambiente son todos aquellos factores que rodean al ser humano y que afectan directamente a los organismos (González, 2016). Es decir, es el conjunto de elementos culturales, sociales, económicos, físicos y naturales que se interrelacionan y determinan el carácter y la forma en la que se vincula el ser humano.

2.1.2. Daño ambiental

Es el efecto de una determinada acción u omisión que afecta de manera negativa al ambiente y/o al patrimonio de las personas (Castañón, 2006). Por ejemplo, la generación de residuos.

2.1.3. Residuos

El término residuo hace referencia a todos los restos o sustancias que para el ser humano, luego de haber cumplido su vida útil no tiene valor, y busca desprenderse de estos. Elías (2009) afirma que los residuos son los elementos o sustancias generadas por actividades que carecen de valor y tienen prescindirse por carecer de interés con respecto a la actividad principal.

2.1.4. Residuos sólidos

Un residuo sólido es cualquier material de naturaleza compacta, que ha sido descartado luego de consumirse su parte útil (Montes, 2009). Es decir, son todos aquellos que se generan como consecuencia de las actividades que realizan tanto el ser humano como los animales.

2.1.4.1. Clasificación de residuos sólidos

Residuos domiciliarios

Son aquellos elementos, sustancias u objetos generados a causa del consumo y desarrollo humano (Montes, 2009). Entre los residuos domiciliarios se pueden encontrar los residuos provenientes de viviendas, colegios, oficinas, entre otros.

Residuos orgánicos

Son aquellos residuos de origen biológico que en algún momento han tenido vida y son generados por los seres humanos, los animales, la agricultura y la ganadería. Estos residuos al descomponerse generan metano, dióxido de carbono y otros gases que producen el efecto invernadero y, de aprovecharse este tipo de residuos pueden ser utilizados para la fabricación de fertilizantes (Clean Up the World, 2008).

Residuos inorgánicos

Son aquellos residuos que por sus características químicas sufren una descomposición muy lenta (Sepúlveda, 2010). Entre los residuos inorgánicos se pueden encontrar los plásticos, vidrios, metales, entre otros.

Residuos metálicos

Los residuos metálicos se pueden dividir en residuos ferrosos y no ferroso, en el presente estudio se abordarán desde la perspectiva de los residuos metálicos tipo ferrosos. Su aprovechamiento requiere de procesos de trituración o limpieza dependiendo el grado de contaminación y finalmente de fundición (De Jesus, Duchesne, & Hernandez, 2013). Entre los residuos metálicos se pueden encontrar acero, chatarra, herramientas metálicas, entre otros.

Residuos peligrosos

Son aquellos residuos que debido a su composición y propiedades químicas pueden ocasionar daños significativos hacia las personas y al ambiente. (Romero E. , 2006). Estos residuos han aumentado considerablemente debido al crecimiento económico de los países, principalmente de las industrias, generando graves consecuencias en la salud de las personas a nivel global. Cabe señalar, que entre los residuos peligrosos más comunes se encuentran los residuos generados por las industrias químicas, los residuos hospitalarios y los residuos generados por la construcción, renovación o ampliación de estructuras.

Residuos no peligrosos

De acuerdo con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014), son considerados residuos no peligrosos a aquellos que por su naturaleza o manejo no

presentan problemas de consideración hacia la salud de las personas y al ambiente por no presentar peligrosidad. Actualmente, este tipo de residuos son desechados en vertederos o en lugares no autorizados para su eliminación. Ante esta situación, las empresas constructoras y las autoridades municipales diseñan programas de gestión para la categorización de este tipo de residuos.

2.1.5. Residuos de construcción y demolición (RCD)

Este es un concepto muy general vinculado a la industria de la construcción, debido a que son todos los materiales que se generan durante la ejecución de una obra civil, los cuales varían en cantidad, volumen y proporción de acuerdo al tipo de proyecto que se realiza (construcción, renovación o ampliación).

Burgos (2010) define los RCD como aquellos que se generan durante la ejecución de los trabajos de construcción de una nueva planta, reparación o acondicionamiento de una obra. En las obras civiles de construcción según Martel (2008), los RCD son todos aquellos excedentes que no forman parte de la estructura o que han sido descartados por el proceso constructivo.

2.1.5.1. Materiales causantes de la generación de residuos de construcción

Según Formoso y el al (2002) los principales materiales que causan la generación de RCD son: la industria del acero, el concreto pre mezclado, los ladrillos y bloques, las cerámicas, la arena, cal y mortero pre mezclado, las tuberías y cables.

2.1.5.2. Clasificación de residuos de construcción

Cconislla (2014) considera que los residuos de construcción se pueden clasificar según su origen y naturaleza. Por origen, los residuos pueden generarse como consecuencia de la limpieza del terreno; por ejemplo, tocones o ramas de árboles, materiales de excavación, residuos inertes de naturaleza pétreo, residuos de obras viales, como trozos de losas o asfalto y residuos de renovación o reparación de estructuras. En cambio, por su naturaleza, se tienen residuos inertes, sin peligro de polución al agua, suelo o aire; así mismo, pueden presentarse como residuos no peligrosos; residuos domésticos y residuos especiales, tales como sustancias inflamables o tóxicas.

En la figura 1 se muestra un diagrama que ilustra el ciclo de vida de la construcción, el cual consta de cinco fases: extracción de recursos, elaboración de productos, construcción y uso del edificio y por último, su demolición.



Figura 1: Ciclo de vida de una edificación

Fuente: www.arqhys.com

2.1.6. Caracterización de residuos de construcción y demolición

La caracterización de residuos es el procedimiento que permite identificar y estimar ciertos valores como el volumen, el peso o las proporciones de los residuos de construcción. De ese modo, la caracterización de residuos es un proceso que incluye acciones y una metodología destinados a recolectar información; ello, con el fin de determinar las cantidades de los residuos, cómo están compuestos éstos y cuáles son sus propiedades e determinados escenarios (Runfolá & Gallardo, 2009).

2.1.7. Gestión de residuos de la construcción y demolición

La gestión de residuos es el conjunto de acciones encaminadas a destinar los residuos, que han sido producidos en un determinado lugar, un mejor destino, ello, desde una perspectiva económica y social (Cerdeña & Francisco, 2013). Por tanto, la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) tiene como objetivo reducir al máximo la generación de éstos; para ello, toma en consideración todas sus etapas, desde su generación hasta su disposición final. Con base en lo señalado, la gestión de RCD implica

realizar una jerarquización de los procesos por los cuales pueden discurrir los residuos de acuerdo a la categoría a la cual pertenezcan.

En la figura 2, se muestra la jerarquización del proceso del manejo de residuos. Primero, se debe prevenirse o reducirse la generación de residuos; en segundo lugar, se debe atenuar el impacto que los residuos puedan generar en el ambiente, a través de procesos de reutilización o reciclaje de residuos. El siguiente paso consta de buscar formas alternativas de uso, tales como la generación de energía, y por último, la disposición final de los residuos que deberán ser dispuestos en vertederos autorizados.

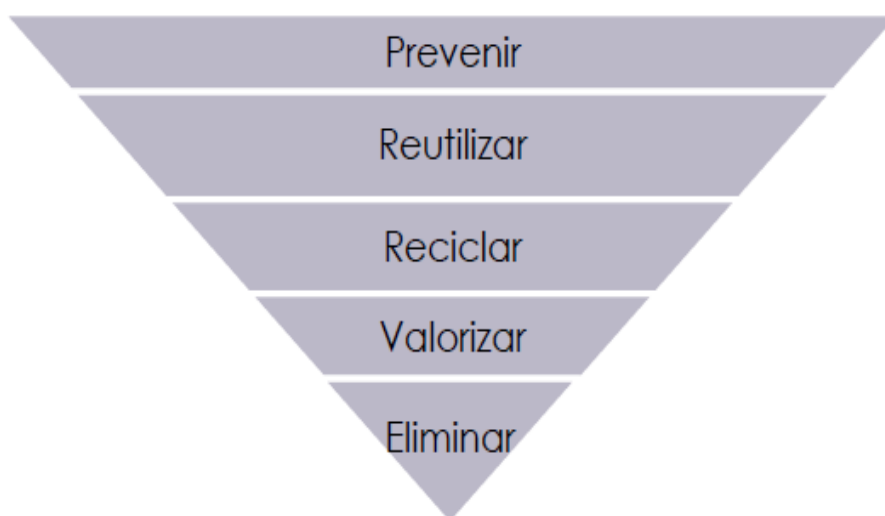


Figura 2: Jerarquización de procesos

Fuente: (European Environment Agency, 2009)

En ese orden de ideas, la generación de residuos se da cuando el dueño o la persona que se encarga del uso material busca desprenderse de este debido a su falta de utilidad. Luego de ello, se produce una fase de acumulación, en la cual se recolecta o acopia todos los residuos y son acumularlos transitoriamente en un lugar determinado de la obra, para finalmente se dé el proceso de traslado y eliminación. Este último proceso tiene como objetivo transportar los residuos de construcción hacia lugares donde se puedan realizar tratamientos de reciclaje o en su defecto hacia lugares autorizados, rellenos sanitarios y en el caso especial de los RCD se denominan “escombreras” (Fig. 3).



Figura 3: Fases y proceso de los RCD

Fuente: Elaboración Propia

En el Perú es complicado completar todas las fases o etapas de los RCD, principalmente por la ausencia de rellenos sanitarios. Según fuentes oficiales solo se cuenta con diez rellenos sanitarios activos, de ellos cuales cuatro están en Lima y los otros seis se encuentran distribuidos en las diversas regiones del país (Ministerio del Ambiente, 2012) (Fig. 4).

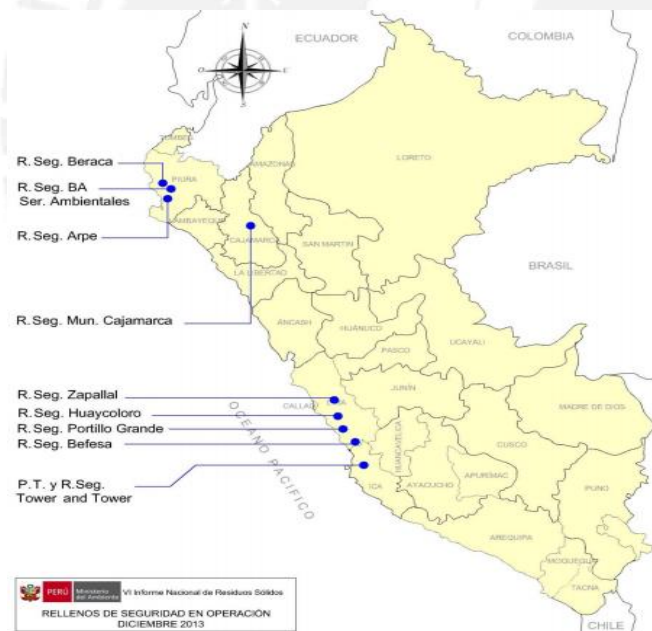


Figura 4: Distribución de rellenos sanitarios en el Perú

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2014)

Un claro ejemplo de los problemas que existen en el Perú sobre el manejo y la disposición final de los RCD es que la existencia de alrededor de 20 botaderos, que se encuentran en una situación delicada. En primer lugar, se tiene al botadero Chaperito que se encuentra

en el margen izquierdo del río Chillón, que ocasiona el estrechamiento del cauce por importantes volúmenes de RCD que son eliminados en sus riveras (Kiwitt-López, 2009) y en segundo lugar, el botadero el Milagro, ubicado a 12 km de la ciudad de Trujillo, es el más crítico del Perú y número dieciocho a nivel mundial de acuerdo a la OEFA. En este botadero se llevan sin tratamiento ni control aproximadamente 720 toneladas/día de residuos.

2.1.7.1. Reducir

Son todas las acciones que se realizan con el fin de evitar la generación de desperdicios mediante un uso controlado de productos y dándole especial énfasis a los residuos contaminantes. De acuerdo con (Acosta, 2002), reducir comprende el principio de prevención, éste procura disminuir la producción de residuos con miras a alcanzar el óptimo de “cero desperdicio” mientras se mantenga el proceso de construcción, el cual abarca desde la producción de materiales, construcción, ocupación, alteraciones sucesivas y hasta el fin de su vida útil, en donde las estructuras son demolidas.

2.1.7.2. Reutilizar

La reutilización se define como el uso de un material o residuo previamente empleado, sin que intervenga un proceso de transformación sobre él dándole la máxima utilidad con un mínimo proceso de recuperación. De acuerdo con Aquino (2015) la reutilización de residuos de construcción puede clasificarse en: reutilización directa, en donde se hace uso de los materiales generados en la misma obra, por lo que el ahorro que se genera es el máximo, ello, permite reducir el costo de transporte. En cuanto a la reutilización indirecta, tenemos que ésta se produce por la necesidad de transportar entre obras. Esta situación genera costos colaterales; por ejemplo ambientales, dependiendo de la necesidad a satisfacer estándares de calidad.

2.1.7.3. Reciclar

El reciclaje es un proceso que permite la recuperación, transformación y elaboración de un material a partir de residuos de forma parcial o total (Castells, 2000). La razón de utilizar políticas de reciclaje es disminuir el daño que ocasiona el hombre hacia el ambiente a través de la reducción del uso de materia prima prolongándose la vida útil de los materiales dándoles el mismo uso u otros.

2.1.8. Impacto

El término impacto hace referencia a las consecuencias de una actividad o acción que produce una alteración favorable o desfavorable en el medio o algunos componentes del medio (Libera, 2007). Siguiendo a Libera, para el caso de los proyectos de construcción son los cambios que se producen en relación con el ambiente, la economía y la sociedad. Para cuestiones de este trabajo se realizarán tres tipos de evaluaciones impactos: ambiental, económico y social.

2.2. Estado del arte

2.2.1. Composición de los residuos de construcción y demolición en el Perú y otros países

El panorama internacional, particularmente la de los países industrializados, está presente el reciclaje y reúso de toda clase de residuos, incluyendo los RCD, como eje principal de los planes estratégicos, para el uso sostenible de los recursos (Guarin, Montenegro, Walteros, & Reyes, 2015); no obstante, en países como el Perú, el tratamiento de residuos es aplicado únicamente a los residuos sólidos urbanos. A continuación se muestran los siguientes casos:

Noruega

En el año 2007, la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en Noruega fue de 1.25 millones de toneladas por año (Bergsdal, 2007) . En la tabla 1 se aprecia que los RCD varían según el tipo de intervención que provienen (construcción, renovación y demolición) y de su tamaño (pequeño, grande y otros). Se observa además que los materiales predominantes son el concreto y el ladrillo; que alcanzan su valor máximo cuando se realizan trabajos de demolición de viviendas. Adicionalmente, se aprecia una importante reducción del uso del asbesto, dado que es considerado como un material peligroso para nuevas construcciones (EPA, 2003).

Tabla 1: Composición de RCD en Noruega

Material	Construcción		Renovación		Demolición	
	Pequeña	Grande	Pequeña	Grande	Pequeña	Grande
%						
Asbestos	0.00	0.00	0.56	0.83	0.37	0.19
Materiales peligrosos	0.24	0.23	0.06	0.05	0.07	0.04
Concreto y ladrillos	22.14	62.11	45.15	50.64	68.61	91.77
Yeso	10.35	4.48	6.59	4.06	0.59	0.00
Vidrio	0.82	0.39	0.32	0.48	0.45	0.04
Tecnopor	4.09	0.68	0.69	0.23	0.29	0.00
Metales	0.37	1.56	0.42	6.75	0.77	0.70
Papeles y plásticos	9.95	1.49	0.79	1.13	0.16	0.03
Madera	19.35	8.94	42.41	13.40	18.42	4.40
Material desconocido	32.70	20.12	3.02	22.42	10.27	2.83

Fuente: (Bergsdal, 2007)

México

De acuerdo a la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal de México, los residuos de construcción y demolición representaban, aproximadamente, el 45% con potencialidad de reciclaje. Se observa que, en su mayoría, los RCD, son de naturaleza inerte en un 96.88%, debido a que en las construcciones efectuadas en México casi la totalidad de los materiales usados son de naturaleza inerte (Fig. 5)

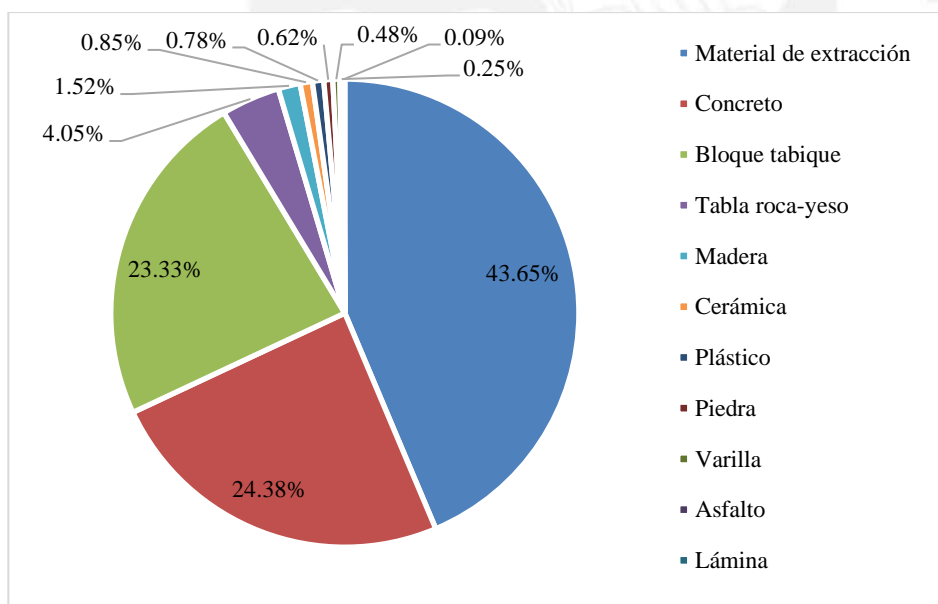


Figura 5: Composición de RCD en el Distrito Federal México

Fuente: (Secretaría del medio ambiente, 2007)

Colombia

Colombia es un país que se encuentra en vías de desarrollo y sus actividades están enfocadas al tratamiento de los residuos sólidos urbanos. En la figura 6 se muestran la composición de los RCD, en la cual se observa que en la industria de la construcción se generó una proporción elevada de escombros: ladrillos, arena, piedras, concreto, cerámicos, entre otros, de aproximadamente un 75%, seguido por los residuos comunes (7%) y en menor proporción los RCD conformados por vidrio, yeso y papel (1%).

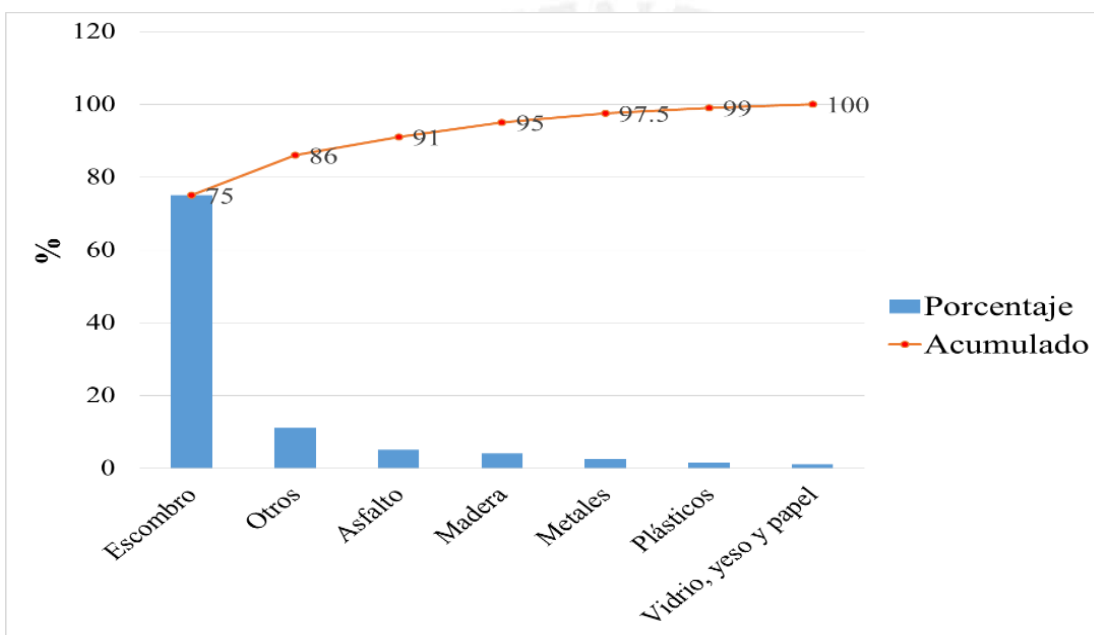


Figura 6: Composición de RCD en Colombia

Fuente: (Guarín, Montenegro, Walteros, & Reyes, 2015)

Costa Rica

La composición de los RCD en Costa Rica es muy similar al caso colombiano. En ambos casos predominan los residuos de naturaleza inerte (tab. 2). En la actualidad, se recupera un porcentaje bajo de RCD. El Estado pretende promocionar usos más sostenibles, y con ese propósito se han desarrollado guías que pretenden instruir a los constructores sobre el tratamiento y gestión sostenible de residuos, así como difundir prácticas sostenibles (UICN, 2011).

Tabla 2: Generación de RCD en Costa Rica

Material	Composición (%)
Concreto	25.00
Tierra mezclada con otros materiales	40.00
Ladrillo	25.00
Pedazos de bloques	5.00
Papel	1.25
Cartón	0.50
Acero	0.03
Alambre	0.03
Madera	1.00
Plástico	0.50
Tubos	0.10
Láminas	0.15

Fuente: (Cyma, 2007)

Chile

De acuerdo a la Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile (CONAMA, 2010), entre el 70% y el 75% de los residuos generados son relativos a la industria de la construcción y demolición, esto se traduce en cinco (5) millones de toneladas al año, su composición se detalla en la tabla 3. Se observa que los materiales de uso más frecuente, son aquellos de naturaleza inerte, con una incidencia de 95.95%.

