

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**“ESTUDIO DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y
DEMOLICIÓN COMO AGREGADO GRUESO PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE ESPACIOS PÚBLICOS RECREATIVOS EN EL
DISTRITO DE TRUJILLO”**

Autor(es):

Br. Luján Vela Fredy Samuel
Br. Rodríguez Castro José Franklin

Jurado Evaluador:

Presidente: Alanoca Quenta, Angel Fredy
Secretario: Galicia Guarniz, William Conrad
Vocal: Vejarano Geldres, Augusto Alejandro

Asesor:

Morán Guerrero, Victor Manuel
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8125-7462>

**TRUJILLO – PERÚ
2021**

Fecha de sustentación: 2021/05/03

DEDICATORIAS

A mi madre y a mi hermano.

José Franklin Rodríguez Castro.

A mis padres, a mis hermanos mayores, a mis hermosas hijas y, a mi invaluable esposa.

Fredy Samuel Luján Vela.

AGRADECIMIENTO

A mi madre, quien ha sido un pilar invaluable para el fomento y evolución de mi vida personal y profesional; quien con su afecto y dedicación me ha mostrado la valiosa esencia del aprender ... no hay palabras en este mundo para agradecerte por todo tu esfuerzo mamá.

A mi hermano, por tu empeño, tu constancia, tu entusiasmo y tus ganas de ser el mejor, por ser mi fuente de estímulo, por tu cariño incondicional.

A toda mi familia, por sus palabras de aliento y sus buenos deseos.

Al Ing. Víctor Morán, por sus enseñanzas y consejos en la realización de este trabajo de investigación.

Al Ing. Jorge Barrantes, por facilitarnos el uso de los laboratorios de Cerámicos y Materiales – Ingeniería de Materiales de la Universidad Nacional de Trujillo, para la caracterización de las muestras y así poder concluir este trabajo.

José Franklin Rodríguez Castro.

A mis padres, Gerardo y Marina, porque su excelente ejemplo y ánimo siempre han estado presentes en mis pensamientos, alentándome a seguir adelante.

A mis hermanos mayores, Daniel y Luis, porque siempre me apoyaron de todas las formas posibles para no dejarme vencer en el camino.

A mis hijas, Dasha y Chantal, por ser el motor de las cosas que hago en mi vida.

A mi esposa, Diana, porque ha estado ahí apoyándome a pesar de las circunstancias adversas que hemos pasado. Sin lugar a dudas, que hayas aceptado ser mi compañera de vida es una de las mejores cosas que me ha pasado en la vida.

Fredy Samuel Luján Vela.

RESUMEN

En la presente investigación denominada: *“Estudio de los residuos de la construcción y demolición como agregado grueso para la construcción de espacios públicos recreativos en el distrito de Trujillo”* tuvo como objeto buscar darle un valor agregado a un material que generalmente es botado y que genera acumulación en y contaminación con el tiempo, haciendo que forme parte de un producto altamente solicitado como es el concreto.

Para ello se obtuvo material de escombros de concreto y se procedió a triturar hasta llegar a tamaños de agregado grueso de $\frac{1}{2}$ ", y se utilizaron materiales convencionales (de cantera), los cuales fueron caracterizados y el cemento tipo I de la marca Mochica - Pacasmayo. Se diseñó un concreto de 175 kg/cm^2 y se elaboraron en total 45 muestras cilíndricas de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro.

Se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión a 7, 14 y 28 días de curado de las probetas y se utilizaron dosificaciones de 50% y 100% de agregado reciclado de escombros en reemplazo del agregado grueso original.

Llegando a la conclusión que el agregado reciclado de escombros disminuyó ligeramente la resistencia a la compresión pasando de 233.1 kg/cm^2 de resistencia a 28 días de curado que se obtuvieron en las probetas patrón, a 200.1 kg/cm^2 de resistencia que obtuvieron las probetas con 100% de agregado reciclado. Pero también se concluyó que es posible utilizar este tipo de material para elaborar concreto no estructural ya que todos los resultados superaron a la resistencia de diseño, dando la opción de viabilidad de implementar esta alternativa.