Tabla 3: Composición de RCD en Chile

Material	Composición (%)	Material	Composición (%)
Áridos	79.00	Cerámica muro	0.06
Cemento	11.20	Pizarreño	0.05
Ladrillo	5.36	Baldosa	0.05
Revestimientos plásticos	2.38	Tubo de fierro	0.04
Madera	0.45	Flexit	0.04
Yeso	0.39	Fierro PE	0.03
Fierro redondo	0.32	Plancha zinc	0.02
Cañerías de cobre	0.21	Azulejos	0.02
Masisa	0.18	Tubos PVC	0.01
Parquet	0.13	Fierro PL	0.01
Teja arcilla	0.13	Bloques	0.01
Cerámica pisos	0.10	Teja piz	0.01
Clavos y tornillos	0.08	Alfombra	0.01
Alambre	0.06		

Fuente: (CONAMA, 2010)

Perú

En este caso no se cuenta con datos confiables respecto a la composición de los RCD; sin embargo, de acuerdo al cuarto y al sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal de los años 2011 y 2013, se puede inferir sobre la composición de residuos sólidos generados en el país para el periodo 2011-2013.

Tabla 4: Composición de residuos sólidos en el Perú

Tipo de Residuo	2010	2011	2012	2013
	%			
Materia Orgánica	50.19	48.90	50.90	50.43
Plástico	8.07	9.90	10.10	6.11
Residuos Peligrosos	7.88	6.60	8.50	7.44
Escombros e Inertes	5.74	4.70	7.10	8.07
Otros	3.30	1.10	4.90	4.41
Papel	3.95	5.20	4.80	3.96
Madera y restos de jardín	2.08	2.90	3.40	2.97
Cartón	3.77	3.80	3.30	3.48
Vidrio	3.10	3.90	3.20	3.05
Metales	2.59	3.20	2.80	2.64
Telas y Textiles	1.32	1.50	1.80	1.61
Cuero, caucho y jebe	1.12	0.90	1.60	1.25
Huesos	1.78	1.80	0.80	S/D
Tetrapack	0.73	0.50	0.60	0.78
Residuos de aparatos electrónicos	1.64	S/D	0.40	0.47

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2014)

En la tabla 4 se observa que la tasa de generación de residuos de procedencia inerte fue en aumento año tras año, con un leve descenso en el año 2011 debido a la crisis financiera mundial que también afectó al Perú. A partir del año 2012, tras la recuperación de la economía, la tasa de generación de escombros de naturaleza inerte también aumentó. Sin embargo, dada la ausencia de datos oficiales, se analiza el caso a partir de los materiales construidos en viviendas, que forman parte de las encuestas de hogares y/o de los censos nacionales.

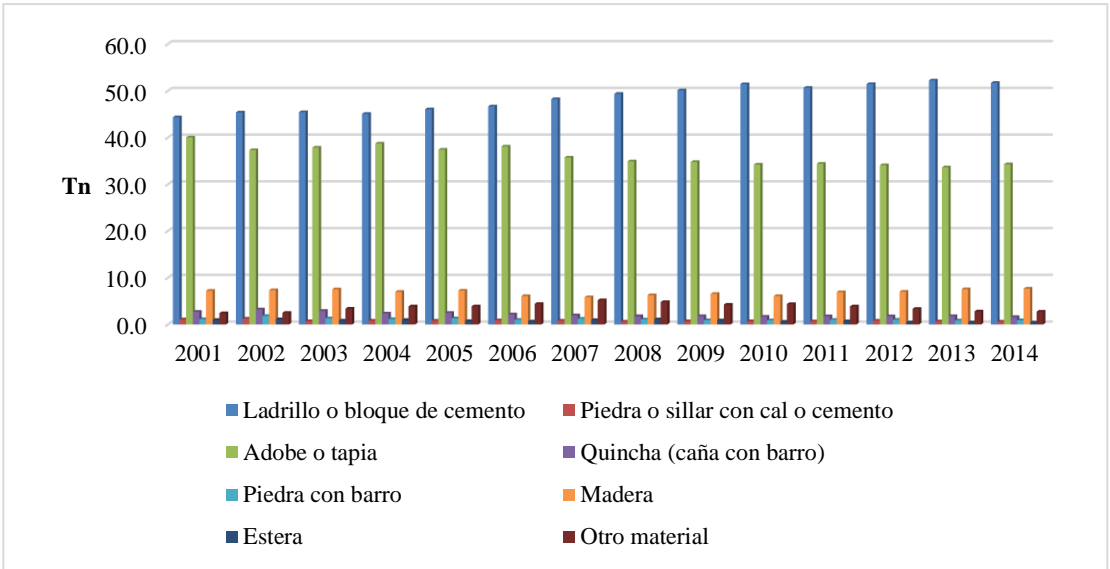


Figura 7: Composición de las paredes de las viviendas en el Perú

Fuente: (INEI, 2014)

De acuerdo a la figura 7, se observa que los materiales predominantes en las paredes son ladrillo, cemento y adobe. Con el discurrir del tiempo, es fácil apreciar que el número de viviendas construidas con paredes de ladrillo aumentó en un 6%,. En cambio, en ese mismo período, las construcciones de viviendas con paredes de adobe disminuyeron en 6%.

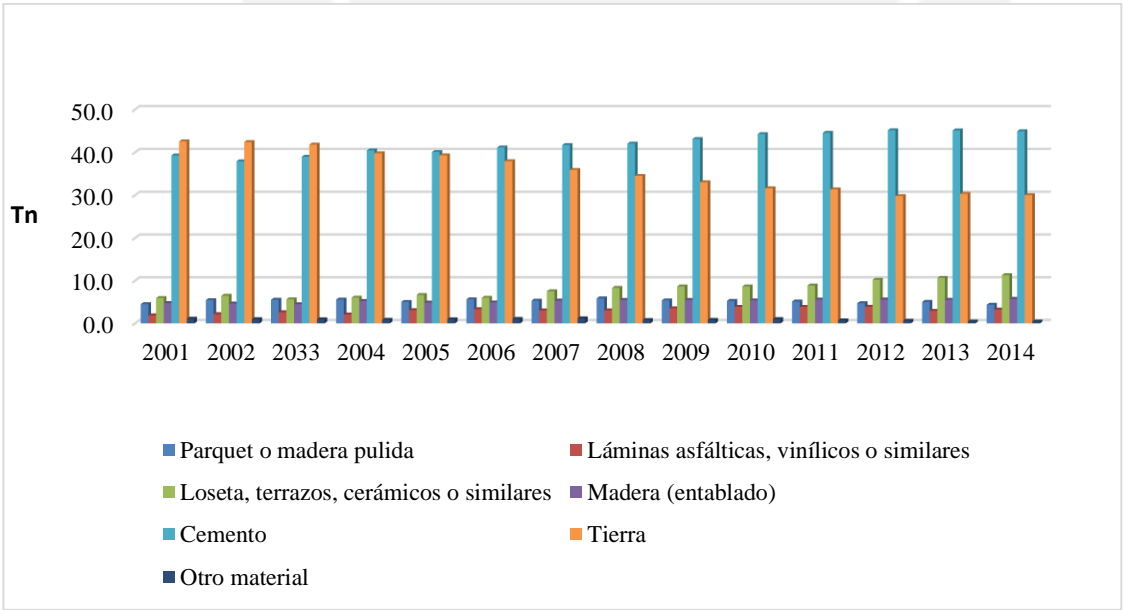


Figura 8: Composición de los pisos de las vivienda en el Perú

Fuente: (INEI, 2014)

De otro lado, el material predominante de los pisos de las viviendas es de naturaleza inerte (cemento y tierra) y representan el 76% (Fig. 8). Por su parte, se observa que los materiales predominantes en las construcciones de los techos son el concreto armado y las planchas de calamina (Fig. 9). Lo anteriormente señalado puede ser un problema de consideración, que en su mayoría las planchas de calamina están hechas con asbesto, material que está considerado por el sector salud como peligroso, al contener partículas cancerígenas (MINSA, 2005).

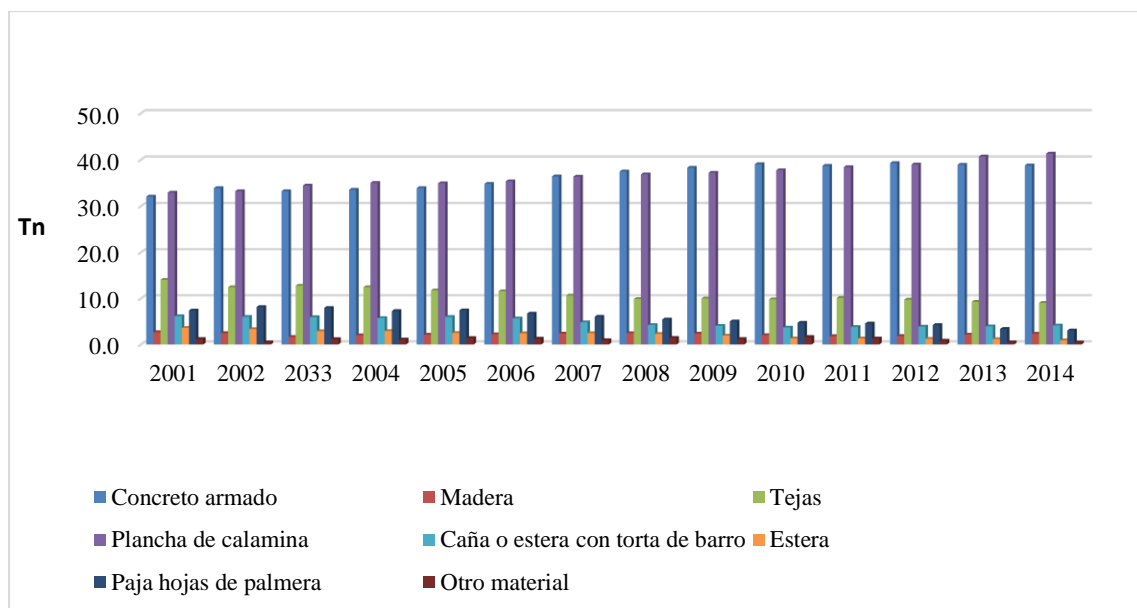


Figura 9: Composición de los techos de las viviendas en el Perú

Fuente: (INEI, 2014)

De acuerdo a lo descrito antes, se podría indicar que los materiales predominantes que influyen en la generación de RCD serían de naturaleza inerte (concreto, arena, ladrillo y piedra). Además, se puede advertir que en las construcciones de viviendas ha disminuido el uso del ladrillo y el adobe, en favor de un notable incremento del concreto. Esto último, contribuye a viviendas más resistentes a sismos.

En general, se observa que en el caso descritos, que la mayoría de los RCD son de naturaleza inerte (escombros, concretos y asfaltos), los cuales pueden ser aprovechados, tal como los señala García (2012) en acondicionamientos de caminos y carreteras, rellenos de zanjas, construcción de suelos artificiales, defensas costeras, protección de taludes,

consiguiendo una importante disminución de los vertederos o centros de acopio de los residuos de construcción.

2.2.2. Causas de la generación de residuos de construcción y demolición

Las causas de la generación de RCD pueden presentarse en dos etapas del desarrollo del proyecto civil: el diseño y la construcción (Aldana & Serpell, 2012). En el primero caso, las causas de generación se explican por diseños y detalles complejos, insuficiente información sobre los tipos y tamaños de materiales en los documentos técnicos de diseño (Polat & Ballard, 2004), pobre coordinación y comunicación entre los proyectistas y los encargados de la construcción (Osmani, Galss, & Price, 2007).

En el segundo caso, se advierte que los cambios de diseño, a último momento, errores al organizar los materiales, exceso de pedido de materiales de construcción, almacenamiento incorrecto de materiales, métodos ineficientes de descarga de materiales y trabajos mal hechos son las principales razones en la generación de RCD (Osmani, Galss, & Price, 2007).

2.2.3. Gestión de residuos de construcción a nivel mundial y nacional

Los sistemas de gestión y tratamiento de residuos de construcción de han desarrollado extensamente en los Estados Unidos y la Unión Europea. Según diversas fuentes, ello se debió, entre otros aspectos, a la recurrente carencia de materia prima y a los altos costos de transporte y eliminación de residuos. Varios de estos países canalizan sus esfuerzos debido al notable incremento en la generación de RCD y su inadecuada disposición, que a la postre afecta al ecosistema, razón por la cual se diseñan políticas de gestión que apuntan a implementar sistemas integrales de gestión de residuos. A continuación se revisa brevemente algunos casos.

Europa

En el año 2002, los países miembros de la comunidad Europea generaron 510 millones de toneladas de residuos de construcción, para el año 2004 había aumentado a 866 millones de toneladas y, para el año 2006 la generación RCD alcanzó las 970 millones de toneladas. Visto así, cada persona de la Unión Europea, en promedio genera 1.74 toneladas/cápita (Comisión Europea, 2011). En efecto, según se aprecia de los datos ofrecidos en la tabla

5, el porcentaje de RCD que han sido reusados o pasaron por un proceso de reciclaje en Europa varia de un país a otro. Países como Dinamarca, Alemania, Holanda, Bélgica y el Reino Unido cuentan con altos índices de tratamiento de materiales; por el contrario, países como Bulgaria, Chipre, Grecia, Malta, Rumania, República de Eslovaquia y Suecia ostentan los índices más bajos de reciclaje. Cabe destacar, que en el caso de Holanda, Bélgica y Dinamarca tienen índices de reciclaje que llegan al 90%, que se explica por la escasas de materias primas aunado a la dificultad existente para encontrar vertederos y la medidas legales y económicas impuestas por dichos países en donde la eliminación de los residuos de construcción cuesta 200 \$/Ton (Romero E. , 2006).

Tabla 5: Porcentaje de RCD reciclados o reusados en Europa

País	Reciclado o reusado (%)	País	Reciclado o reusado (%)
Austria	60.00	Letonia	46.00
Bélgica	68.00	Lituania	60.00
Bulgaria	0.00	Luxemburgo	46.00
Chipre	1.00	Malta	0.00
Republica Checa	23.00	Holanda	98.00
Dinamarca	94.00	Polonia	28.00
Estonia	92.00	Portugal	5.00
Finlandia	26.00	Rumania	0.00
Francia	45.00	Republica de Eslovaquia	0.00
Alemania	86.00	Eslovenia	53.00
Grecia	5.00	España	14.00
Hungría	16.00	Suecia	0.00
Irlanda	80.00	Reino Unido	75.00
Italia	0.00	Promedio de la UE	46.00

Fuente: (Comisión Europea, 2011)

Estados Unidos

En el año 2003, de acuerdo con la Agencia Medio Ambiental de los Estados Unidos (EPA) se generaron alrededor de 170 millones de toneladas de RCD, de ellos 15 millones de toneladas provienen de proyectos de construcción, 71 millones de toneladas de proyectos de renovación y 84 millones de toneladas de proyectos de demolición. La EPA, además señala que aproximadamente el 48% de estos RCD se recuperaron a través de diferentes estrategias: incremento de las tarifas de eliminación de RCD e implementando programas de construcción ecológica; los volúmenes restantes fueron eliminados en sitios

autorizados regulados por el gobierno de los Estados Unidos (EPA, 2003). En la actualidad, Estados Unidos es considerado como el líder en temas relacionados al tratamiento de RCD, es por ello que se han creado diferentes programas como el National Green Building Standard, LEED, entre otros, todos ellos apuntan a implementar un adecuado manejo de los residuos de construcción.

Perú

Debido a la falta de procesos de gestión de RCD a nivel nacional, es posible identificar los principales problemas que se presentan en su gestión y que se sintetizan en:

1. Actualmente, Perú cuenta solo con diez rellenos sanitarios para una población de 30 millones de personas, como consecuencia de esta reducida oferta, se han creado 195 botaderos (La República, 2015) y que se designan como tales a aquellos lugares ilegales en donde se depositan los residuos sin ningún tratamiento previo, ocasionando problemas para la salud de las personas e impactos al ambiente. Es por ello, que se sostiene que necesario, de acuerdo a expertos, al menos contar con un relleno sanitario por provincia (RPP, 2015).
2. Un segundo problema está referido a la gestión. En efecto, la ausencia de plantas de tratamiento de RCD constituye un grave problema, porque al no existir mecanismos adecuados de aseguramiento, los RCD generados por la industria son arrojados al mar o a las riveras de ríos sin ningún tratamiento previo, agravando la contaminación de las fuentes de aguas superficiales.
3. Otro punto a tener en cuenta es la ausencia de prácticas de segregación de RCD, porque es a partir de ella es posible distinguir diferentes tipos de residuos y determinar el proceso más beneficioso para reducir, reutilizar o reciclar. En este sentido, resulta de vital importancia que se realice el proceso de segregación, porque incide directamente en la reducción de los volúmenes de RCD que serán dispuestos finalmente en las escombreras, alargando su vida útil.

Entre las medidas que pueden adoptarse para mejorar la gestión de RCD, destaca la de establecer un programa de prevención y minimización, con el fin de disminuir el flujo de generación. Para ello se debe el recojo, segregación y aprovechamiento de los mismos

mediante un reúso o reciclaje de los materiales. Así mismo, se debe impulsar el registro y licenciamiento público, de forma tal que todos los generadores de residuos cuenten con las autorizaciones de disposición de RCD, a fin de que toda disposición se realice por medio del servicio municipal o privado autorizado para el recojo de RCD.

Una parte importante de la gestión de los RCD son los “desmonteros”. La formalización de estos agentes económicos debería incidir en la reducción en el uso de vertederos no autorizados. Otra medida importante, consiste en desarrollar programas de educación y sensibilización ambiental para el manejo de RCD, una forma de hacerlo es por medio de programas de educación ambiental que promuevan la conciencia ambiental en los ciudadanos y busquen generar hábitos de reducción, reúso y reciclaje de RCD.

Un aspecto a considerar es el establecimiento de puntos limpio; es decir, crear espacios, estratégicamente localizados, que estén acondicionados y controlados, en los cuales los generadores de RCD puedan desechar sus residuos para que la autoridad competente se encargue de su disposición final. Finalmente, se debe efectuar control y monitoreo; esto es, implementar una base de datos para un control estadístico y registro de los RCD, un aspecto importante en la gestión. Sin datos no hay posibilidad alguna de conocer, con certeza, los volúmenes, tipos, composición y características de los RCD.

2.2.4. Caracterización de residuos de construcción: Ejemplos internacionales

a) Caracterización de RCD en el estado de California

La empresa Cascadia Consulting Group desarrolló un estudio de caracterización de residuos de construcción en el estado de California. El estudio se realizó en las ciudades de San Diego, Los Ángeles, San Francisco y el Valle Central, además se dividió en siete subsectores: nuevas construcciones residenciales, nuevas construcciones no residenciales, remodelaciones residenciales, remodelaciones no residenciales, demoliciones, techado y otras actividades de generación de RCD (Cascadia Consulting Group, 2006). Los resultados del estudio arrojaron que la cantidad de RCD generados por las cuatro ciudades se estimó en 3, 13 millones de toneladas (Fig. 10).

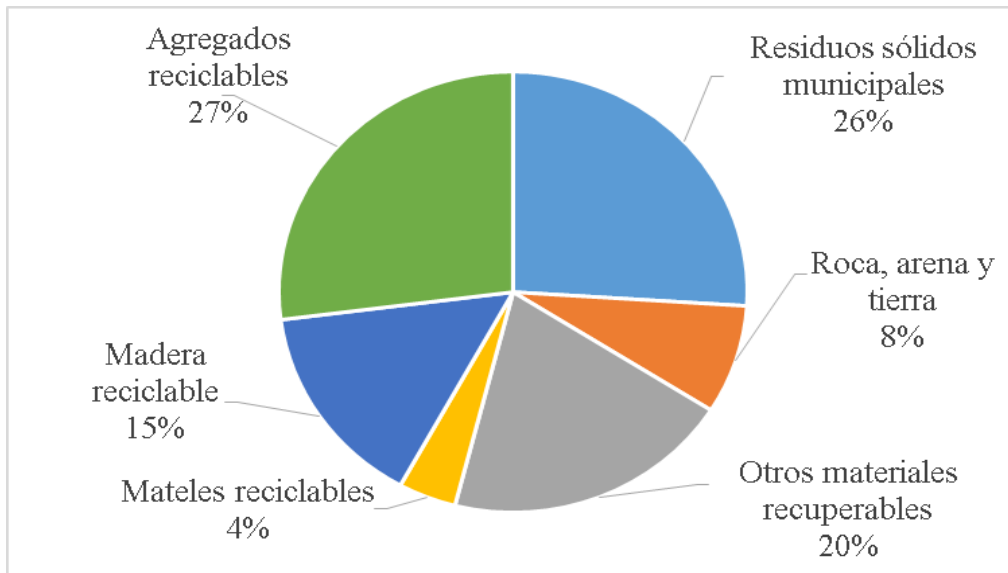


Figura 10: Caracterización de RCD del estado de California

Fuente: (Cascadia Consulting Group, 2006)

b) Caracterización de RCD en Mendoza Argentina

Un ejemplo importante a considerar es el estudio realizado en Mendoza Argentina que se aprecia en las figuras 11 y 12. En ellas se aprecia que la caracterización de RCD en función al peso y volumen para viviendas unifamiliares de superficie de 64.8 m². Una restricción del estudio fue no considerar la etapa de acabados. Se determinó que los índices de generación de RCD en función al peso y al volumen, que básicamente son inertes.

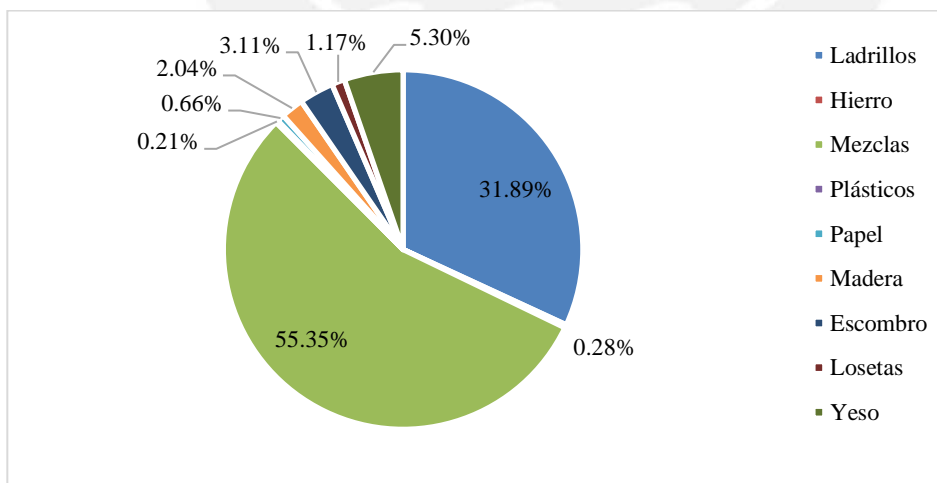


Figura 11: Caracterización de RCD en función al peso

Fuente: (Mercante, 2007)

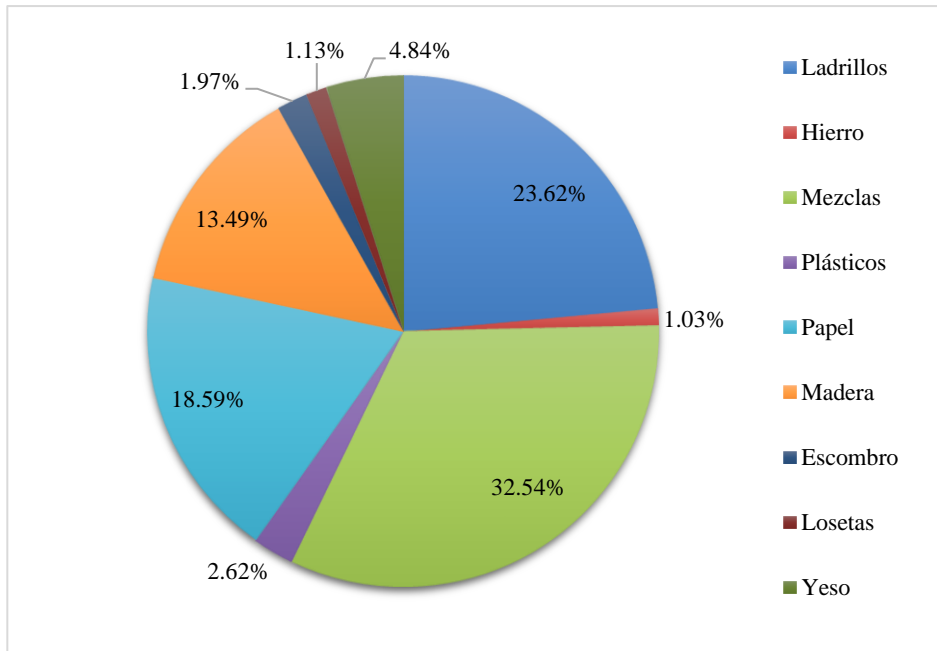


Figura 12: Caracterización de RCD en función a su volumen

Fuente: (Mercante, 2007)

c) Caracterización de RCD en el municipio de la Candelaria en Brasil

De acuerdo al estudio realizado en el municipio de la Candelaria, en la región central de Rio Gande Do Soul Para, la caracterización de residuos se realizó en edificios de cuatro plantas y una superficie de 1,900 m² (Bueno, y otros, 2014). Se utilizó el método del muestreo aleatorio simple de acuerdo con la norma ISO 10007 y la clasificación de residuos de construcción de acuerdo con la CONAMA 2002.

Se clasifican los RCD en cuatro clases. La clase A en la que se encuentran los residuos que se pueden reciclar o reutilizar (concreto, ladrillos, tierral, entre otros), que provienen de proyectos de construcción, demolición, remodelación y reparación de estructuras. De otro lado, la clase B, en la cual se ubican los residuos reciclables (acero, vidrio, papel, cartón, entre otros). La clase C que está compuesta por residuos que, desde un punto de vista económico, no son factibles de reciclar (yeso). Finalmente, está la clase D, la cual comprende residuos peligrosos que se generan a raíz de procesos de construcción (pinturas, aceites, disolventes, entre otros). En la tabla 6 se aprecia el detalle de los RCD generado por caegorías.

Tabla 6: Clasificación de RCD de acuerdo a CONOMA 2002

Residuos generados	CONAMA 2002
Materiales cerámicos	Clase A
Materiales plásticos	Clase B
Envases de vidrio	Clase B
Embalaje de papel	Clase B
Materiales ferrosos y no ferrosos	Clase B

Fuente: (Bueno, y otros, 2014)

De los datos ofrecido en la tabla 6 y figura 13, se puede colegirse que los RCD predominantes corresponden a la clase A, siendo estos reciclables o reusables como agregados. Sin embargo, el tratamiento de RCD que existe en Brasil es muy pequeño y se espera que, con la aparición de nuevas leyes y normas, aumente la cantidad de plantas recicladoras (Bueno, y otros, 2014).

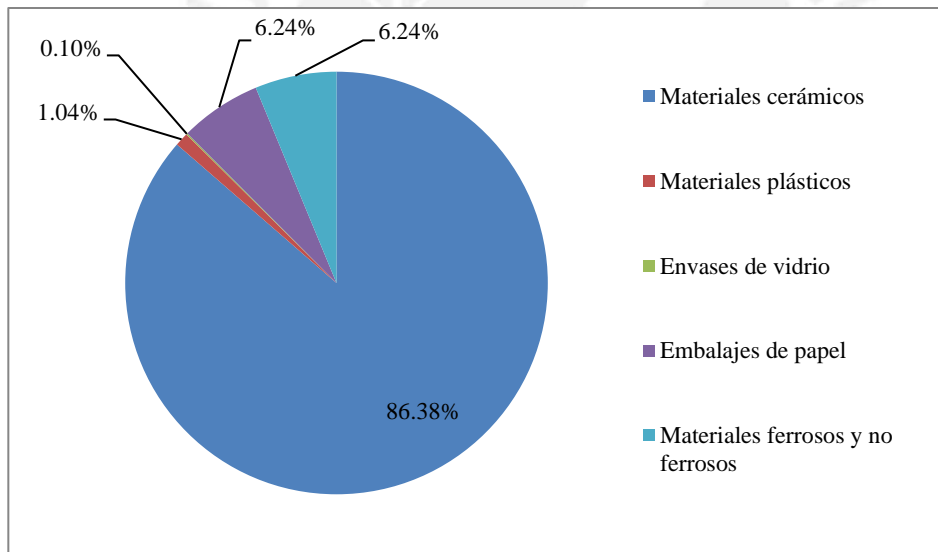


Figura 13: Caracterización de residuos de un edificio en la Candelaria Brasil

Fuente: (Bueno, y otros, 2014)

d) Caracterización de residuos de construcción y demolición en México

Un estudio por Gerry Martel para el Distrito Federal (México) muestra notables diferencias en dos obras en proceso de construcción. En el caso del Museo de Arte Universitario Contemporáneo (MAUC) que consideró la construcción de un estacionamiento subterráneo, una plaza de acceso, áreas exteriores, mobiliario fijo,

equipamiento básico y puesta en funcionamiento de la obra terminada; en un área total de 20,559.0 m², el 61.9 % de los RCD fueron escombros, seguidos de madera (20.7%), tal como se aprecia de la figura 14.

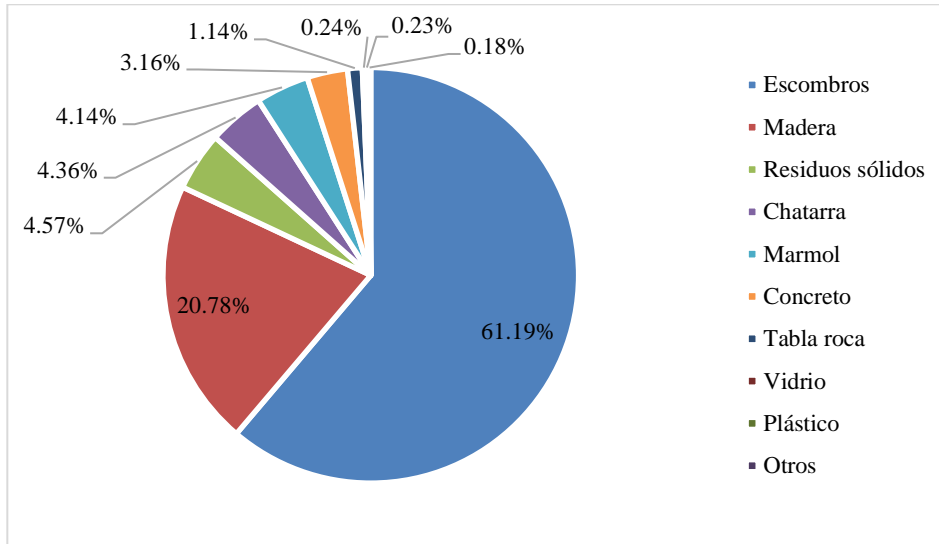


Figura 14: Caracterización de RCD del MAUC

Fuente: (Martel, 2008)

El otro caso se refiere al edificio “Riviera” que cuenta con seis pisos, dos sótanos y azotea y además de ello, cuenta con un área construida total de 5600 m² sobre un área de terreno de 700 m². Aquí también se aprecia un importante volumen de escombros (78%), seguido por madera (10.8%) y chatarra (6.2), como se observa de la figura 15.

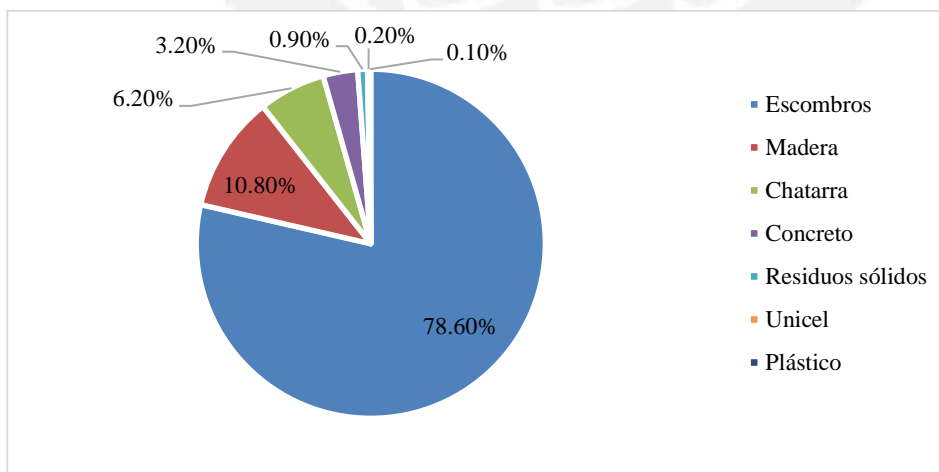


Figura 15: Caracterización de RCD del edificio Riviera

Fuente: (Martel, 2008)

En el caso de operaciones de demolición, de una edificación que está compuesta por dos niveles y abarca un área construida de 400 m², sobre un área de terreno de 300 m² (ver fig. 16). El 91% de los RCD son escombros, 3.1% madera y otros como losetas 1%.

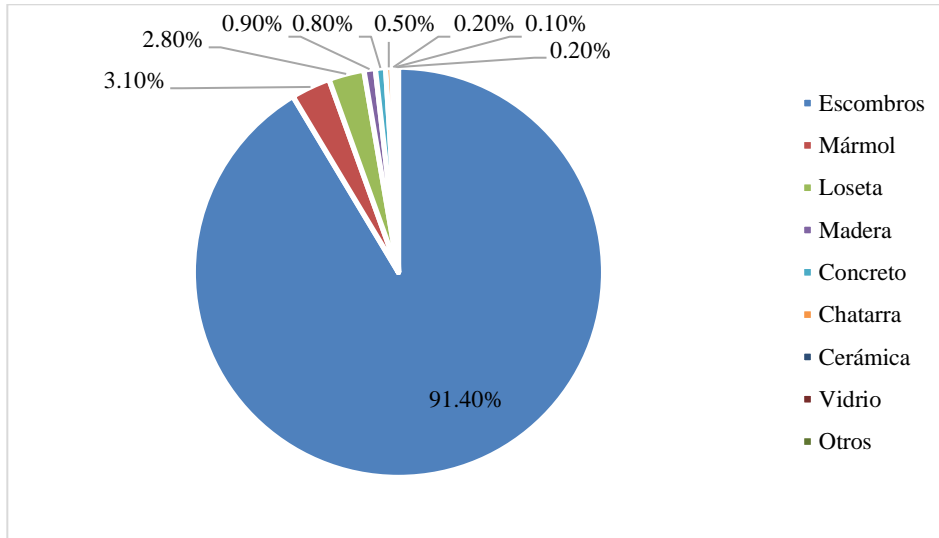


Figura 16: Caracterización de RCD de una demolición

Fuente: (Martel, 2008)

Para el caso de una obra de remodelación, que forma parte de un edificio de oficinas, la intervención abarca un área de 350 m², de un área total de 12,150 m² (Fig. 17). En ambos casos se aprecian notables diferencias en cuanto a la generación de residuos sólidos. Nuevamente el volumen de escombros y madera explican el 95% de los RCD generados.

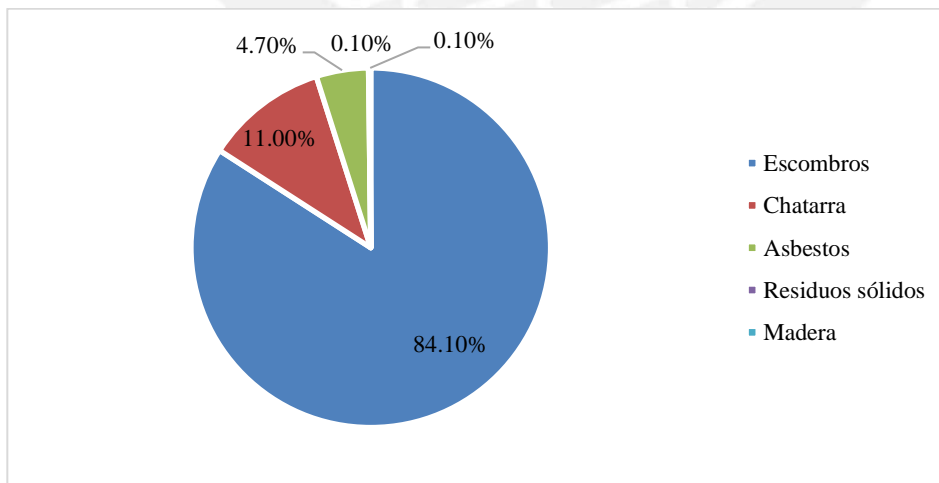


Figura 17: Caracterización de RCD de una remodelación

Fuente: (Martel, 2008)

Como se puede apreciar de las figuras 14, 15, 16 y 17 existe una sustancial diferencia en los componentes de los RCD generados en función del tipo de obra. Puede observarse que existe una mayor proporción de materiales inertes de obras de demolición (98 %), en obras nuevas, caso de estacionamiento (70 %). En edificaciones en construcción y obras de remodelación se obtienen proporciones de materiales inertes similares, 81 % y 84 % respectivamente (Fig. 18). De otro lado, debe precisarse que del total de RCD generados se recicló el 4.6%, que corresponde a chatarra, plástico y residuos peligrosos. Así mismo, se tiene que el 3.9% del total corresponde a los residuos sólidos y que estos fueron adecuadamente dispuestos. El 91.5% restante del total de los residuos fueron evacuados de las obras para su disposición final (Martel, 2008).

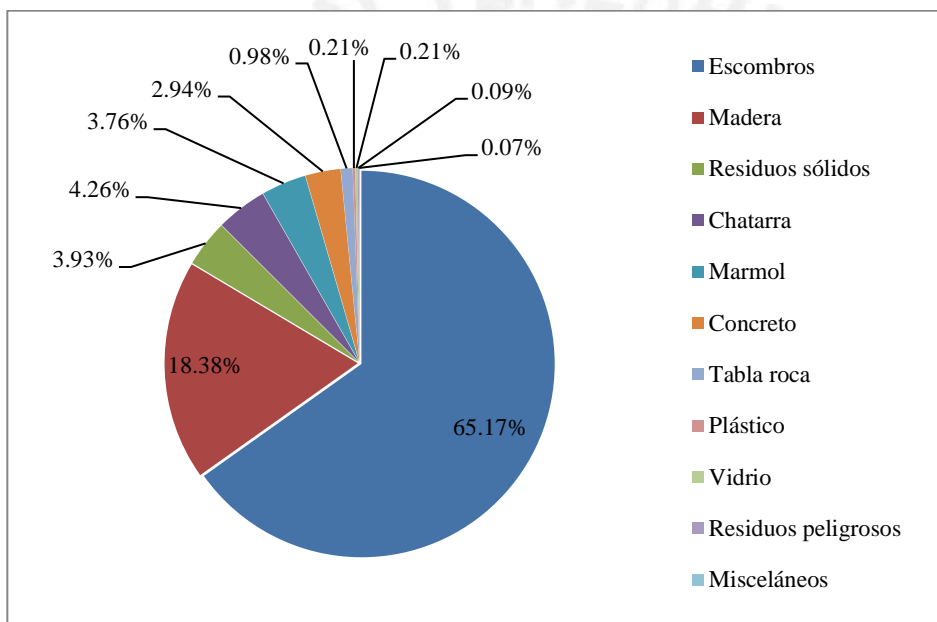


Figura 18: Caracterización de RCD de las cuatro obras en México

Fuente: (Martel, 2008)

2.2.3. Impacto ambiental, económico y social de los residuos de construcción

El impacto ambiental es la alteración causada por la actividad humana en su entorno (Gomez, 2003). Se afirma que existe impacto ambiental cuando se realiza una acción que genera un resultado, éste puede ser beneficioso o perjudicial para el ambiente. De ese modo, el sector de la construcción, debido a sus operaciones rutinarias, ocasiona impactos ambientales, por diversas razones, pero en particular por la generación de residuos que, en su mayoría, son de naturaleza inerte y de gran volumen.

En condiciones sin regulación, léase inexistencia de control operacional, los residuos pueden ocasionar graves problemas ambientales, ello porque ocupan un espacio considerable en los vertederos, haciendo que se reduzca su capacidad. En ocasiones, esta situación obliga a que los vertederos permanezcan cerrados y la alternativa consiste en eliminar los residuos en la periferia de la ciudad, aumentando los impactos negativos en el ambiente.

El impacto generado por los RCD no solo se circunscribe a la esfera ambiental sino que tiene un trasfondo económico, debido a las actividades e inversiones que estas demandan (PWC, 2012). El impacto económico que generan los RCD no resulta tan notorio como el impacto ambiental; sin embargo, no deja de ser importante, porque se aprecian importantes flujos económicos que se pierden consecuencia del despilfarro de materiales en las obras de construcción y del transporte de los RCD hacia los vertederos. La situación del país no es ajena a lo señalado, porque al no existir un control adecuado, en varias ocasiones, los RCD son eliminados en lugares públicos que inciden desfavorablemente en los costos de limpieza de la ciudad.

Existen diversas fuentes que apuntan a referir que los RCD también generan importantes impactos sociales, que está referido a los cambios que se presentan en la sociedad debido a una acción externa (Pérez, 2013). Tales cambios pueden afectar al estilo de vida, salud, cultura, derechos de las personas, entre otros. En el caso específico de los RCD, dicho impacto puede ser positivo y/o negativo. Será positivo si resulta ser una nueva fuente de trabajo para los miembros de la sociedad, la cual necesita que existan industrias que promuevan y apoyen el desarrollo sostenible de la sociedad. De otro lado, puede ser negativo, en relación a los efectos colaterales que trae consigo; por ejemplo, la contaminación sonora o visual, la proliferación de olores desagradables, entre otros.

En síntesis, se puede afirmar que los impactos derivados de la inadecuada gestión de los RCD varían de acuerdo al tipo de proyecto que se realice, en algunos casos podrían resultar siendo beneficiosos y, en otros perjudiciales.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Metodología empleada

El estudio, que se expone, se inscribe en el tipo cualitativo, a partir de una muestra no probabilística de casos, que son empelados para la caracterización de los RCD. Como todo estudio cualitativo ha combinado algunos protocolos muestrales, como ha sido para el caso de caracterización de residuos aplicado al edificio Clement. En el caso de la remodelación del TMN del Callao, la caracterización se basó en los datos que provienen de los manifiestos de construcción del TMN. En ambos casos, la variable de interés fue conocer las proporciones de los residuos generados en la fase de construcción. Finalmente, se elaboró una matriz de impacto que se utilizó para la evaluación ambiental, social y económica que ocasionaron los RCD, con una valoración cualitativa multicriterio, basada en la AMC.

3.2. Definición de método empleado

3.2.1. Muestreo aleatorio

Dado que existe la posibilidad de hacer diseño mixtos de investigación, es decir, mezclar técnicas cuantitativas con cualitas, se optó por emplear un muestreo aleatorio para examinar a partir de un grupo de casos representativos el comportamiento de la población (Córdova, 2003). Sin duda, existen diferentes métodos de muestreo que pueden dividirse en dos grupos: uno de ellos utiliza métodos probabilísticos y el otro no los utiliza.

El método probabilístico se realiza de manera tal que los elementos que se seleccionan del total de la población, se toman de forma individual, con una probabilidad igual e independiente de los demás elementos (Ochoa, 2015). Lo anteriormente expuesto se ve reflejado en la figura 19. Y el no probabilístico se hace en función de criterios establecidos por el investigador, en este caso se eligió dos tipos de intervenciones. Una obra nueva y una obra de ampliación o remodelación.

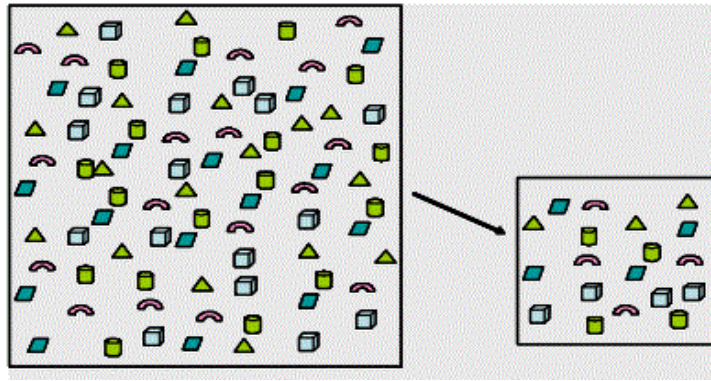


Figura 19: Muestreo aleatorio simple

Fuente: (Casal & Mateu, 2003)

3.3. Evaluaciones de impactos

La evaluación de impactos tuvo como objetivo determinar qué efectos generaron los RCD del edificio “Clement” y los de la obra de remodelación del terminal muelle norte del Callao en el ambiente. En ese contexto, se evaluaron tres tipos de impacto - ambiental, económico y social- que se generaron en cada una de las obras seleccionadas. Para ello, se empleó la matriz de impactos, la cual es un cuadro de doble entrada que sirve para identificar los efectos con mayor precisión en donde las columnas representan los residuos de construcción y las filas representan los factores ambientales, sociales y económicos según sea el caso. Se caracteriza además por incluir escalas descriptivas y numéricas para calificar, a juicio del evaluador, la importancia de los impactos mediante una serie de atributos o cualidades del impacto, entre ellas: carácter, cobertura, reversibilidad, recuperabilidad, prevalencia, duración, frecuencia, probabilidad de ocurrencia y otros. (Modak & Biswas, 1999; Thompson, 1990). Esto permite reconocer, advertir e informar las consecuencias del proyecto, a fin de lograr la valorización de los mismos (Conesa, 2010).