Palabras claves: agregado reciclado, concreto no estructural.

ABSTRACT

In the present investigation called: "Study of construction and demolition waste as coarse aggregate for the construction of recreational public spaces in the Trujillo district" had the objective of seeking to give added value to a material that is generally thrown away and that generates accumulation in and contamination over time, making it part of a highly requested product such as concrete.

For this, concrete rubble material was obtained and crushed to reach $\frac{1}{2}$ "coarse aggregate sizes, and conventional materials (from quarry) were used, which were characterized and type I cement from the Mochica - Pacasmayo brand. . A 175 kg / cm² concrete was designed and a total of 45 cylindrical samples of 30 cm in height and 15 cm in diameter were made.

Compressive strength tests were carried out at 7, 14 and 28 days of curing of the specimens and dosages of 50% and 100% recycled rubble aggregate were used to replace the original coarse aggregate.

Reaching the conclusion that the recycled rubble aggregate slightly decreased the compressive strength, going from 233.1 kg / cm² of resistance to 28 days of curing that were obtained in the standard specimens, to 200.1 kg / cm² of resistance that the specimens obtained with 100% recycled aggregate. But it was also concluded that it is possible to use this type of material to make non-structural concrete since all the results exceeded the design resistance, giving the option of feasibility of implementing this alternative.

Keywords: recycled aggregate, non-structural concrete.

PRESENTACION

El presente trabajo de investigación se centra el estudio de los materiales que son desechados como producto de la demolición de concreto de losas de pisos y vigas de cimentación para ser utilizados, luego de un proceso de clasificación y caracterización, como agregado grueso en la construcción de nuevas estructuras en los espacios recreativos de la ciudad de Trujillo, dando de esta forma un valor agregado a un material que generalmente es desechado casi sin control en varios lugares de la ciudad, generando contaminación.

La inmensa informalidad que existe en nuestro medio, ha ocasionado que la autoconstrucción sea algo muy común. Además, no existen políticas de control sólidas y serias por parte de las autoridades pertinentes. A esto le agregamos los menguantes sentimientos y acciones de responsabilidad social y ambiental por parte de las empresas del sector privado.

Las circunstancias antes mencionadas han creado las condiciones ideales para que nuestra ciudad tenga botaderos a diestra y siniestra. Basta con solo hacer un recorrido corto, partiendo desde el cruce de la Av. Federico Villareal y Carretera Trujillo – Samne hacia el Óvalo Huanchaco, para encontrarnos con decenas de puntos al costado de la vía o en las playas, que se ven en dicho recorrido, con desechos de todo tipo, pero sobresaliendo conspicuamente los residuos de construcción y demolición.

He aquí, una oportunidad para trabajar una alternativa de solución a esta dura y triste realidad.

Presentamos a los miembros del Jurado, esta investigación que pretende plantear el inicio del cambio en nuestra manera de ver los residuos de la construcción y demolición en nuestra ciudad, Trujillo.

INDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
PRESENTACION	8
INDICE	9
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE FIGURAS	13
1. INTRODUCCION	14
1.1. Problemas de investigación	14
a. Realidad Problemática	14
b. Enunciado del Problema	16
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo General	16
1.2.2. Objetivos Especificos	17
1.3. Justificación del estudio	17
2. MARCO DE REFERENCIA	17
2.1. Antecedentes del estudio	18
2.2. Marco Teórico	19
2.2.1. Residuos de construcción y demolición (RCD)	19
2.2.2. Caracterización de residuos de construcción y demolición	20
2.2.3. Gestión de residuos de la construcción y demolición	20
2.2.4. Lugares de RCD identificados en el Distrito de Trujillo	23
2.2.5. Composición de los RCD	23
2.2.6. Generación de Residuos de Construcción y Demolición en el Distrito de Trujillo	27
2.3. Antecedentes:	26
2.4. Marco Conceptual:	29
2.4.1. Residuos Sólidos	29
2.4.2. El Concreto	30
2.4.3. Concreto Reciclado	32
2.4.4. Diseño de mezcla con el método del ACI	34