3.3.1. Evaluación de impacto ambiental (EIA) de los RCD

En la actualidad, la EIA es un procedimiento técnico que tiene como objetivo el reconocimiento, la pronosticación y la interpretación de los impactos ambientales que ocasionaría un proyecto o una actividad en caso se llevara a cabo (Fernández, 2012). De otro lado, considerando la complejidad del ambiente y la variedad de acciones que pueden afectarlo, parece poco probable que sólo un método sea capaz de cumplir los criterios de

eficiencia del proceso de EIA. De acuerdo con (Reinoso, 2013), por ello existen diferentes herramientas para realizar una evaluación ambiental, tales como: listas de verificación, método de redes, superposición de mapas, método de matrices, entre otros. Por último, a fin de juzgar las implicancias ambientales se tomó en consideración el manual DIGESA (gestión de residuos peligrosos en el Perú) y de acuerdo a esta fuente los residuos tienen diferentes características de peligrosidad. (Ver figura 20).

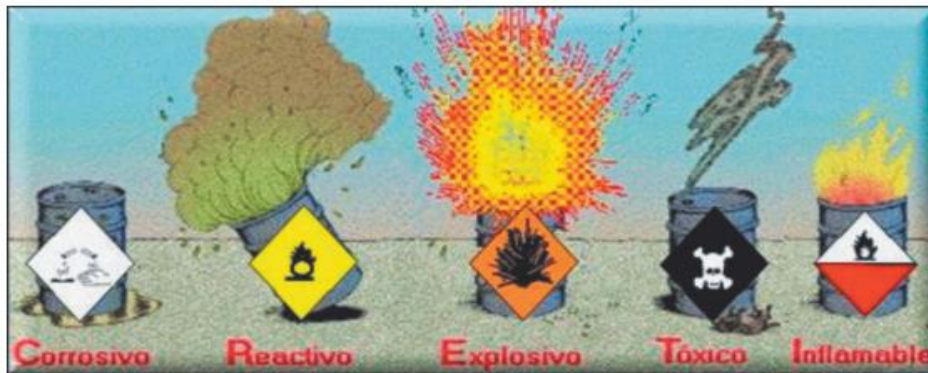


Figura 20: Características de peligrosidad de los residuos

Fuente: (DIGESA, 2006)

Luego, se definió la escala de valoración con la que se trabajó la matriz de evaluación de impacto ambiental. La escala está expresada en función a la peligrosidad que hubiesen podido tener los RCD hacia el ambiente, teniendo como máximo valor al tres y como mínimo al 0 que expresan las categorías de peligrosidad alta y peligrosidad nula respectivamente (tabla 7).

Tabla 7: Escala de valoración de la evaluación de impacto ambiental

Categoría	Valor
Peligrosidad alta	3
Peligrosidad media	2
Peligrosidad baja	1
Peligrosidad nula	0

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente, a partir de la clasificación expuesta en la figura 20, donde se muestran algunas de las características de peligrosidad, se delimitaron las características de peligrosidad que conforman la matriz de impacto de evaluación ambiental:

- Tóxico

Hace referencia a la toxicidad de los residuos de construcción, se valoriza con 0 cuando el RCD tiene toxicidad nula; esta valoración va ir aumentando progresivamente de acuerdo con la toxicidad del RCD siendo la máxima de 3.

- Corrosivo

Alude a que tan propenso es un RCD a entrar en un proceso de corrosión, siendo el más propenso la chatarra, la cual tiene una valoración máxima de 3.

- Inflamable

Se define como inflamables a los RCD que son capaces de generar un incendio bajo diferentes condiciones tales como fricción, humedad, cambios químicos entre otras.

- Explosivo

Se refiere a un RCD sólido o líquido que, bajo alguna alteración química, puede generar alguna explosión; éste se valoriza con 0 cuando el RCD tiene explosividad nula y con 3 cuando el RCD es altamente explosivo, un ejemplo de estos son los residuos peligrosos.

- Irritante

Alude a los RCD que pueden ocasionar alguna reacción inflamatoria al contacto momentáneo, continuo o prolongado con la piel.

- Biocontaminado

Hace referencia a los RCD que son perjudiciales para las personas cuando entran en contacto con ellas, ello debido a la alta presencia de microorganismos con la que cuentan.

Como consecuencia del protocolo de medición explicado párrafos antes, se utilizó la matriz de la tabla 8, que permite evaluar por un lado un material proveniente de los RCD respecto al tipo de peligro que reviste.

Tabla 8: Modelo de la matriz de evaluación de impacto ambiental

Material	Características de Peligrosidad					Valor Absoluto
	Tóxico	Corrosivo	Inflamable	Explosivo	Irritante	
M 1						
M 2						
M 3						
M n						
Valor Absoluto						

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2. Evaluación de impacto social de los RCD

La evaluación de impacto social es un proceso que permite estudiar a futuro el impacto que podrían tener los residuos. Así mismo, permite analizar el daño que pueden causar en la salud y en el paisaje. En este trabajo se procedió a definir la escala de valoración con la que se trabajó la matriz de evaluación de impacto social.

La escala de valoración de la evaluación de impacto social se expresa como el tiempo en el que se manifiesta el impacto ocasionado por los RCD y tiene como máximo valor al tres y como mínimo al 0 que expresan las categorías de continuo y nulo respectivamente (tabla 9).

Tabla 9: Escala de valoración de la evaluación de impacto social

Categoría	Valor
Continuo	3
Medio	2
Pasajero	1
Nulo	0

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se señalan los parámetros con los cuales se realizó la evaluación de impacto social.

- Afectación a la salud

La afectación a la salud se define como los posibles daños que pueden tener las personas en su salud, como consecuencia de la exposición directa o indirecta a los RCD. Una de las principales enfermedades que se pueden señalar son las de carácter epidérmico.

- Afectación al paisaje

Hace referencia al daño que ocasiona la eliminación de los RCD en el paisaje, dado que estos pueden ser depositados en rellenos sanitarios formales o informales.

- Generación de vectores de plagas

Alude a la proliferación de roedores, moscas, bacterias y otros animales que se generan a causa de la eliminación de los RCD.

- Generación de olores

Se define como los olores originados por la recolección, transporte, descarga y descomposición de los RCD.

De manera similar, se utilizó la matriz de la tabla 10, que permite evaluar cada tipo de residuos conforme a los parámetros que índice en el impacto social que podría provocar.

Tabla 10: Modelo de la matriz de evaluación de impacto social

Material	Parámetros para evaluación de impacto social					Valor Absoluto
	Utilidad	Afectación a la Salud	Afectación al paisaje	Generación de vectores de plagas	Generación de olores	
M 1						
M 2						
M 3						
M n						
Valor Absoluto						

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3. Evaluación de impacto económico de los RCD

En líneas generales, al referirse a la construcción, lo más resaltante son los efectos directos que ésta conlleva; es decir, desarrollo y crecimiento de la economía de un país. Sin embargo, los efectos indirectos tales como la generación de RCD u otros no son tomados en cuenta. Por ello, se analiza cuáles son los impactos económicos que se generan como causa del desarrollo de la industria de la construcción y cómo repercuten éstos en la sociedad.

La escala de valoración de la evaluación de impacto económico se expresa en función a la cantidad de nuevas posiciones de trabajo y la cantidad de RCD que pueden pasar por

procesos de reciclaje o reúso. Esta escala tiene como máximo valor al tres y como mínimo al 0, los cuales expresan las categorías de abundante y nulo respectivamente (tabla 11).

Tabla 11: Escala de valoración de la evaluación de impacto económico

Categoría	Valor
Abundante	3
Regular	2
Escaso	1
Nulo	0

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se definirán los parámetros con los cuales se realizó la evaluación de impacto económico.

- Generación de empleo

Alude a los empleos que se pueden crear como consecuencia de la generación de residuos de construcción de los proyectos analizados. Estas oportunidades laborales van desde el transporte de los RCD hacia los vertederos formales hasta el recojo y selección de los RCD por los recolectores formales e informales.

- Reciclable o Reusable

Hace referencia a si un RCD puede pasar por un proceso de reciclaje o reúso antes de su eliminación en vertederos formales o informales; se valoriza con 0 cuando el material no puede pasar por ninguno de los dos procesos y con 3 cuando el grado de reciclaje o reúso es máximo. En ese contexto, se utilizó la matriz de la tabla 12, en la cual se aprecian dos únicos parámetros. De un lado, la generación de empleo y de otro el margen de reuso o de reciclabilidad.

Tabla 12: Modelo de la matriz de evaluación de impacto económico

Material	Parámetros para evaluación de impacto económico		Valor Absoluto
	Generación de empleo	Reciclable o Reusable	
M 1			
M 2			
M 3			
M n			
Valor Absoluto			

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Descripción del área y los casos de estudio

A fin de efectuar una caracterización de RCD adecuada, se establecieron los siguientes parámetros: la obra debió encontrarse en la etapa de construcción para poder llevar a cabo la toma de muestras de residuos de construcción, la obra debió estar ubicada dentro del área metropolitana a fin de que se pudiesen realizar visitas periódicas sin inconvenientes en el transporte, ya sea público o privado, la obra debió ser del tipo edificación, las dimensiones de la estructura, tales como tamaño, forma y la cantidad de recursos ambientales utilizados para su construcción. A partir de estos recursos se evaluó cuáles eran susceptibles de ser reciclados.

3.5. Área de estudio

Con el objeto de efectuar la evaluación piloto y los criterios de selección previamente descritos, se seleccionó como objeto de estudio al edificio residencial “Clement” y la remodelación del TMN del Callao, que se describen a continuación

3.5.1. Edificio “Clement”

El edificio residencial “Clement”, ubicado en el distrito de San Isidro, en la ciudad de Lima se construyó en un lapso de 14 meses, durante el periodo comprendido entre diciembre del 2013 a enero del 2015.

Se trata de un edificio multifamiliar compuesto de siete pisos y dos sótanos, además, cuenta con ocho (8) departamentos cuyas áreas van desde los 200 m² hasta los 420 m². Sumado a ello, este edificio cuenta con un total de 42 estacionamientos. En total posee un área total construida de 9750 m². (Figura 21 y 22).



Figura 21: Ubicación del edificio Clement

Fuente: Google Maps



Figura 22: Vista lateral del edificio Clement

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Modernización del terminal muelle norte (TMN) del Callao

Esta obra desarrolló el proyecto de modernización del terminal norte del Callao, dicho proyecto constó de cinco etapas. A efectos de desarrollar el presente estudio, se centró la atención en las dos primeras etapas.

El proyecto de “Modernización del terminal norte del Callao” se ejecutó durante 36 meses, desde enero del 2013 hasta enero del 2016 y el área total de construcción fue de 316,243.32 m². Entre los aspectos de mayor relevancia, puede mencionarse los siguientes: (figura 23 y 24).

- a) Las nuevas edificaciones ocupan un área de 21,621.03 m² distribuida en cuatro edificios, tres sub estaciones eléctricas, un taller de mantenimiento y un comedor.
- b) Las habilitaciones urbanas ocupan un área de 213,924.29 m² distribuida en pistas de pavimentos de bloques de concreto, losas de concreto, pavimentos de asfalto y veredas.
- c) Los muelles ocupan un área de 80,698.00 m² distribuida entre el muelle 5 y el muelle 11.

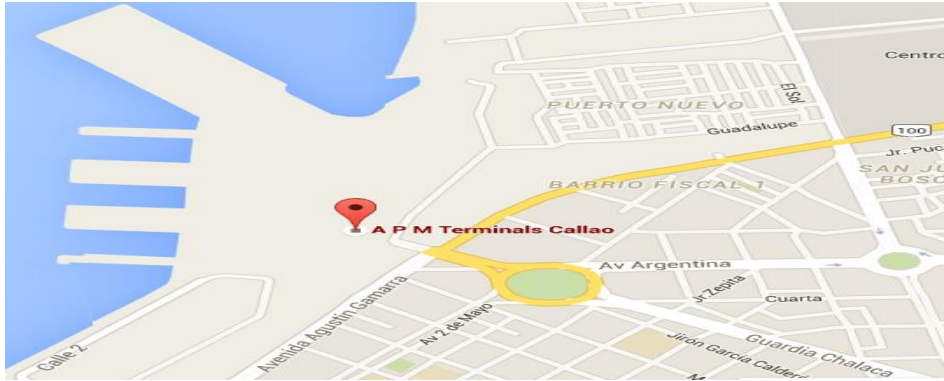


Figura 23: Ubicación del Terminal muelle norte del Callao

Fuente: Google Maps



Figura 24: Vista aérea del Terminal muelle norte del Callao

Fuente: Elaboración Propia

3.6. Estudio de caso en el edificio Clement

Para el adecuado registro de los datos en el caso del edificio Clement se empleó la ficha que se observa en la tabla 13.

Tabla 13: Ficha para inventario de residuos de construcción del edificio Clement

Material	Pesos de Residuos (kg)							
	Primera Medición		Segunda Medición		Tercera Medición		Cuarta Medición	
	Reciclable	No Reciclable	Reciclable	No Reciclable	Reciclable	No Reciclable	Reciclable	No Reciclable
Madera								
Concreto								
Yeso								
Acero								
Papel y Cartón								
Plásticos								
Ladrillos								
Escombros								
Tuberías								
Losetas								
Tecnopor								
Peso Total								

Fuente: Elaboración Propia.

De manera siguiente, se realizaron diez mediciones, durante un periodo de tres semanas, de los volúmenes y pesos de los residuos de construcción con el objetivo de determinar su reciclabilidad, dichas mediciones se hicieron en base al manual de gestión de residuos peligrosos DIGESA. A fin de obtener las mencionadas mediciones se tomaron cuatro muestras con un volumen de 0.5m^3 de los residuos. (Tabla 13).

Los instrumentos empleados fueron bolsas con capacidad de 0.60 m^3 (figura 25), y se utilizaron dos tipos de balanzas electrónicas de 50 kg (figura 26) y de 150 kg (figura 27) cuyas limitaciones fueron las siguiente: la primera, es que la medición resultó más precisa para volúmenes pequeños que para volúmenes medianos o grandes y la segunda es referida al tema de la sensibilidad y calibración de los equipos. La balanza de piso electrónica cuenta con una sensibilidad de 100 gr y se debe calibrar cada 3 años y la balanza romana electrónica cuenta con una sensibilidad de 10 gr y se debe calibrar cada 3 años.



Figura 25: Bolsas para almacenamiento de residuos de construcción

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 26: Balanza romana electrónica

Fuente: Elaboración propia.

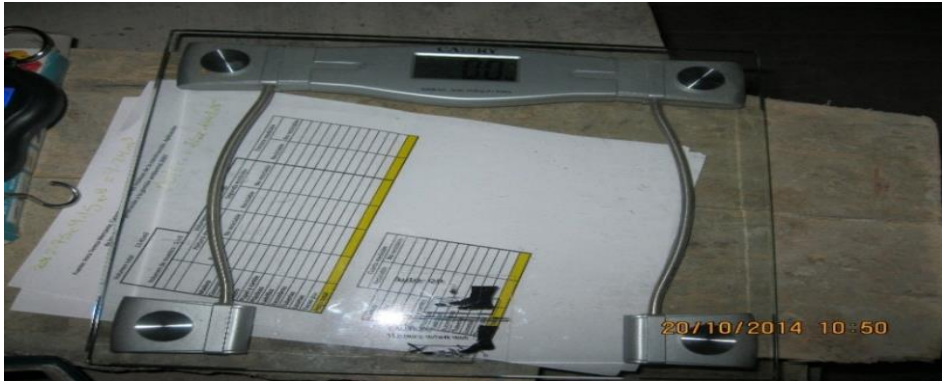


Figura 27: Balanza de piso electrónica

Fuente: Elaboración propia.

Se encontraron diversos materiales: madera, concreto, yeso, papel, cartón, plásticos, ladrillos, escombros, tuberías, losetas y tecnopor, entre otros. Y para el procesamiento y análisis de datos se utilizaron EXCEL y SPSS 20, con los cuales se obtuvieron los parámetros estadísticos que concretizaron a los residuos de construcción.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

Durante el desarrollo de este capítulo, se analizarán los resultados obtenidos de la evaluación piloto de la caracterización de RCD del edificio Clement y de los manifiestos de construcción de la remodelación del TMN del Callao con el fin de determinar cuáles son las proporciones presentes de cada tipo de residuo. Adicionalmente, se efectuó la prueba de hipótesis con el objetivo de determinar la significancia de la diferencia de media de cada material de cada proyecto, para ello, se postuló dos hipótesis (nula y alternativa). Finalmente se realizó la evaluación de impactos ambientales, sociales y económicos con el propósito de identificar cuál fue el proyecto y el material que generaron un mayor impacto.

4.1.1. Edificio Clement

De acuerdo al estudio de caso realizado y según su origen y su naturaleza se observan cinco tipos de residuos, tales como: escombros los cuales estuvieron conformados por arena, ladrillos, etcétera; así mismo, se encontró chatarra la cual estuvo constituida por varillas de acero, estribos de columnetas, entre otros; de igual modo se encontró madera la cual vino compuesta por madera utilizada para encofrados, restos de madera limpia, etc; sumado a ello se encontraron residuos sólidos los cuales estuvieron constituidos por residuos del comedor, plásticos, entre otros y finalmente se encontraron residuos peligrosos los cuales estuvieron conformados por tierra, yeso, chatarra contaminados con restos de pintura y aceites, conforme se aprecia en la tabla 14 y figura 28.

Tabla 14: RCD generados en la construcción del edificio Clement

Componente	Elementos
Escombros	Arena, ladrillos, concreto, losetas, mármol, yeso, muros de albañilería y roca.
Chatarra	Alambres, clavos, mallas de acero, varillas de acero, cables metálicos y estribos de columnetas.
Madera	Restos de madera limpia ,madera utilizada para encofrados y madera contaminada con restos de pintura y aceites.
Residuos Sólidos	Papel, cartones, tecnopor, tuberías de PVC, plásticos y residuos del comedor.
Residuos Peligrosos	Tierra, yeso, concreto, chatarra, restos de comida, bolsas, cartones contaminados con restos de pintura y aceites.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 28: Disposición de RCD del edificio Clement

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los datos de la tabla 15, se observa que los residuos predominantes son los escombros, losetas, ladrillos y restos de bloques de concreto. Ello es de esperarse, porque el momento en que se realizaron las mediciones, el edificio se encontraba en la etapa de albañilería y acabados. Adicionalmente, se encontró, en una menor proporción, madera y acero, ambos fueron utilizados para la construcción y encofrado de las columnetas.

Tabla 15: Resumen de RCD generados en el edificio Clement

Material	Unidad	Cantidad	Periodo	
			Inicio	Fin
Madera	kg	181.00	04/10/2014	23/10/2014
Concreto Yeso	kg	895.00	04/10/2014	23/10/2014
Yeso	kg	30.16	04/10/2014	23/10/2014
Acero	kg	115.11	04/10/2014	23/10/2014
Papel y Cartón	kg	75.00	04/10/2014	23/10/2014
Plásticos	kg	53.72	04/10/2014	23/10/2014
Ladrillos	kg	612.40	04/10/2014	23/10/2014
Escombros	kg	1790.46	04/10/2014	23/10/2014
Tuberías	kg	38.40	04/10/2014	23/10/2014
Losetas	kg	238.48	04/10/2014	23/10/2014
Tecopor	kg	4.12	04/10/2014	23/10/2014
Peso Total	kg	4034.11	04/10/2014	23/10/2014

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, de acuerdo a las mediciones del edificio Clement, y a aquellas referidas en el estudio titulado “Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial. Buenas prácticas en la ejecución de obra”, realizado por Paola Villoria, y del “Plan nacional integrado de residuos de España” que señalan que el

ratio por unidad de superficie es de 0.12 Tn/m² construido (ver tabla 16), y tomando los registros de envío de RCD de la obra del Edificio Clement, se puede estimar el total de residuos.

Tabla 16: Estimación de RCD del edificio Clement para las etapas de estructuras, albañilería y acabados

Obra	Proporciones(%)		
	Estructuras	Albañilería	Acabados
O226	0.44	0.43	0.13
O192	0.55	0.36	0.10
O156	0.33	0.43	0.24
O105	0.10	0.76	0.14
O59	0.21	0.47	0.32
O46	0.00	0.60	0.40
O32A	0.35	0.19	0.45
O32B	0.34	0.27	0.39
Clement	0.29	0.44	0.27
Peso (Tn)	339.30	514.80	315.90
Escombros	301.98	457.66	280.84
Madera	18.75	19.31	11.85
Chatarra	14.54	12.50	6.30
Residuos Sólidos	13.47	20.33	12.48

Fuente: Elaboración Propia.

Se tiene el Edificio Clement generó un total de 1 134.94 Tn de RCD en la construcción del edificio y que la mayor cantidad de RCD corresponden a la etapa de albañilería con 514.80 Tn, seguida por la etapa de estructuras con 339.30 Tn y por último la etapa de acabados con 280.84 Tn. De otro lado, en la figura 29, se muestra la generación de RCD a lo largo de todo su proceso constructivo desde diciembre del 2013 hasta enero del 2015 y la fecha en la cual se recopilaban las diez muestras de la evaluación piloto en el mes de octubre del 2014 en el cual se reportaron 4.034 Tn de residuos de construcción. Se advierte además que los datos provenientes de la muestra transversal (corte) resultan ser consistentes respecto a valores similares hallados en la literatura especializada.

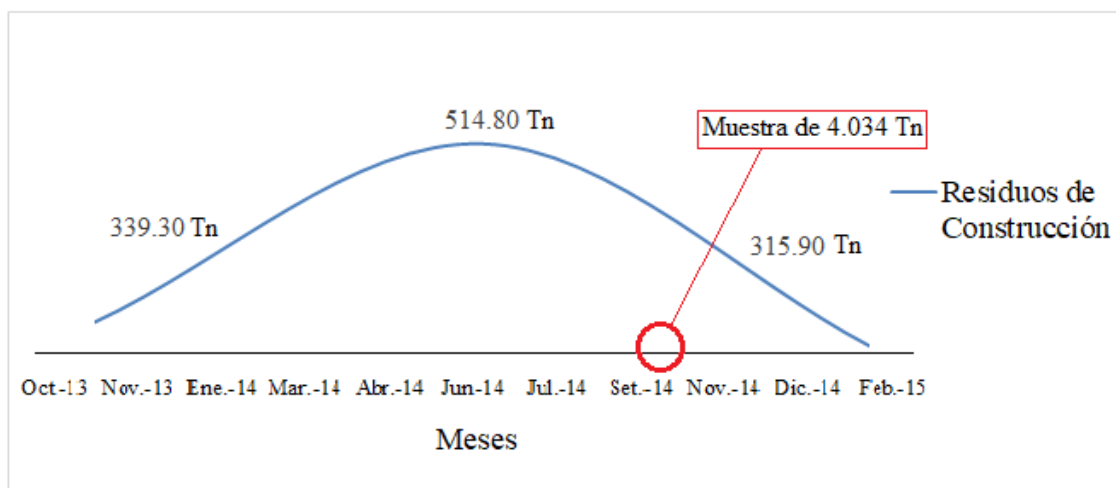


Figura 29: Generación de RCD del edificio Clement durante todo su proceso constructivo

Fuente: Elaboración Propia.

Adicionalmente se observa de la figura 30, la composición de los RCD para las tres etapas constructivas del proyecto siendo los escombros los más representativos en cada una de ellas, según la cual la categoría de escombros es la predominante, seguida por chatarra y en menor proporción madera.

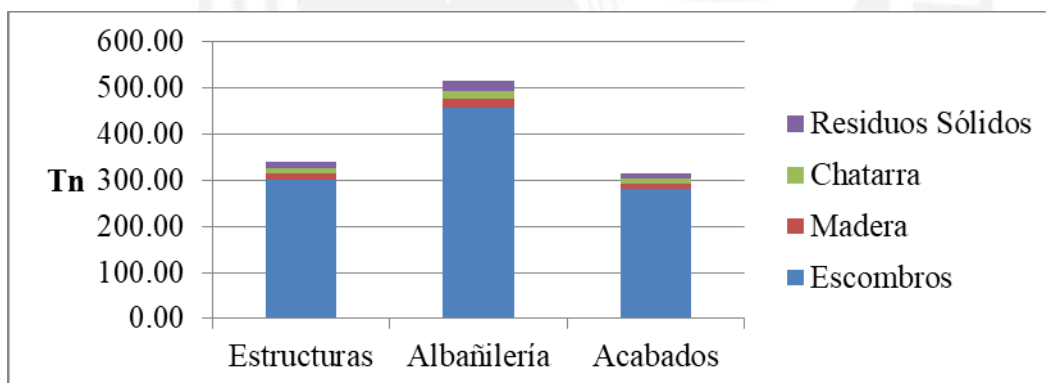


Figura 30: Variación de los RCD del edificio Clement para la etapa de estructuras, albañilería y acabados

Fuente: Elaboración Propia.

Por último en la figura 31, se muestran las cantidades totales de los RCD que se hubieran generado durante las tres etapas constructivas del edificio Clement y se observa que en primer lugar están los escombros con 1040.47 Tn, en segundo lugar la madera con 49.90 Tn, seguido por los residuos sólidos con 46.28 Tn y finalmente la chatarra con 33.34Tn.

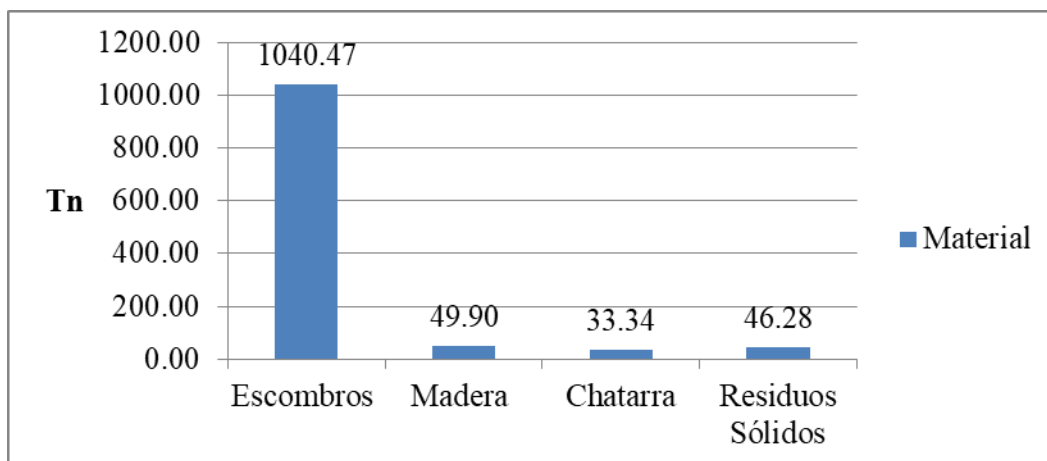


Figura 31: Total de RCD del edificio Clement para las etapas de estructuras, albañilería y acabados

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestra en la tabla 17 un resumen de los datos obtenidos en el edificio Clement para la porción reciclable y la porción no reciclable. Así se tiene, que el material constituido por escombros es el que se encuentra en mayor cantidad y la chatarra en menor. Adicionalmente, en la columna no reciclable se observa que no se aprecia valor alguno para el material de madera puesto que esta se encuentra incluida en la categoría no reciclable de los residuos sólidos. Esto evidencia la inexistencia de buenas prácticas en la gestión de los RCD.

Tabla 17: Resumen de RCD porción reciclable y no reciclable del edificio Clement

Material	Reciclable (Tn)	No Reciclable (Tn)
Escombros	1 015.95	24.52
Madera	49.90	0.00
Chatarra	29.28	4.08
Residuos Solidos	44.20	2.05
Peso Total	1 139.33	30.65

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los datos de la tabla 17 de RCD del edificio Clement se obtiene que la proporción entre material reciclable y no reciclable, se tiene que el 97% puede ser reciclado, la mayoría de ellos son escombros y bloques de concreto, mientras que el 3% restante no puede ser reciclado o necesita un tratamiento previo para que se pueda reciclar. (Figura 32).

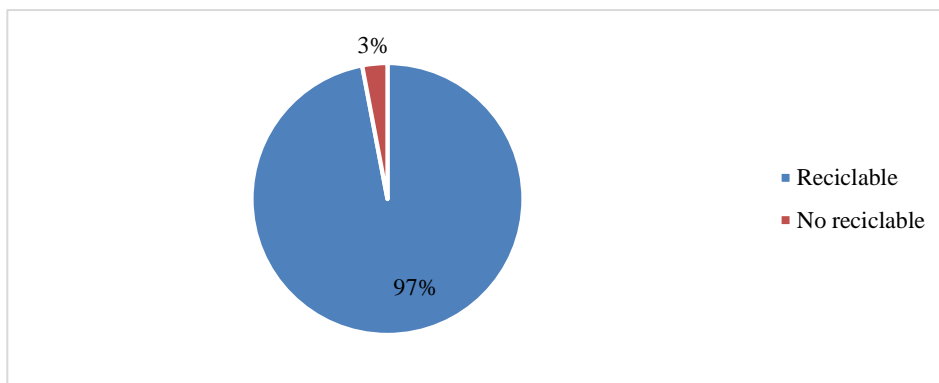


Figura 32: Nivel de reciclabilidad de los RCD del edificio Clement

Fuente: Elaboración Propia.

Del total de los residuos de construcción recolectados, se observa que de la porción reciclable el 89.17% está constituido por escombros, seguido por un 4.38% de madera, un 2.57% de chatarra y un 3.88% de residuos sólidos. De manera análoga ocurre con la porción no reciclable, se hace preciso señalar que todos los residuos han sido impregnados con pintura y/o restos de aceites y; además, se encuentran distribuidos de la siguiente manera: un 80 % de ellos están compuestos por escombros, un 13.33% por residuos sólidos y por un 6.67% por chatarra.

4.1.2. Modernización del TMN del Callao

En el caso de la modernización del TMN del Callao, según su origen y naturaleza, los residuos generados son: escombros, chatarra, madera, residuos sólidos y residuos peligrosos tal como: escombros los cuales estuvieron conformados por residuos de demolición, concreto, etcétera; así mismo, se encontró chatarra la cual estuvo constituida por varillas de acero, tuberías de acero, entre otros; de igual modo se encontró madera la cual vino compuesta por madera utilizada para encofrados, restos de madera limpia, entre otros; sumado a ello se encontraron residuos sólidos los cuales estuvieron constituidos por residuos del comedor, papel, cartón, etcétera y finalmente se encontraron residuos peligrosos los cuales estuvieron conformados por suelos contaminados con hidrocarburos, envases de pintura y aceite, calaminas de asbesto, entre otros. Lo expuesto en este párrafo puede ser observado en la tabla 19 y en las figuras 33 y 34, se muestran los suelos contaminados con hidrocarburos y la disposición de RCD del TMN del Callao respectivamente.

Tabla 18: RCD generados en la construcción del Terminal muelle norte del Callao

Componente	Elementos
Escombros	Residuos de demolición, losetas, granito, arena, piedra, arcilla, roca, ladrillos y concreto.
Chatarra	Varillas de acero, perfiles de acero, restos de pilotes de acero, armaduras de acero, cables metálicos, tuberías metálicas, partes metálicas de automóviles y equipos pesados y
Madera	Madera limpia y restos de madera utilizados en encofrados.
Residuos Sólidos	Papel, cartón plásticos, resduos de baños portátiles y residuos del comedor.
Residuos Peligrosos	Suelos contaminados con hidrocarburos (pasivo ambiental), restos de soldadura, discos de corte, envases de pintura y aceites, filtros de aceite, equipos de protección contaminados, tierra y trapos contaminados con hidrocarburos, barras semisólidas contaminadas con hidrocarburos, bolsas de bentonitas usadas, cilindros manchados con pintura asfáltica, calaminas de asbesto, pilas usadas, suelos contaminados con pintura y esmalte y residuos biocontaminados con enfermería.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 33: Pasivos ambientales en suelos por derrame de hidrocarburos

Fuente: Elaboración Propia



Figura 34: Disposición de RCD en el Terminal muelle norte del Callao

Fuente: APM

A continuación, se muestra en la tabla 20 un resumen de los datos obtenidos en la remodelación del TMN del Callao para la porción reciclable y no reciclable. Puede observarse que tanto para la porción reciclable y la no reciclable, el escombros es el material con mayor presencia y en menor proporción se encuentran la madera y la chatarra para las porciones reciclables y no reciclables respectivamente.

Tabla 19: Resumen de RCD porción reciclable TMN del Callao

Material	Reciclable (Tn)	No Reciclable (Tn)
Escombros	761 777.13	108 516.46
Madera	3 061.87	-
Chatarra	1 612.83	291.56
Residuos Solidos	398.73	38.28
Peso Total	766 850.56	108 845.43

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los datos de la tabla 20 de RCD del TMN del Callao se tiene que un 88% de residuos reciclables y un 12% de residuos no reciclables, éstos últimos, casi en su totalidad, presentan suelos contaminados con hidrocarburos (pasivos ambientales). (Figura 35).

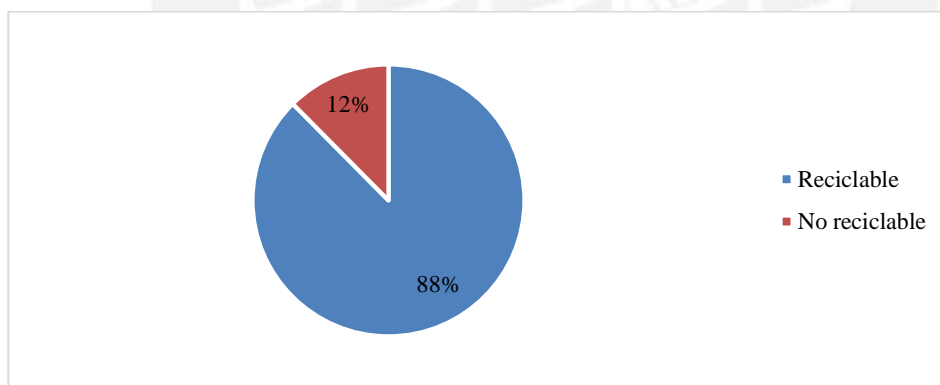


Figura 35: Nivel de reciclabilidad de los RCD del TMN del Callao

Fuente: Elaboración Propia.

Del total de los RCD recolectados, se observa que de la porción reciclable el 99.34% está constituido por escombros, seguido por un 0.40% de madera, un 0.21 % de chatarra y un 0.05% de residuos sólidos. En este caso, la porción no reciclable de los residuos del TMN del Callao tiene un marcado predominio de escombros, al representar un 99.69 % del total

de RCD no reciclables, y que, en su mayoría, están conformados por pasivos ambientales o suelos contaminados con hidrocarburos. (Figura 36).



Figura 36: Pasivo ambiental en TMN del Callao

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 37, se muestran las cantidades totales de los RCD que se generaron durante la construcción del TMN del Callao y se observa que en primer lugar están los escombros con 761 777.16 Tn, en segundo lugar los residuos peligrosos con 108 846.303 Tn, seguido por la chatarra con 3 061.87 Tn, en cuarto lugar por los residuos sólidos con 1 612.83 Tn y finalmente la madera con 398.73Tn.

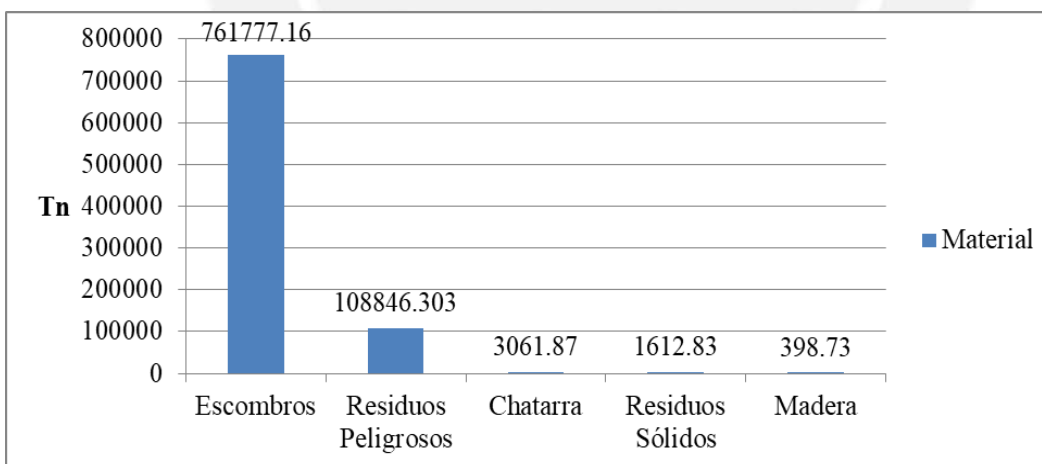


Figura 37: Variación de los RCD del TMN del Callao

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Análisis de los residuos de construcción generados en las dos áreas de estudio

Para analizar y ofrecer una mejor caracterización de los RCD, se emplearán las proporciones de los pesos de los residuos presentes en cada obra, tal como se muestra en la tabla 20, la cual evidencia la porción reciclable de ambas obras y permite observar con mayor facilidad el tipo de material predominante, siendo este el escombros, así como también se evidencia una tendencia de las proporciones de los materiales para el caso del TMN del Callao. Esta técnica, como lo refieren diversos estudios, permite hacer comparaciones entre distintos tipos de obras.

Tabla 20: Resumen de proporciones del edificio Clement y del TMN del Callao porción reciclable

Material	Proporciones (%)			
	Edificio Clement	TMN del Callao		
	2014	2013	2014	2015
Escombros	0.892	0.993	0.997	0.990
Chatarra	0.044	0.001	0.000	0.001
Madera	0.026	0.001	0.001	0.007
Residuos Sólidos	0.038	0.005	0.002	0.002

Fuente Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla 21, se evidencia que la concentración de RCD de naturaleza inerte es mayor, seguido por la madera, residuos sólidos y la chatarra. Ello es consecuencia de la gran cantidad de residuos obtenidos por los movimientos de tierra y por los altos índices de concreto, madera y acero que se utilizan en la construcción en el país.

Por la desviación estándar y la media de los RCD, se observa que hay una variabilidad baja en los escombros, éstos presentan un coeficiente de variabilidad de 5.24% mientras que en el caso de la madera, la chatarra y los residuos sólidos se tiene una variabilidad alta que tiene como coeficiente un máximo de 195.25%. Adicionalmente, se observa una asimetría positiva para la madera, la chatarra y los residuos sólidos, ello significa que la mayoría de los datos obtenidos se encuentran por encima de la media aritmética y, en el caso de los escombros, tienen una asimetría negativa.

Tabla 21: Parámetros estadísticos porción reciclable

Parámetros estadísticos		Escombros	Madera	Chatarra	Residuos Sólidos
N	Válidos	4.00	4.00	4.00	4.00
	Perdidos	0.00	0.00	0.00	0.00
Media		0.97	0.01	0.01	0.01
Error típ. de la media		0.03	0.01	0.01	0.01
Mediana		0.99	0.00	0.00	0.00
Desviación Estándar		0.05	0.02	0.01	0.02
Coeficiente de variabilidad (%)		5.24	195.25	135.35	150.93
Varianza		0.00	0.00	0.00	0.00
Asimetría		-1.98	2.00	1.68	1.96
Error típ. de asimetría		1.01	1.01	1.01	1.01
Curtosis		3.94	4.00	2.73	3.87
Error típ. de curtosis		2.62	2.62	2.62	2.62
Rango		0.11	0.04	0.03	0.04
Mínimo		0.89	0.00	0.00	0.00
Máximo		1.00	0.04	0.03	0.04
Suma		3.87	0.04	0.04	0.05
Percentiles	25	0.92	0.00	0.00	0.00
	50	0.99	0.00	0.00	0.00
	75	1.00	0.03	0.02	0.03

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, se tiene un coeficiente de curtosis mayor a cero para los escombros, chatarra, madera y residuos sólidos; por ende, la distribución es leptocúrtica, pues tiene una concentración de los datos en torno a la media. En la figura 38, se presenta la composición de los residuos de construcción de las ambas.

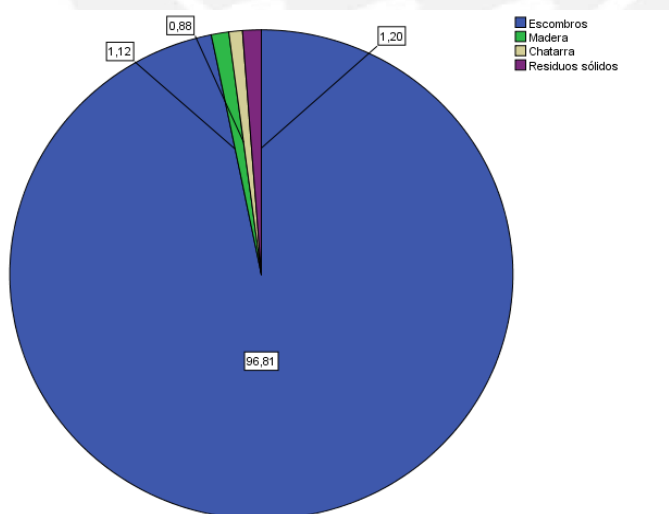


Figura 38: Composición de RCD en las dos obras porción reciclable

Fuente: Elaboración Propia

De esta figura, se tiene que del total de RCD de las dos obras el 96.81% está conformado por escombros mientras que el 3.19% restante está compuesto, por residuos sólidos, maderas, y chatarras. Similares resultados en cuanto a su distribución se refiere, por los diagramas de caja de la figura 39.

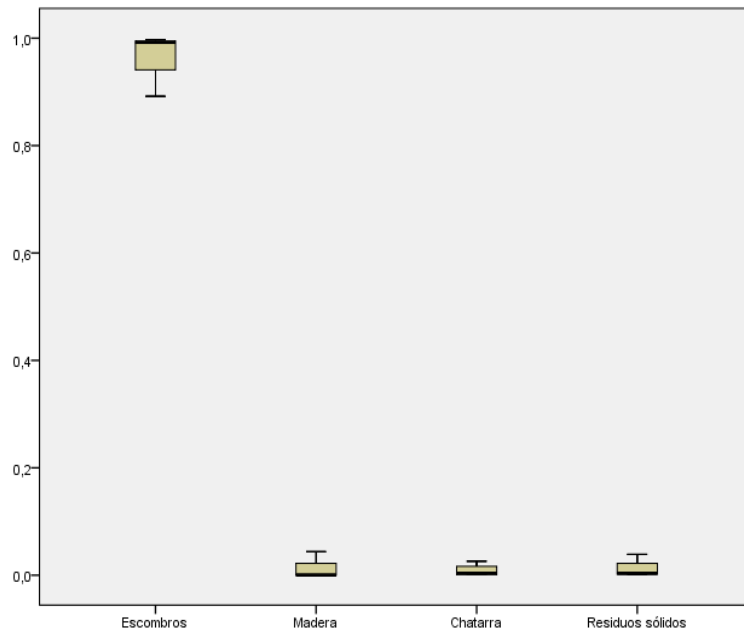


Figura 39: Diagrama de caja de los escombros

Fuente: Elaboración Propia

Del análisis de la figura anterior se concluye que existe una variabilidad alta de los residuos de construcción y que los de mayor variación son los residuos sólidos. Además, se nota que en el caso de los residuos sólidos, la chatarra y la madera el brazo superior es más grande que el inferior, en consecuencia la distribución de residuos está sesgada hacia la zona superior y en el caso de los escombros ocurre lo contrario, porque el brazo inferior es más grande que el superior; es decir, la distribución de residuos se encuentra sesgada hacia la parte inferior.

En la tabla 22, se muestran las proporciones de los materiales para la fracción no reciclable y se evidencia que la concentración de RCD de naturaleza inerte es mayor, seguido por los residuos sólidos y la chatarra.