2.4.5. Propiedades del Concreto	35
2.5. HIPOTESIS	37
2.6. VARIABLES	37
2.7. Operacionalización de variables	38
3. METODOLOGÍA	39
3.1. Tipo y nivel de investigación	39
3.2. Población y muestra del estudio	39
3.2.1. Población	39
3.2.2. Muestra	39
3.3. Diseño de investigación	39
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	40
3.4.1. Técnicas de recolección	40
3.4.2. Procedimientos de recolección de datos	41
3.5. Procesamiento y análisis de datos	51
4. RESULTADOS	60
4.1. Resultados de resistencia de concreto	60
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
6. CONCLUSIONES	63
7. RECOMENDACIONES	63
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Puntos de RCD y volumen de acuerdo a los límites y colores establecidos por la OMA.</i>	23
Tabla 2. <i>Recolección de residuos de construcción en m³ durante los años 2007 al 2013.</i>	26
Tabla 3. <i>Operacionalización de las variables del estudio.</i>	38
Tabla 4. <i>Matriz de diseño experimental de las variables</i>	39
Tabla 5. <i>Formato para recolección de datos de granulometría de la arena</i>	42
Tabla 6. <i>Formato de contenido de humedad del agregado</i>	45
Tabla 7. <i>Formato para recolección de datos de peso unitario de agregados.</i>	47
Tabla 8. <i>Formato de peso específico y absorción de agregados</i>	48
Tabla 9. <i>Datos de caracterización del agregado fino</i>	49
Tabla 10. <i>Datos de caracterización del agregado grueso</i>	49
Tabla 11. <i>Relación agua/cemento del concreto</i>	49
Tabla 12. <i>Relación agua/cemento por resistencia F'c</i>	50
Tabla 13. <i>Valores de diseño seco</i>	50
Tabla 14. <i>Valores de diseño corregido</i>	50
Tabla 15. <i>Datos de ensayo de granulometria del agregado grueso ASTM C 136</i>	51
Tabla 16. <i>Datos de peso especifico de agregado grueso ASTM C 127</i>	52
Tabla 17. <i>Datos de absorción de agregado grueso ASTM C 127</i>	52
Tabla 18. <i>Datos de peso unitario seco suelto de agregado grueso ASTM C 29</i>	53
Tabla 19. <i>Datos de peso unitario seco suelto de agregado grueso ASTM C 29</i>	54
Tabla 20. <i>Datos de la humedad natural del agregado grueso ASTM C566</i>	54
Tabla 21. <i>Datos de ensayo de granulometria del agregado grueso ASTM C 136</i>	54
Tabla 22. <i>Datos de peso especifico de agregado fino ASTM C 128.</i>	55
Tabla 23. <i>Datos de absorcion de agregado fino ASTM C128</i>	56
Tabla 24. <i>Datos del peso unitario seco suelto del agregado fino ASTM C 29</i>	55
Tabla 25. <i>Datos de peso unitario seco compacto del agregado fino ASTM C 29</i>	56
Tabla 26. <i>Datos de humedad del agregado fino ASTM C 566</i>	56

Tabla 27. <i>Datos de ensayo de granulometria del agregado grueso</i> <i>ASTM C 136</i>	57
Tabla 28. <i>Datos de peso especifico de agregado reciclado ASTM C 127.</i>	58
Tabla 29. <i>Datos de absorcion de agregado reciclado ASTM C 127.</i>	58
Tabla 30. <i>Datos de peso unitario seco suelto del agregado reciclado</i> <i>ASTM C 29</i>	59
Tabla 31. <i>Datos de peso unitario seco compacto del agregado reciclado</i> <i>ASTM C 29</i>	59
Tabla 32. <i>Datos de peso unitario seco compacto del agregado reciclado</i> <i>ASTM C 29</i>	59