Tabla 22: Resumen de proporciones del edificio Clement y del TMN del Callao porción no reciclable

Material	Proporciones (%)			
	Edificio Clement	TMN del Callao		
	2014	2013	2014	2015
Escombros	0.800	0.997	0.998	0.977
Chatarra	0.133	0.003	0.001	0.017
Residuos Sólidos	0.067	0.000	0.001	0.006

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 23, por la desviación estándar y la media de los RCD, se observa la existencia de un coeficiente de variabilidad bajo para los escombros, chatarra y residuos sólidos, siendo estos 0.94%, 0.54% y 1.04% respectivamente. Adicionalmente, se tiene que se evidencia una asimetría positiva en el caso de la chatarra y los residuos sólidos, ello significa que la mayoría de los datos obtenidos se encuentran por encima de la media aritmética y, en el caso de los escombros, existe una asimetría negativa. Por último, se tiene un coeficiente de curtosis mayor a cero para los escombros, chatarra y residuos sólidos, por ello, la distribución es leptocúrtica, porque tiene una concentración de los datos en torno a la media.

Tabla 23: Parámetros estadísticos porción no reciclable

Parámetros estadísticos		Escombros	Chatarra	Residuos Sólidos
N	Válidos	4.00	4.00	4.00
	Perdidos	0.00	0.00	0.00
Media		0.94	0.02	0.04
Error típ. de la media		0.05	0.02	0.03
Mediana		0.99	0.00	0.01
Desviación Estándar		0.01	0.03	0.00
Coeficiente de variabilidad (%)		0.95	0.54	1.04
Varianza		0.01	0.00	0.00
Asimetría		-1.94	1.96	1.93
Error típ. de asimetría		1.01	1.01	1.01
Curtosis		3.78	3.86	3.73
Error típ. de curtosis		2.62	2.62	2.62
Rango		0.20	0.07	0.13
Mínimo		0.80	0.00	0.00
Máximo		1.00	0.07	0.13
Suma		3.77	0.07	0.15
Percentiles	25	0.84	0.00	0.00
	50	0.99	0.00	0.01
	75	1.00	0.05	0.10

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la figura 40, se observa que los residuos predominantes son peligrosos y de naturaleza inerte y que; además, representa un 94.30% de la porción no reciclable, ello

es consecuencia de la gran cantidad de residuos peligrosos generados a causa del continuo derramamiento de hidrocarburos que ha tenido lugar en el terminal muelle norte del Callao durante su fase operativa.

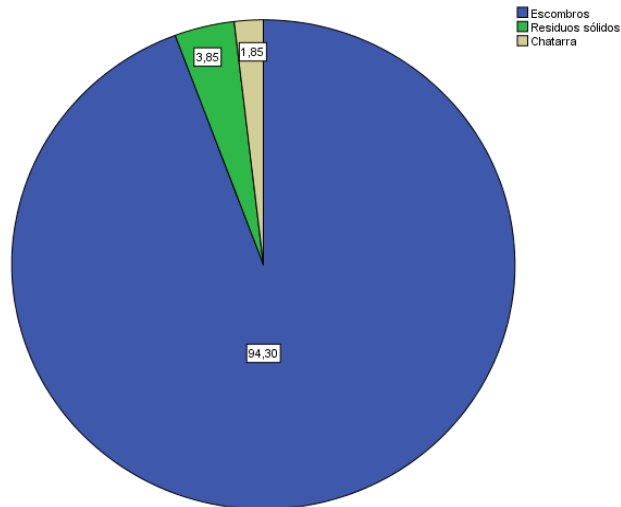


Figura 40: Composición de RCD en las dos obras porción no reciclable

Fuente: Elaboración Propia

En las figura 41, se presenta los respectivos diagramas de caja, en los cuales se evalúa la variabilidad de la generación de los escombros, los residuos sólidos y la chatarra de la porción no reciclable:

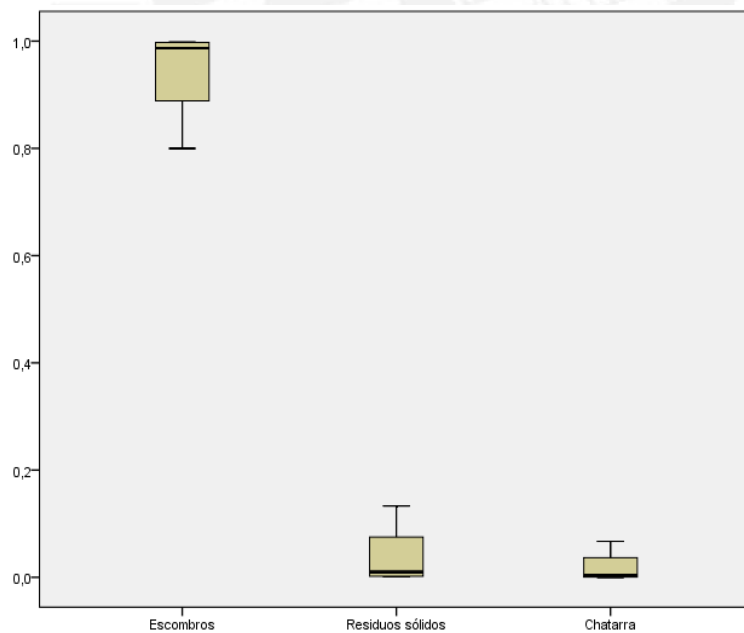


Figura 41: Diagrama de caja de los escombros porción no reciclable

Fuente: Elaboración Propia

De las figura 41, se tiene que, tal como sucede en el caso de la porción reciclable, los residuos sólidos son los que tienen mayor variabilidad. Además, se nota que el tamaño del brazo superior del flujo de caja es más grande que el inferior en el caso de los residuos sólidos y la chatarra. En consecuencia, la distribución se encuentra sesgada hacia la parte superior y en el caso de los escombros ocurre lo contrario.

4.3. Prueba de hipótesis

Diferencia de medias

Con el objetivo de determinar la significancia de la diferencia de medias de cada material, para ello se plantean dos hipótesis, la nula y la alternativa. La hipótesis nula plantea que la media del material “N” de la obra 1 es igual a la media del material “N” de la obra 2 y la hipótesis alternativa plantea lo contrario; es decir, que la media del material “N” de la obra 1 es diferente a la media del material “N” de la obra 2, conforme a la siguiente a la siguiente expresión:

$$H_0: \mu_{\text{Material N obra1}} = \mu_{\text{Material N obra2}}$$

$$H_1: \mu_{\text{Material N obra1}} \neq \mu_{\text{Material N obra2}}$$

Además de ello, se utiliza un intervalo de confianza de 95%; se tiene un valor de $\alpha=0.05$. En este escenario, se rechaza la hipótesis nula si y solo si el p-valor (significancia bilateral) es menor a α , en caso contrario se acepta.

4.3.1. Porción reciclable

En la tabla 24 se muestran los parámetros estadísticos, el número de muestras, la media, la desviación estándar y el error típico de la media de la porción reciclable del edificio Clement y de la remodelación del TMN del Callao.

Tabla 24: Valores estadísticos de los materiales porción reciclable

Material	Obra	N	Media	Desviación Estandar	Error típico de la media
Escombros	Edificio Clement	10	0.891	0.034	0.011
	TMN del Callao	3	0.993	0.004	0.002
Chatarra	Edificio Clement	10	0.027	0.026	0.008
	TMN del Callao	3	0.003	0.002	0.001
Madera	Edificio Clement	10	0.044	0.015	0.005
	TMN del Callao	3	0.001	0.001	0.000
Residuos sólidos	Edificio Clement	10	0.039	0.011	0.004
	TMN del Callao	3	0.003	0.003	0.002

Fuente: Elaboración Propia

Por los resultados de la tabla 25 se tiene que en el caso de la chatarra, podemos apreciar que el p-valor es 0.152 que es mayor a 0.05 y que el intervalo de la diferencia de medias está entre -0.010 y 0.058, entonces contiene al valor 0 ($\mu_{\text{Chatarra edificio}} = \mu_{\text{Chatarra puerto}}$); por lo tanto, la hipótesis nula se acepta.

Tabla 25: Prueba de muestras independientes porción reciclable

Material	Condición de Varianza	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		Condición de Hipótesis nula
									Inferior	Superior	
Escombros	Se han asumido varianzas iguales	3.457	0.090	-5.054	11.000	0.000	-0.103	0.020	-0.148	-0.058	Se rechaza
	No se han asumido varianzas iguales	-	-	-9.364	9.593	0.000	-0.103	0.011	-0.127	-0.078	
Chatarra	Se han asumido varianzas iguales	2.116	0.174	1.539	11.000	0.152	0.024	0.015	-0.010	0.058	Se acepta
	No se han asumido varianzas iguales	-	-	2.878	9.260	0.018	0.024	0.008	0.005	0.042	
Madera	Se han asumido varianzas iguales	3.000	0.111	4.738	11.000	0.001	0.043	0.009	0.023	0.063	Se rechaza
	No se han asumido varianzas iguales	-	-	8.902	9.084	0.000	0.043	0.005	0.032	0.054	
Residuos sólidos	Se han asumido varianzas iguales	4.569	0.056	5.214	11.000	0.000	0.036	0.007	0.021	0.051	Se rechaza
	No se han asumido varianzas iguales	-	-	8.686	10.811	0.000	0.036	0.004	0.027	0.045	

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de los escombros, se observa que el intervalo de la diferencia de medias está entre -0.148 y -0.058, entonces al no contener el valor 0 la diferencia de medias es

significativa ($\mu_{\text{Escombros edificio}} \neq \mu_{\text{Escombros puerto}}$); por ende, se acepta la hipótesis alternativa. Situación similar ocurre en los casos de madera y residuos sólidos, donde se aprecia que los intervalos de confianza se encuentran entre 0.023 y 0.063 y entre 0.021 y 0.051 respectivamente. Entonces, al no contener ambos intervalos el valor 0 se concluye que $\mu_{\text{Madera edificio}} \neq \mu_{\text{Madera puerto}}$ y $\mu_{\text{Residuos sólidos edificio}} \neq \mu_{\text{Residuos sólidos puerto}}$. En consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa.

4.3.2. Porción no reciclable

En la tabla 26, de manera análoga, se presentan los parámetros estadísticos, el número de muestras, la media, la desviación estándar y el error típico de la media de la porción no reciclable en cuanto a sus parámetros estadísticos.

Tabla 26: Valores estadísticos de los materiales porción no reciclable

Material	Obra	N	Media	Desviación Estandar	Error típico de la media
Escombros	Edificio Clement	10	0.791	0.071	0.023
	TMN del Callao	3	0.991	0.012	0.007
Chatarra	Edificio Clement	10	0.078	0.042	0.013
	TMN del Callao	3	0.002	0.003	0.002
Residuos sólidos	Edificio Clement	10	0.136	0.069	0.022
	TMN del Callao	3	0.007	0.009	0.005

Fuente: Elaboración Propia

Por los resultados consignados en la tabla 27, se tienen evidencias para rechazar la hipótesis nula de los escombros, madera y residuos sólidos, ello debido a que su significancia bilateral es menor a 0.05. Además, se observa que los intervalos de diferencia de medias están en el rango, en el caso de los escombros entre -0.294 hasta -0.106, en el caso de la chatarra entre 0.020 hasta 0.131 y en el caso de los residuos sólidos entre 0.038 hasta 0.220. Entonces, al no contener el valor de 0 se tiene que la diferencia de medias es significativa y se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 27: Prueba de muestras independientes porción no reciclable

Material	Condición de Varianza	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		Condición de Hipótesis nula
									Inferior	Superior	
Escombros	Se han asumido varianzas iguales	5.197	0.044	-4.688	11.000	0.001	-0.200	0.043	-0.294	-0.106	Se rechaza
	No se han asumido varianzas iguales	-	-	-8.473	10.338	0.000	-0.200	0.024	-0.252	-0.147	
Chatarra	Se han asumido varianzas iguales	3.798	0.077	3.009	11.000	0.012	0.076	0.025	0.020	0.131	Se rechaza
	No se han asumido varianzas iguales	-	-	5.616	9.336	0.000	0.076	0.013	0.045	0.106	
Residuos sólidos	Se han asumido varianzas iguales	2.268	0.160	3.112	11.000	0.010	0.129	0.041	0.038	0.220	Se rechaza
	No se han asumido varianzas iguales	-	-	5.721	9.852	0.000	0.129	0.022	0.078	0.179	

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Análisis de los elementos de los RCD generados en la construcción del edificio Clement y el TMN del Callao para su aprovechamiento

De acuerdo a los RCD obtenidos de ambos casos de estudio, se ha identificado aquellos residuos que son susceptibles de ser aprovechados a través del proceso de reciclaje o del proceso de reúso.

De acuerdo al análisis que se presenta de ambas obras en la tabla anterior, se coligen algunas de las razones que resultan desfavorables a la recuperación de mayores cantidades de RCD, tales como la ausencia de industrias que se ocupen de la recuperación de los RCD, la inviabilidad económica, ya que en el país resulta más rentable contaminar que reciclar o reusar materiales, la desconfianza e ignorancia por parte de los constructores en lo referente al uso de materiales reciclados, la ignorancia por parte de los trabajadores con respecto a los procedimientos de almacenamiento de los RCD que se producen en las obras y las sanciones económicas extremadamente leves o ausentes para las empresas constructoras que no cumplen con las leyes y normas vigentes referentes a la gestión de RCD.

Tabla 28: Aprovechamiento de residuos de la construcción

Residuos	Descripción	Aprovechamiento de residuos
<p>Escombros Compuesto por concreto, ladrillos, roca, piedra y residuos de demolición.</p>	<p>Los escombros están compuestos por materiales que tienen gran potencial de aprovechamiento; sin embargo, pese a que en muchos países éstos tienen un alto porcentaje de recuperación, en Perú no se aprovechan tanto como podrían, pues no contamos con escombreras.</p>	<p>Aprovechamiento: Para que puedan ser aprovechados, los escombros deben ser trasladados a plantas de tratamiento en las que pasarán por procesos de selección, trituración y cribado, ello con el fin de obtener el árido reciclado.</p> <p>Usos: Los escombros reciclados pueden ser usados en muros y bloques de concreto reciclado, ladrillos reciclados, material para la construcción de carreteras, entre otros.</p>
<p>Madera Compuesto por madera limpia y restos de madera utilizada en encofrados.</p>	<p>La situación de la madera es similar a la de los escombros en Perú; ello, debido a que es un material que tiene gran potencial de aprovechamiento. Cabe señalar que la madera es utilizada por países Europeos en gran cantidad y que alcanza índices de reciclaje de hasta el 80%. No obstante, esta situación no se replica en nuestro país, pues su aprovechamiento es mínimo.</p>	<p>Aprovechamiento: Para su aprovechamiento, la madera pasa por procesos de selección y de trituración.</p> <p>Usos: La madera reciclada puede ser usada como fertilizantes, energía de biomasa, tableros de aglomerados, entre otros.</p>
<p>Residuos sólidos Compuesto por plásticos, cartones, vidrios, tuberías de PVC y residuos del comedor.</p>	<p>Los residuos sólidos son materiales que tienen un alto potencial de aprovechamiento, siempre y cuando sean almacenados de forma separada, ello para evitar su contaminación.</p>	<p>Aprovechamiento: Para que puedan ser aprovechados, los residuos sólidos deben pasar por procesos de selección y de trituración.</p> <p>Usos: Los residuos sólidos reciclados pueden ser usados para la pavimentación de las calles con plástico reciclado mezclado con asfalto, tuberías, ladrillos de plásticos y papel, entre otros.</p>
<p>Chatarra Compuesto por varillas de acero, clavos, alambres, perfiles de acero, estribos y tuberías metálicos</p>	<p>La chatarra está compuesta por materiales que son reciclados en su totalidad. Existen diversas empresas que se encargan del reciclaje de la chatarra, tales como aceros Arequipa, Gerdau Perú, entre otras.</p>	<p>Aprovechamiento: Para su aprovechamiento, la chatarra debe pasar por procesos de trituración, limpieza, fundición, moldeado y enfriamiento.</p> <p>Usos: Puede ser usada para la producción de varillas de acero, clavos, perfiles de acero, tuberías, entre otros.</p>
<p>Residuos peligrosos Compuesto por suelos contaminados con hidrocarburos, residuos hospitalarios y elementos impregnados con aceites y/o pinturas.</p>	<p>Los residuos peligrosos son aquellos los cuales debido a su composición y propiedades químicas pueden ocasionar daños significativos hacia las personas y el medio ambiente</p>	<p>Aprovechamiento: Para que sean aprovechados, los residuos peligrosos, previamente a su eliminación, pasan por procesos, tales como el de inertización, estabilización, entre otros.</p>

Fuente: Elaboración Propia

4.5. Evaluación de impactos

La evaluación de impactos ambientales, sociales y económicos se realizó de manera individual de tal forma que permitiese identificar cuál es el proyecto y el material que generaron un mayor impacto; los resultados obtenidos se comentan a continuación.

4.5.1. Evaluación de impacto ambiental

4.5.1.1. Edificio Clement

En la tabla 29 se presentan los resultados obtenidos por la evaluación ambiental del edificio Clement. Conforme a lo señalado en el apartado de evaluación de impacto ambiental de los RCD del capítulo 3.

Tabla 29: Matriz de evaluación ambiental del edificio Clement

Escala	0	1	2	3
--------	---	---	---	---

Material	Características de peligrosidad						Valor Absoluto	Valor Absoluto/IR	Valores normalizados
	Tóxico	Corrosivo	Inflamable	Explosivo	Irritante	Biocontaminado			
Escombros	1	0	0	0	1	0	2	0.05	0.13
Madera	1	0	3	1	1	1	7	0.18	0.47
Chatarra	2	3	1	0	1	0	7	0.18	0.47
Residuos sólidos	2	1	1	1	2	2	9	0.23	0.60
Residuos Peligrosos	3	0	3	3	3	3	15	0.38	1.00
Valor Absoluto	9	4	8	5	8	6	40		
Valor Absoluto/IR	0.23	0.10	0.20	0.13	0.20	0.15			

IR por afectación ambiental	40
-----------------------------	----

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los datos de la tabla anterior, se tiene un índice resultante de sumatoria (IR) por afectación ambiental de 40, este valor resulta de la sumatoria de la matriz y se obtiene lo siguiente: según la figura 42, se observa que la distribución de residuos según su peligrosidad, en función al tipo de residuo más perjudicial para el ambiente. Se nota que los residuos peligrosos son los que generan un mayor impacto, ello debido a su alto contenido de productos contaminados por sustancias tales como aceites y restos de pintura. De otro lado, se tiene que el RCD que genera un menor impacto en el ambiente es el conformado por escombros.

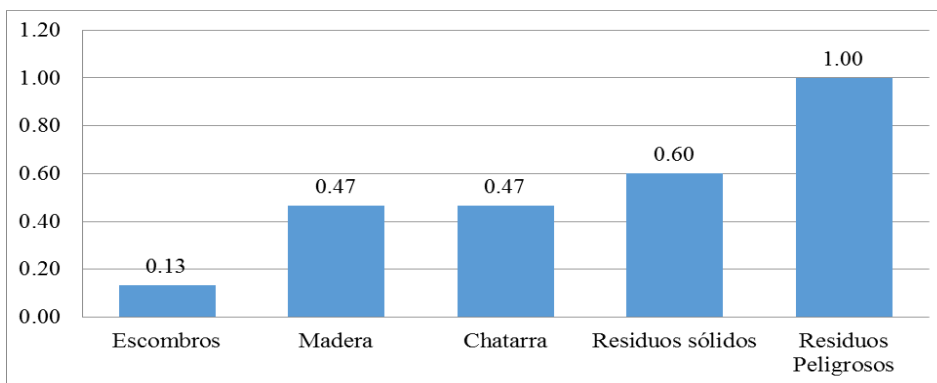


Figura 42: Distribución de residuos según su peligrosidad del edificio Clement

Fuente: Elaboración Propia

Acorde a la distribución de la figura 43, puede verificarse que la característica predominante de los RCD del edificio Clement es la toxicidad que éstos presentan, siendo los de mayor nivel aquellos compuestos por residuos peligrosos y, los de menor nivel, aquellos conformados por escombros. Por otra parte, se indica que la característica de peligrosidad que genera un menor impacto es la corrosividad, porque la chatarra es el único material que es afectado por ésta.

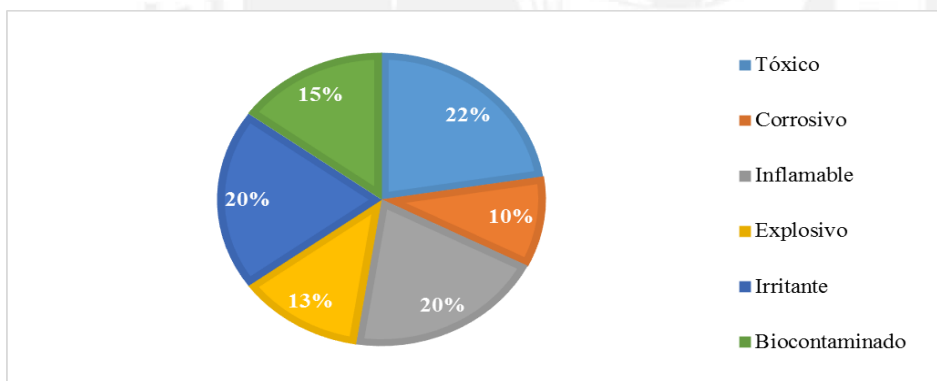


Figura 43: Características de la peligrosidad de los residuos del edificio Clement

Fuente: Elaboración Propia.

4.5.1.2. Modernización del TMN del Callao

En la tabla 30 se presentan los resultados obtenidos por la evaluación ambiental del TMN del Callao. Conforme a lo señalado en el apartado de evaluación de impacto ambiental de los RCD del capítulo 3.

Tabla 30: Matriz de evaluación ambiental del TMN del Callao

Escala	0	1	2	3
--------	---	---	---	---

Material	Características de peligrosidad						Valor Absoluto	Valor Absoluto/IR	Valores normalizados
	Tóxico	Corrosivo	Inflamable	Explosivo	Irritante	Biocontaminado			
Escombros	1	0	0	0	1	0	2	0.05	0.13
Madera	1	0	3	0	1	1	6	0.15	0.38
Chatarra	2	3	0	0	1	0	6	0.15	0.38
Residuos sólidos	3	0	2	1	2	3	11	0.27	0.69
Residuos peligrosos	3	1	3	3	3	3	16	0.39	1.00
Valor Absoluto	10	4	8	4	8	7	41		
Valor Absoluto/IR	0.24	0.10	0.20	0.10	0.20	0.17			

IR por afectación ambiental	41
-----------------------------	----

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo los datos de la tabla anterior, se tiene un IR por afectación ambiental de 41, este resulta de la sumatoria de la matriz. A partir de esta, concluimos lo siguiente: que según la figura 44, se aprecia que el residuo que resulta más perjudicial es aquel conformado por residuos peligrosos, ello se debe a la gran cantidad de pasivos ambientales que preexistían a construcción del puerto y a aquellos que se generaron a raíz de la construcción de éste. El mismo efecto producen los residuos biocontaminados provenientes de la caseta de enfermería.

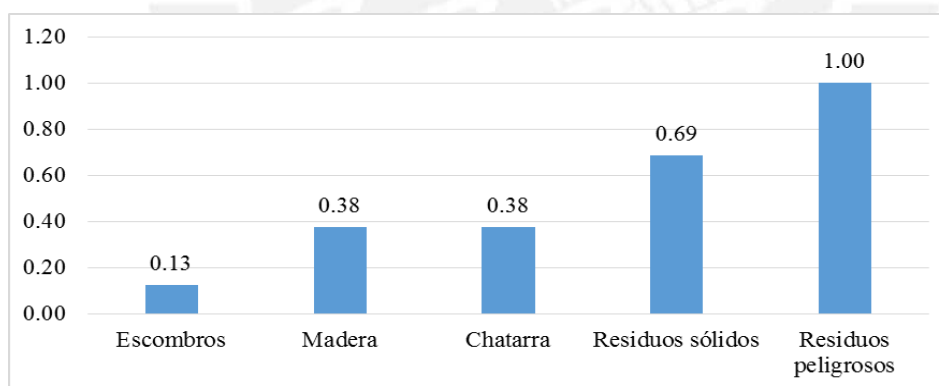


Figura 44: Distribución de residuos según su peligrosidad del TMN del Callao

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la figura 45, se aprecia que la característica predominante de los RCD generados en el TMN del Callao es de naturaleza tóxica. De otro lado, se evidencia que los RCD menos perjudiciales son los residuos corrosivos.

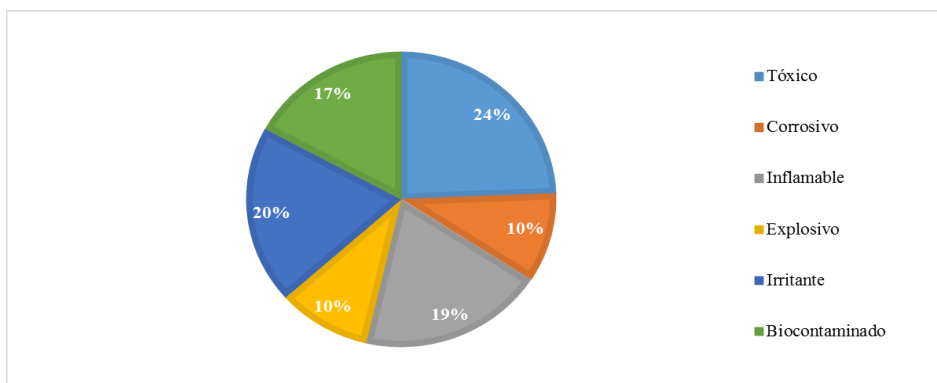


Figura 45: Características de la peligrosidad de los residuos del TMN del Callao

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2. Evaluación de impacto social

4.5.2.1. Edificio Clement

En la tabla 31 se muestran los resultados de la evaluación social aplicada al edificio Clement. Conforme a lo señalado en el apartado de evaluación de impacto social de los RCD del capítulo 3.

Tabla 31: Matriz de evaluación social del edificio Clement

Material	Parámetros para la evaluación de impacto social				Valor Absoluto	Valor Absoluto/IR	Valores normalizados
	Afectación a la Salud	Afectación al Paisaje	Generación de Vectores de plagas	Generación de Olores			
Escombros	3	3	3	2	11	0.22	0.92
Madera	3	3	2	1	9	0.18	0.75
Chatarra	3	2	1	2	8	0.16	0.67
Residuos sólidos	3	2	3	3	11	0.22	0.92
Residuos Peligrosos	3	3	3	3	12	0.24	1.00
Valor Absoluto	15	13	12	11	51		
Valor Absoluto/IR	0.29	0.25	0.24	0.22			

IR por afectación social	51
--------------------------	-----------

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los valores de la tabla anterior, se tiene un IR por afectación social de 51, esta cifra resulta de la sumatoria de la matriz.

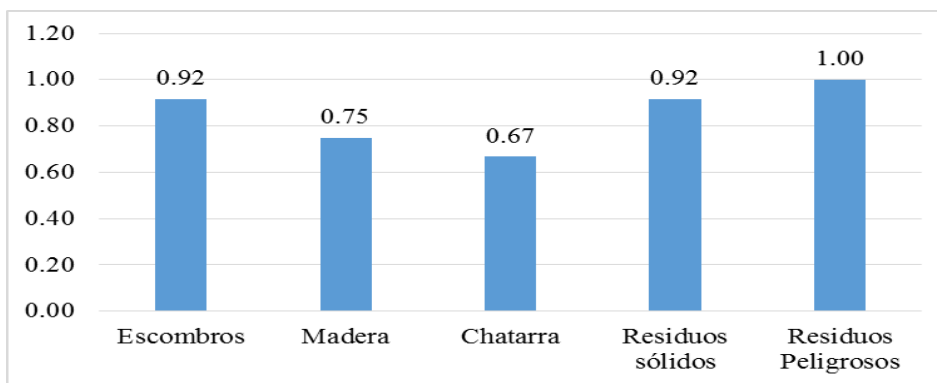


Figura 46: Distribución de los residuos según su afectación a la sociedad del edificio Clement

Fuente: Elaboración propia

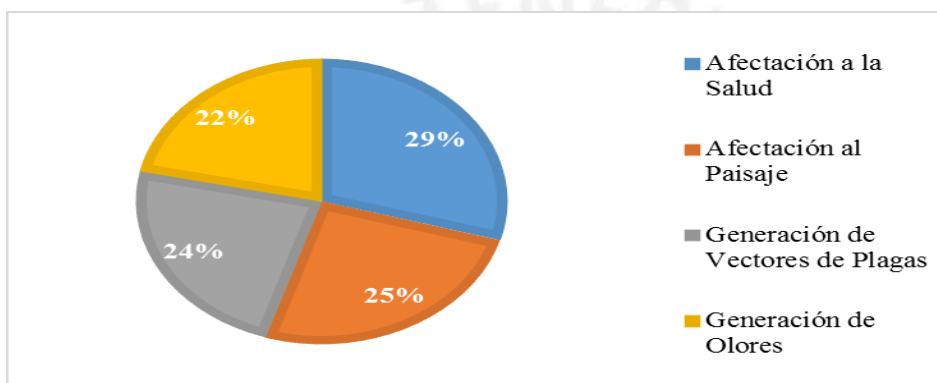


Figura 47: Consecuencias del impacto social de los residuos del edificio Clement

Fuente: Elaboración propia

Todos los RCD producidos en la construcción del edificio Clement son perjudiciales para la sociedad, pues éstos fueron desechados en vertederos informales. La figura 46, señala que los residuos que producen un mayor impacto social son los residuos peligrosos, los escombros y los residuos sólidos, porque estos tipos de residuos son eliminados sin que medie control alguno de por medio y ocupan importantes volúmenes de almacenamiento en los vertederos informales, ello genera la contaminación de los demás residuos pre existentes en ellos. Por otra parte, en la figura 47, se observa que las consecuencias más resaltantes son la afectación a salud y al paisaje; por ejemplo, cuando los RCD son eliminados en vertederos informales no se realizan controles de seguridad para las personas y éstas, la mayoría de las veces, se dedican al comercio de residuos para su reciclaje, razón por la cual están en contacto directo con estos residuos y ello podría devenir en diferentes tipos de enfermedades. Respecto a la afectación al paisaje, éste

puede verse mermado, en tanto la cantidad de rellenos sanitarios informales existentes siga en aumento.

4.5.2.2. Modernización del TMN del Callao

En la tabla 32 se muestran los resultados de la evaluación social aplicada a la modernización del TMN del Callao. Conforme a lo señalado en el apartado de evaluación de impacto social de los RCD del capítulo 3.

Tabla 32: Matriz de evaluación social de la modernización del TMN del Callao

Escala							
0							
1							
2							
3							
Material	Parámetros para la evaluación de impacto social				Valor Absoluto	Valor Absoluto/IR	Valores normalizados
	Afectación a la Salud	Afectación al Paisaje	Generación de Vectores de plagas	Generación de Olores			
Escombros	1	1	1	3	6	0.19	0.75
Chatarra	1	1	1	3	6	0.19	0.75
Madera	1	1	1	1	4	0.13	0.50
Residuos sólidos	2	1	1	3	7	0.23	0.88
Residuos peligrosos	3	1	1	3	8	0.26	1.00
Valor Absoluto	8	5	5	13	31		
Valor Absoluto/IR	0.26	0.16	0.16	0.42			

IR por afectación social	31
--------------------------	-----------

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, el IR por afectación social es de 31; cabe señalar que esta cifra resulta de la sumatoria de la matriz. Además, en la tabla se relacionan los RCD generados en la remodelación del TMN del Callao con los diferentes impactos sociales que éstos pueden generar.

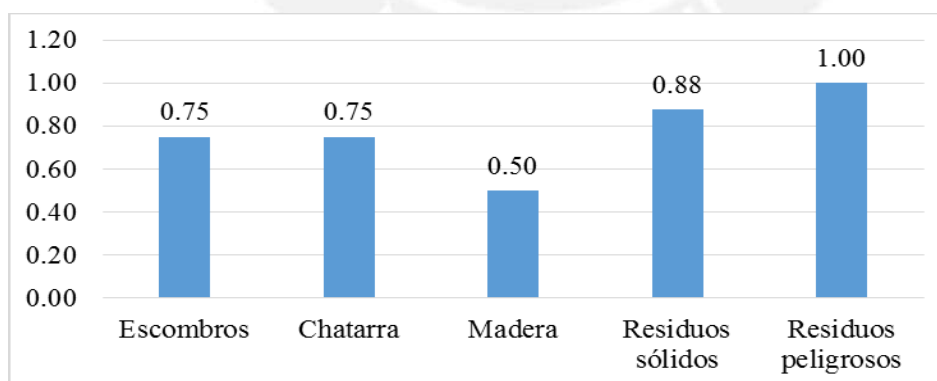


Figura 48: Distribución de los residuos según su afectación a la sociedad del TMN del Callao

Fuente: Elaboración propia

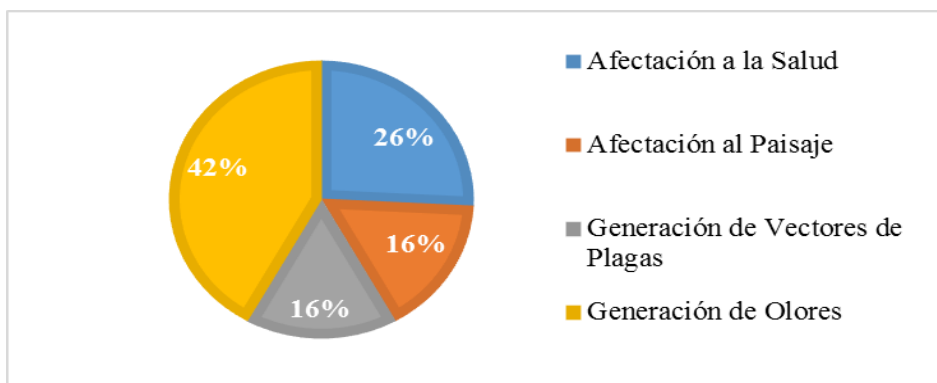


Figura 49: Consecuencias del impacto social de los residuos del TMN del Callao

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 48, se observa que los materiales que causan un mayor impacto son los residuos peligrosos y los residuos sólidos, ello como consecuencia de las grandes cantidades de RCD que son eliminadas en los vertederos autorizados por las empresas prestadoras de servicios para el manejo de los RC. Por otro lado, de la figura 49, resulta posible indicar que las consecuencias más resaltantes son la generación de olores y la afectación a la salud. Con relación a la generación de olores, se puede señalar que estos son ocasionados por todos los RCD y en cuanto a la afectación a la salud, se puede mencionar que si bien los RCD fueron tratados por empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos las cuales brindan a su personal todos sus implementos de seguridad aún existe el riesgo en un menor grado de adquirir algún tipo de enfermedad.

4.5.3. Evaluación de impacto económico

4.5.3.1. Edificio Clement

De manera similar, a las evaluaciones anteriores se presenta en la tabla 33 los resultados de la evaluación económica del edificio Clement. Conforme a lo señalado en el apartado de evaluación de impacto económico de los RCD del capítulo 3.

Tabla 33: Matriz de evaluación económica del edificio Clement

Escales	0	1	2	3	
Material	Parámetros para la evaluación de impacto Económico		Valor Absoluto	Valor Absoluto/IR	Valores normalizados
	Generación de Empleo	Reciclable o Reusable			
Escombros	1	0	1	0.08	0.25
Madera	2	1	3	0.25	0.75
Chatarra	2	1	3	0.25	0.75
Residuos sólidos	2	2	4	0.33	1.00
Residuos Peligrosos	1	0	1	0.08	0.25
Valor Absoluto	8	4	12		
Valor Absoluto/IR	0.67	0.33			

IR por afectación económica	12
-----------------------------	----

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, se obtuvo un IR por afectación económica de 12, se hace preciso indicar que dicha cifra resulta de la sumatoria de la matriz. Además, la tabla relaciona los RCD generados en la construcción del edificio Clement con la generación de empleo y, el reciclaje o reúso del que son susceptibles éstos, ello, desde el punto de vista de la economía.

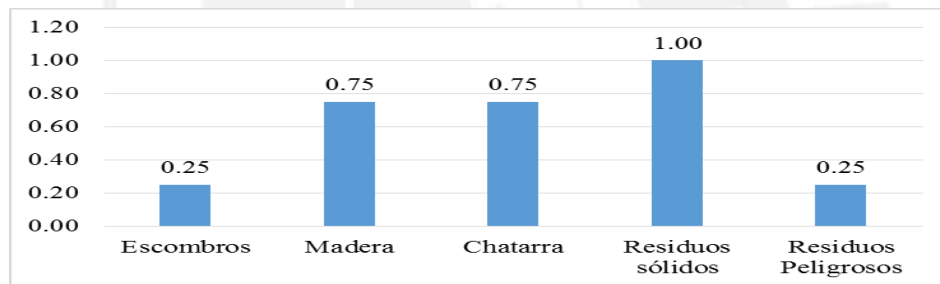


Figura 50: Distribución de los residuos según su afectación a la economía del edificio Clement

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la figura 50, se observa que los materiales que generan un mayor impacto en la economía son los residuos sólidos, la chatarra y la madera. Ello resulta esperable, pues éstos pueden pasar por procesos de reutilización o reciclaje.

En la figura 51, se muestran las consecuencias del impacto económico causado por los RCD del edificio Clement, en la economía. De aquella figura, se observa que la característica más representativa es la generación de empleo, pues debido a la generación de RCD, se crean diferentes tipos de trabajos para las personas, desde el servicio de

transporte de RCD hacia los vertederos informales hasta el de recojo y selección de éstos por parte de recolectores informales, ello con el fin de vender los RCD a empresas que se encarguen del reciclaje de estos.

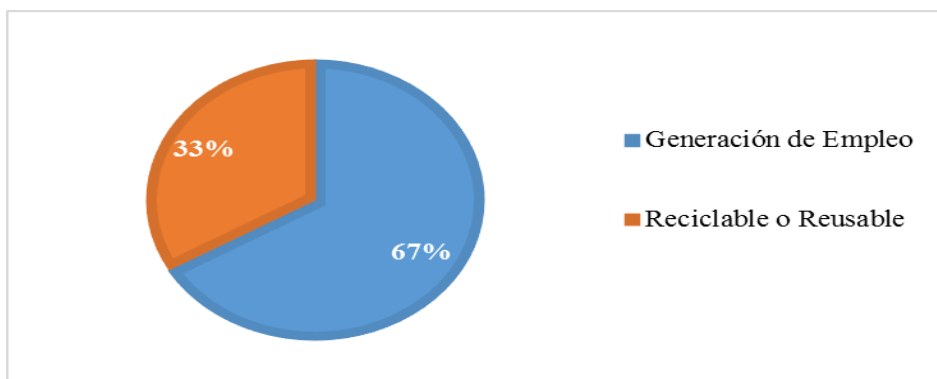


Figura 51: Características del impacto económicos de los residuos del edificio Clement

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.2. Modernización del TMN del Callao

Por último, en la tabla 34 se ofrecen los resultados de la evaluación económica de los residuos del TMN del Callao. Conforme a lo señalado en el apartado de evaluación de impacto económico de los RCD del capítulo 3.

Tabla 34: Matriz de evaluación económico del TMN del Callao

Escala	0	1	2	3	
Material	Parámetros para la evaluación de impacto Económico		Valor Absoluto	Valor Absoluto/IR	Valores normalizados
	Generación de Empleo	Reciclable o Reusable			
Escombros	3	0	3	0.14	0.60
Madera	3	2	5	0.24	1.00
Chatarra	3	2	5	0.24	1.00
Residuos sólidos	3	2	5	0.24	1.00
Residuos peligrosos	3	0	3	0.14	0.60
Valor Absoluto	15	6	21		
Valor Absoluto/IR	0.71	0.29			
IR por afectación económica					21

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los datos de la tabla anterior, se tiene un IR por afectación económica de 21, dicha cifra resulta de la sumatoria de la matriz y a partir de ella concluimos lo siguiente:

En la figura 52, los materiales que ocasionan un mayor impacto económico son la chatarra, los residuos sólidos y la madera debido a que estos pueden pasar por procesos de reutilización y reciclaje. Por otro lado, los materiales que generan menor impacto son los escombros y residuos peligrosos. En el caso de los residuos peligrosos, éstos pasan por procesos de inertización y estabilización previa a su eliminación.

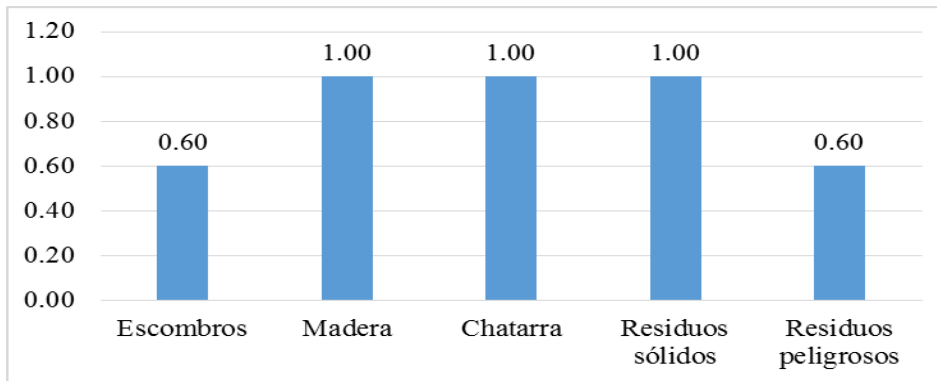


Figura 52: Distribución de los residuos según su afectación a la economía del TMN del Callao

Fuente: Elaboración propia

En la figura 53, de manera similar al edificio Clement, se observa que la generación de empleo es la característica más representativa, a ésta le sigue la reciclabilidad o reusabilidad de los RCD, con excepción de los residuos peligrosos. Cabe señalar, que el potencial económico del reciclaje está limitado en el Perú, porque no se dispone de industrias de reciclaje suficientes como para aprovechar todos estos materiales en vez de disponerlos finalmente.

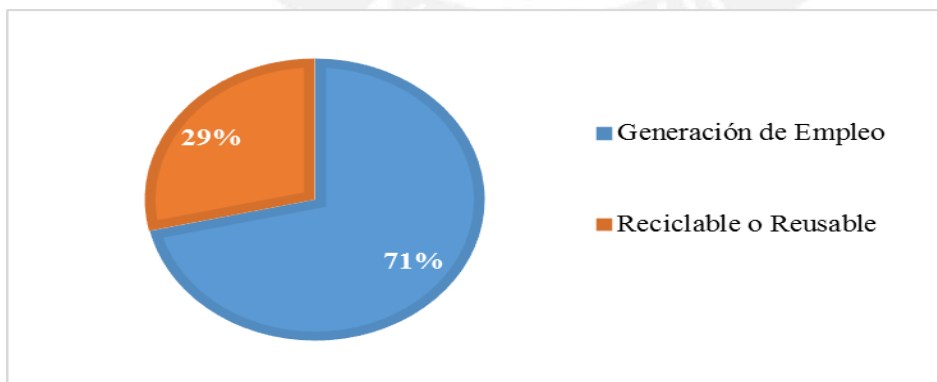


Figura 53: Características del impacto económico de los residuos del TMN del Callao

Fuente: Elaboración propia

4.6. Discusión de resultados

Respecto a los resultados obtenidos del análisis efectuado para los casos del edificio Clement y modernización del terminal muelle norte del Callao, con los cuales ha sido posible estimar las proporciones de los residuos de construcción que pueden ser reciclados. En el primer caso, edificio Clement, se tiene un 97% de RCD que pueden reciclarse y, en el segundo caso, Terminal muelle norte del Callao, un 88%. Las cifras reportadas guardan correspondencia con los obtenidos por la Comisión Europea (2011) en países como Dinamarca, Alemania, Bélgica y el Reino Unido. En estos países, se tienen índices de tratamiento de residuos de construcción que se distribuyen desde 68% hasta 98%. Sin embargo, estas diferencias se explican por lo señalado por Guarín y otros (2015), cuando indica que en los países no industrializados las cantidades de RCD que pasan tratamientos previos a su eliminación son mínimas, situación diferente al caso de los países industrializados, donde ocurre lo contrario porque el principal objetivo del manejo de RCD, es el tratamiento previo con la finalidad de realizar una gestión sostenible de recursos, tal como lo indica un estudio efectuado por la EPA (2014), que reporta un tratamiento previo del 82% de los RCD generados en Estados Unidos.

Los resultados obtenidos en la caracterización de RC del edificio Clement son muy próximas a las reportadas en Brasil por Bueno y otros (2014), de México, en las cuales se tienen porcentajes similares en los escombros, con rangos que varían desde 81.20% (edificio Rivera) hasta 89.92% (edificio Clement). Esta situación se explica por ser procesos similares; es decir, se tratan de procesos constructivos de una edificación.

Por otro lado, de lo obtenido de la caracterización de RCD del TMN del Callao, son muy próximos a los hallados para diversas edificaciones en Argentina y al caso de demolición de una edificación en México, a los cuales se hizo referencia en el capítulo 3. En estos casos, se tienen porcentajes similares en la chatarra y escombros, siendo estos últimos los más representativos con rangos que varían desde 96.82% de los ocho edificios en Argentina hasta 99.30% de la remodelación del TMN del Callao. En todos los casos se tienen procesos de procesos de demolición, de los cuales proceden la totalidad de los residuos que son escombros.

Además, se observó que las proporciones de RCD obtenidas del edificio Clement y del TMN del Callao, en cuanto a escombros, representan el 89.92% y 99.30% respectivamente. Estos valores guardan relación con los datos obtenidos de estudios realizados en países vecinos, tales como Chile con 95.95% (CONAMA, 2010), Colombia con 75% (Guarin, Montenegro, Walteros, & Reyes, 2015), Costa Rica con 97% (Cyma, 2007) y México con 96.88% (Secretaría del medio ambiente, 2007).

Adicionalmente, se tiene que para el caso de la chatarra, la diferencia de medias entre el edificio y el puerto no es significativa; es decir, la generación de chatarra en el edificio Clement y en TMN del Callao es aproximadamente la misma. Esta situación no se presenta con los demás RCD, dado que la diferencia de medias sí resulta ser significativa en el caso de los escombros, la madera, los residuos sólidos de la porción reciclable y no reciclable y de la chatarra de la porción no reciclable de cada obra. Por tanto, se puede inferir que la composición de los RCD varía de acuerdo al tipo de construcción; es decir, la composición de éstos variará si se trata de una construcción, remodelación o demolición como lo que afirman Solminihac y Thenoux (2003) y Romero (2006).

En la evaluación de impactos, para el componente ambiental, se observa que la construcción del TMN del Callao tiene un IR de 41; que indica un mayor impacto ambiental que la construcción del edificio Clement, con un IR de 40. Esta diferencia se produce como consecuencia de la existencia de impactos ambientales pre-existentes en la construcción del TMN del Callao, tal como lo reporta Garcia et. al (2014), cuando sostiene que los impactos preexistentes son un riesgo permanente y dicho riesgo debe mitigarse lo antes posible.

En el caso de la evaluación de impacto social, se observa que la construcción del edificio Clement, que con un IR 51, ocasiona un mayor impacto social que la construcción del TMN del Callao, con un IR de 31. Esta variación se genera, se debe en su totalidad a que los RCD generados en la construcción del edificio Clement se eliminaron a través de camiones volquetes en vertederos informales del país y, en el caso de la construcción del TMN del Callao, fueron tratados por empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos, tales como Petramas, Befesa y Relima Ambiental; éstas se encargaron del recojo,

transporte, tratamiento y eliminación de los RCD y para ello utilizaron la técnica de inertización y la de estabilización, respectivamente.

Finalmente, en el caso de la evaluación de impacto económico, se observa que la construcción del TMN del Callao genera un mayor impacto económico que la construcción del edificio Clement, cabe precisar que éstos cuentan con un IR de 21 y 12 respectivamente. Esta situación es consecuencia de los diferentes tipos de empleos creados por las empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos, tales como recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos.



CONCLUSIONES

Las conclusiones a las cuales se ha arribado, con base a los resultados obtenidos de la caracterización de RCD y la evaluación de impactos ambientales, sociales y económicos, son los siguientes:

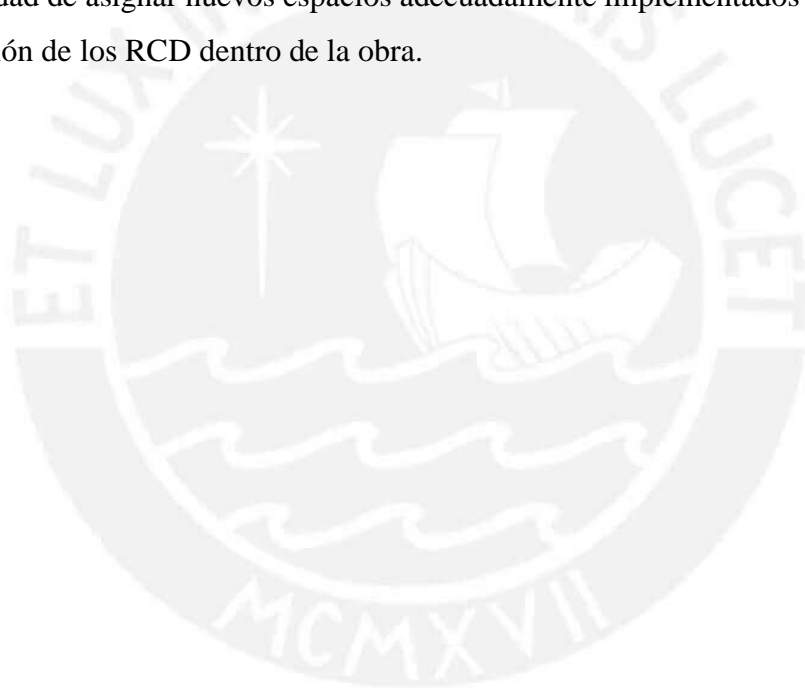
Los resultados de la caracterización de los RCD dependen del tipo de obra, su tamaño y ubicación. Estos factores determinan la importancia de los RCD que se generan sobre otros y la similitud en la composición de RCD entre una obra y otra. Para estos casos, tanto en el edificio Clement como en la remodelación del TMN del Callao, el material predominante fue el escombros; no obstante, no puede afirmarse que su tasa de generación de escombros fue la misma debido a que se obtuvieron proporciones diferentes, de 88.90% y 99.38% respectivamente. Además, la prueba de hipótesis para muestras independientes refiere que en el único caso que existe una tasa de generación similar es para la chatarra.

Las cantidades que pueden ser recicladas del edificio Clement y en el TMN del Callao son 97% y 88% respectivamente; ello, siempre y cuando los RCD estén correctamente almacenados y caracterizados. Sin embargo, cabe señalar que éstos fueron dispuestos finalmente en vertederos autorizados y botaderos. El material predominante de los RCD de ambas obras fue el escombros, residuos que tiene un alto potencial de aprovechamiento; no obstante, a causa de los deficientes procesos de almacenamiento de RCD, que hace que los residuos al mezclarse se contaminen los unos a los otros, y la falta de plantas de tratamiento en el país, termina siendo el material más contaminado y perjudicial para el ambiente.

Respecto a la evaluación de impactos, pese a tener la remodelación del TMN del Callao una presencia considerable de impactos ambientales pre-existentes por ende un mayor impacto ambiental. De otro lado, los impactos sociales y económicos que generó su construcción fueron mayores, en términos sociales, que la construcción del edificio Clement, puesto que para la eliminación de RCD el TMN del Callao contrato empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos que se encargaron del recojo, transporte, tratamiento y disposición de los RCD en vertederos autorizados, reduciendo así el impacto social de los RCD y aumentando el impacto económico dado que se generan diferentes puestos de trabajo.

Por último, es importante señalar que las ventajas de la aplicación del modelo de gestión de RCD en esta tesis para la caracterización y evaluación se resumen en tres aspectos. En primer lugar, permite conocer la composición de los RCD de la obra a estudiar, para su aprovechamiento mediante procesos de reúso o reciclaje de residuos. En segundo lugar, permite conocer el potencial económico y social que tienen los RCD. Y en tercer lugar, es posible realizar proyecciones sobre los volúmenes generados de RCD que en la obra a estudiar.

Por el contrario, el modelo de gestión de RCD propuesto presenta algunas limitaciones, referidas al incremento de costos para las empresas constructoras debido a los recursos económicos adicionales que deben invertir para tener un manejo adecuado de los RCD. Y de otro, la necesidad de asignar nuevos espacios adecuadamente implementados para una correcta disposición de los RCD dentro de la obra.



BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, K., & Freire, C. (2009). *Aprendizaje interactivo con CD para el desarrollo de*. Ecuador: universidad Estatal de Milagro . Recuperado el 7 de Febrero de 2016
- Acosta, D. (2002). *Reducción y gestión de los residuos de construcción y demolición*. Venezuela: IDEC/FAU/UCV. Recuperado el 23 de Febrero de 2016
- Agencia medio ambiental de los Estados Unidos. (2003). *EPA*. Recuperado el 17 de Setiembre de 2015, de EPA web site: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/cd-meas.pdf>
- Aldana, J., & Serpell, A. (Agosto de 2012). *Temas y tendencias sobre residuos de construcción y demolición: un metaanálisis*. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2012000200002&script=sci_arttext
- Aquino, E. (2015). *Reciclaje de residuos de la construcción para la fabricación de ladrillos sustentable*. Distrito federal de México, México: UNAM. Recuperado el 24 de Enero de 2016
- Bergsdal, H. (2007). *Projection of construction and demolition waste in Norway*. Recuperado el 4 de Marzo de 2016
- Bueno, C., Jaenisch, R., Martins, J., Casarotto, S., Morales, J., Silva, A., & Nara, E. (2014). *Caracterización cuantitativa y cualitativa de los residuos de la construcción sólida para nuevas construcciones de edificios*. Recuperado el 7 de Marzo de 2016, de http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2013/trabajos/COA41_TC.pdf
- Burgos, D. (2010). *Guía para la gestión y tratamiento de residuos y desperdicios de proyectos de construcción y demolición*. Valdivia: Universidad austral de Chile. Recuperado el 19 de Diciembre de 2015
- Campins, E. (1994). *La gestión de los residuos peligrosos en la comunidad Europea*. Madrid: Civitas. Recuperado el Diciembre 19 de 2015
- Casal, J., & Mateu, E. (2003). *Tipos de muestreo*. Obtenido de Mat: [http://www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20\(C%3%B3mo%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta\)/TiposMuestreo1.pdf](http://www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20(C%3%B3mo%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta)/TiposMuestreo1.pdf)
- Cascadia Consulting Group. (Junio de 2006). *Carlecycle*. Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de <http://www.calrecycle.ca.gov/publications/Documents/Disposal%5C34106007.pdf>
- Castañón, M. (Diciembre de 2006). *UNEP*. Recuperado el 6 de Junio de 2016, de http://www.pnuma.org/gobernanza/documentos/Valoracion_Dano_Ambiental.pdf

- Castells, X. (2000). *Reciclaje de residuos industriales*. Recuperado el 06 de Junio de 2016, de <https://books.google.com.pe/books?id=oA7ndthNMYQC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Cconislla, J. (2014). Caracterización de los residuos de la construcción. *Civilizate*, 25-27.
- Cerda, E., & Francisco, A. (23 de Agosto de 2013). *Gestión de residuos sólidos urbanos: Analisis económico y políticas públicas*. Obtenido de Revistas ice: http://www.revistasice.com/CachePDF/CICE_71_71-92__FA00FDA9C7B35ADD65DF5956EDC31464.pdf
- Clean Up the World. (Mayo de 2008). *Clean Up the World*. Recuperado el 03 de Junio de 2016, de Clean Up the World Web site: http://www.cleanuptheworld.org/PDF/es/organic-waste_residuos-org-nicos_s.pdf
- Comisión Europea. (2011). *European Comission*. Obtenido de http://ec.europa.eu/index_en.htm
- Condori, Y. (2014). *Reutilización de Agregados en la Producción del Concreto para Edificaciones en la Ciudad de Juliaca*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/84>
- Conesa, V. (2010). *Guía metodológica de evaluación ambiental*. Madrid: Mundi - Prensa.
- Conoma. (17 de Enero de 2010). *Fundación Conoma*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de www.conoma.org
- Contreras, M. (2009). *Planta de tratamiento integral de residuos de la construcción y demolición*. Santiago de Chile.
- Córdova, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial (Vol. V)*. Lima. Recuperado el 16 de Marzo de 2015
- Cyma. (2007). *Plan de residuos sólidos de Costa Rica*. San Jose, Costa Rica: Instituto fomento y asesoría municipal. Recuperado el 13 de Enero de 2016
- De Jesus, R., Duchesne, M., & Hernandez, W. (25 de Mayo de 2013). *SlideShare*. Recuperado el 2016 de Junio de 14, de <http://es.slideshare.net/Rosstoledo/reciclado-o-recuperacin-de-metales-y-compuestos-metlicos-ferrosos>
- DIGESA. (2006). *Gestión de residuos peligrosos del Perú*. Lima, Perú. Recuperado el 23 de Agosto de 2015
- Dominguez, L., & Martinez, E. (2007). Reinserción de los residuos de construcción y demolición al ciclo de vida de la construcción de viviendas. *Redalyc*, 43.

- Ecología, I. n. (15 de Noviembre de 2007). *Ine*. Obtenido de Ine:
http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/139/peligro_y_riesgo.html
- Elias, X. (2009). *Reciclaje de residuos industriales*. Madrid: Diaz de Santos.
- European Environment Agency. (2009). *European Environment Agency*. Recuperado el 15 de Junio de 2016, de
<http://www.eea.europa.eu/downloads/d528f3e78a3e334f8925723e0206e37c/1464921156/intro.pdf?direct=1>
- Fernández, R. (15 de Octubre de 2012). *Google libros*. Recuperado el 2016 de Junio de 17, de
[https://books.google.com.pe/books?id=m44Xfv7E7_4C&pg=PA173&lpg=PA173&dq=La+Evaluaci%C3%B3n+del+Impacto+Ambiental+\(EIA\)+es+un+procedimiento+jur%C3%AD+dico-administrativo+de+recogida+de+informaci%C3%B3n,+an%C3%A1lisis+y+predicci%C3%B3n+destinado+a+anticipar](https://books.google.com.pe/books?id=m44Xfv7E7_4C&pg=PA173&lpg=PA173&dq=La+Evaluaci%C3%B3n+del+Impacto+Ambiental+(EIA)+es+un+procedimiento+jur%C3%AD+dico-administrativo+de+recogida+de+informaci%C3%B3n,+an%C3%A1lisis+y+predicci%C3%B3n+destinado+a+anticipar),
- Formoso, C., Soilbelman, L., & De Casare, C. (Agosto de 2002). Material and waste building industry: Main causes and prevention. *Journal of construction engineering and management*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2015
- García, C., García, M., & Agudelo, F. (16 de Marzo de 2014). *Scielo Colombia*. Recuperado el 05 de Setiembre de 2016, de
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2014000400008
- Garcia, L. (2004). *Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña. Recuperado el 22 de Abril de 2015
- Garcia, S. (Octubre de 2012). *Utilización de hormigón reciclado (rca) como árido para microaglomerados asfálticos en frío destinados a tratamientos de mantención de pavimentos*. Recuperado el 23 de Enero de 2016, de U de Chile:
http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112105/cf-garcia_sg.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Glinka, M., Vedoya, D., & Pilar, C. (2006). *Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción*. Corrientes.
- Gomez, D. (2003). *Evaluación de impacto ambiental* (Vol. II). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado el 1 de Marzo de 2016
- González, E. (06 de Junio de 2016). *Ministerio de ambiente y desarrollo sustentable Argentina*. Obtenido de <http://www.ambiente.gov.ar/infotecaea/descargas/gaudio01.pdf>
- Guarin, N., Montenegro, L., Walteros, L., & Reyes, S. (2015). *Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia*. Recuperado el 4 de

Marzo de 2016, de UMNG:

http://www.umng.edu.co/documents/10162/1299317/ART_17.pdf

INEI. (2014). *INEI*. Obtenido de <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/housing/>

Kiwitt-López, U. (2009). *Caracterización y categorización de los botaderos en Lima*. Lima: *Deutscher Entwicklungsdienst*.

La República. (11 de Marzo de 2015). Solo hay diez rellenos sanitarios para 30 millones de habitantes. Recuperado el 24 de Junio de 2016, de <http://larepublica.pe/11-03-2015/solo-hay-diez-rellenos-sanitarios-para-30-millones-de-habitantes>

Li, W. (2002). *Composition analysis of construction and demolition Waste in construction industry in Hong Kong*. Hong Kong, China: The Hong Kong Polytechnic University. Recuperado el 11 de Enero de 2016

Libera, B. (2007). *Biblioteca virtual de salud de Cuba*. Recuperado el 06 de Junio de 2016, de BVSCUBA: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol15_3_07/aci08307.htm

Luna, D. (2012). *Universidad nacional autónoma de México*. Recuperado el 02 de Febrero de 2016, de UNAM: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2398/Tesis.pdf?sequence=1>

Martel, G. (2008). *Caracterización de residuos de la construcción y demolición de edificaciones y su aprovechamiento*. Ciudad de México, México: UNAM. Recuperado el 17 de Enero de 2016

Mercante, I. (2007). *Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación a los índices de generación a la gestión ambiental*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/iswa2005/mendoza.pdf>

Ministerio de ambiente. (2016). *Plan nacional integrado de residuos, 2008 - 2015*. Obtenido de http://www.lamoncloa.gob.es/espana/eh15/medioambiente/Documents/ISA_PNIR_26_11_2007.pdf

Ministerio del Ambiente. (2012). *Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú*. Lima. Recuperado el 5 de Junio de 2017, de <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20140423145035.pdf>

Ministerio del Ambiente. (Diciembre de 2014). *Minam*. Obtenido de <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2014). *Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013*. Lima. Obtenido de

<http://sinia.minam.gob.pe/documentos/cuarto-informe-nacional-residuos-solidos-municipales-no-municipales>

Ministerio del Ambiente. (2014). *Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal del 2013*. Lima. Obtenido de <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/cuarto-informe-nacional-residuos-solidos-municipales-no-municipales>

MINSA. (2005). *Minsa*. Recuperado el 4 de Mayo de 2017, de ftp://ftp2.minsa.gob.pe/docconsulta/documentos/digesa/RM_Asbesto.pdf

Modak, & Biswas. (1999). *Conducting environmental impact assessment in developing countries*. Toronto: United Nation University Press. Toronto, Estados Unidos. Recuperado el 22 de Abril de 2015

Montes, C. (2009). *Regimen jurídico y ambiental de los residuos sólidos*. Colombia: Universidad externado de Colombia. Recuperado el 19 de Diciembre de 2015

Municipalidad de San martin de Porres. (2013). *Plan de gestión de residuos de la construcción y demolición de San Martin de Porres*. Recuperado el 01 de Marzo de 2016, de http://www.mdsmp.gob.pe/data_files/plan.pdf

Ochoa, C. (8 de Abril de 2015). *Netquest*. Recuperado el 17 de Junio de 2016, de <http://www.netquest.com/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-aleatorio-simple/>

OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en residuos sólidos en gestión municipal 2013-2014*. Lima. Recuperado el 23 de Diciembre de 2015

Osmani, M., Galss, J., & Price, A. (2007). *Architects' perspectives on construction waste reduction by design*.

Pérez, C. (14 de Febrero de 2013). *Foromic*. Recuperado el 15 de Junio de 2016, de http://www.fomin-events.com/pppamericas/2013/_upload/panelistas/2_0GIFQ.pdf

Polat, G., & Ballard, G. (2004). *Waste in Turkish construction need for lean construction techniques*.

PWC. (2012). *PWC*. Recuperado el 15 de Junio de 2016, de <https://www.pwc.es/es/sector-publico/assets/brochure-estudios-impacto-economico.pdf>

Reinoso, L. (2013). *Criterios para la elaboración de estudios de impacto ambiental*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 22 de Abril de 2015

Romero, E. (2006). *Residuos de construcción y demolición*. Recuperado el 6 de Febrero de 2015, de UHU: <http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf>

- Romero, L. (1997). *La construcción y el manejo de sus residuos sólidos*. Recuperado el 18 de Febrero de 2016
- RPP. (28 de Octubre de 2015). *Advierten falta de rellenos sanitarios*. Recuperado el 2016 de Junio de 24, de <http://rpp.pe/politica/elecciones/advierten-falta-de-rellenos-sanitarios-en-el-peru-noticia-908788>
- Runfola, J., & Gallardo, A. (2009). *Análisis corporativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas*. Mérida, Venezuela. Recuperado el 9 de Enero de 2015
- Sandler, K. (Noviembre de 2003). *EPA*. Obtenido de EPA web site:
https://archive.epa.gov/epawaste/nonhaz/industrial/cd/web/pdf/analyzing_c_d_debris.pdf
- Secretaría del medio ambiente. (2007). *Transparencia*. Recuperado el 28 de Agosto de 2016, de <http://transparencia.edomex.gob.mx/sma/informacion/publicaciones/ARCHIVO%20A17.pdf>
- Secretaría del medio ambiente. (2014). *Planes de manejo de residuos sólidos*. Recuperado el 14 de Enero de 2016, de Sma México: www.sma.df.gob.mx
- Sepúlveda, F. (29 de Abril de 2010). *INIA*. Recuperado el 02 de Junio de 2016, de http://platina.inia.cl/ururi/docs/proyecto7/seminario_1/c_FabiolaSepulveda.pdf
- Solminihac, H., & Thenoux, G. (2003). *Procesos y técnicas de construcción*. México: Alfaomega. Recuperado el 11 de Febrero de 2016
- Sosa, E., & Najar, C. (2016). Reutilización de residuos sólidos en la producción de pavimentos rígidos de bajo costo en el distrito de Juliaca - Puno. *Revista científica Investigación Andina*.
- Thompson. (1990). *Determining impact significance in EIA: a review of 24 methodologies*. Recuperado el 22 de Abril de 2015
- UICN. (2011). *GUÍA DE MANEJO DE ESCOMBROS Y OTROS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN*. Recuperado el 16 de Enero de 2016, de https://cmsdata.iucn.org/downloads/guia_escombros_baja.pdf
- Villegas, N., Souza, J., & Sacapuca, L. (2013). *El desarrollo de infraestructura como indicador de crecimiento de un país*. Iguazu: FLAE.
- Villoria, P. (2014). *Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial. Buenas prácticas en la ejecución de obra*. Madrid, España.

Yañez, A. (2008). *Impacto ambiental y metodologías de análisis*. Universidad autónoma de México. México: Universidad autónoma de México. Recuperado el 22 de abril de 2015