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Jerarquización de procesos	21
Fig. 2 Fases y procesos de los RCD	21
Fig. 3 Distribución de los rellenos sanitarios en el Perú	22
Fig. 4 Origen de los residuos	24
Fig. 5 Clasificación de residuos peligrosos y no peligrosos	24
Fig. 6 Composición de los RCD	24
<i>Fig. 7</i> Curva granulométrica del agregado grueso	51
Fig. 8 Curva granulométrica del agregado fino	54
<i>Fig. 9</i> Curva granulométrica de agregado reciclado	57
Fig. 11 Resultados de resistencia de concreto patrón a 7,14 y 28 días de curado.	60
Fig. 12 Resultados de resistencia de concreto con 50% de agregado reciclado a 7,14 y 28 días de curado.	60
Fig. 13 Resultados de resistencia de concreto con 100% de agregado reciclado a 7,14 y 28 das de curado.	61
Fig. 14 Resultados de resistencia de concreto con distintas cantidades de agregado reciclado a 7,14 y 28 días de curado.	61

1. INTRODUCCION

1.1. Problemas de investigación

a. Realidad Problemática

La industria de la construcción es uno de los sectores más importantes y estratégicos para el desarrollo de un país. Es considerada como una actividad en constante desarrollo y dinámica. Esta realidad trae consigo grandes beneficios para el país tales como la generación de empleo, el incremento de la producción de empresas proveedoras, mejora de la infraestructura, disminución de precios debido al aumento de la competencia, etc.

El crecimiento del sector construcción tiene un impacto positivo en la economía nacional. Sin embargo, en términos ambientales, esto significa el aumento de la explotación de recursos naturales, la generación de emisiones contaminantes, el incremento en el consumo energético, el aumento de la generación de residuos, entre otros aspectos que son consecuencia de esta industria. Uno de los problemas ambientales derivado de las actividades de construcción es la generación de residuos de construcción y demolición, los que ocupan volúmenes particularmente grandes y que en algunos casos pueden llegar a ser peligrosos.

En una investigación reciente en Corea del Sur (Won & Cheng, 2017) acerca de las causas de los inadecuados procesos de gestión y minimización de los residuos de construcción y demolición, muestra que estas se deben a la mala calidad del diseño, los largos periodos de almacenamiento in-situ, los presupuestos que no incluyen buffers de contingencia para el manejo de residuos de RCD, los tipos y cantidades de residuos de RCD generados no se estimaron para cada fase del trabajo, la inadecuada optimización del diseño para reducir la cantidad de materiales usados, la no estandarización y coordinación dimensional de los elementos de construcción durante la fase de diseño, los residuos peligrosos no se separaron y almacenaron en recipientes adecuados

claramente etiquetados y mantenidos bajo cubierta y la mala planificación durante el diseño.

La Agencia Europea de Medio Ambiente (European Environment Agency, 2016) asegura que los Países Bajos, buscan prevenir la generación de desechos, reciclarlos y reutilizarlos dentro de cada eslabón de la cadena de producción, con el fin de enviar la menor cantidad de residuos a los vertederos. El 40% de los residuos en Holanda son residuos de construcción y demolición. La industria de la construcción también es responsable del 35% de las emisiones de CO₂. (Holand Circular Hotspot, 2018)

En España, el empleo de agregados reciclados en concretos estructurales y no estructurales es mencionado en su normativa, la cual indica recomendaciones para su uso (Vidau, Castaño, & Vidau, 2013).

Según lo mencionado, se puede ver cómo en diferentes países del mundo ya se maneja una política y gestión de los RCD (Residuos de Construcción y Demolición); el material reciclado proveniente de estos residuos está siendo empleado de muchas formas, y una de esas es la reutilización de este material para poder producir concreto nuevo.

Los RCD en el Perú, es un problema que nos viene siguiendo desde años atrás, y que no permite que nuestro país se sienta envuelto por las mejoras que nuestros países vecinos están logrando cada día que pasa. En el año 2012, el porcentaje de residuos producto del sector construcción fue un 3.58% del total de residuos sólidos, siendo así el segundo tipo de residuo de mayor importancia (Informe Anual de Residuos Sólidos Municipales y no Municipales en el Perú Gestión 2012 del Ministerio del Ambiente, 2012). En la ciudad de Lima, la industria de la construcción produce cada día aproximadamente 30,000 m³ de desmonte, es decir, unas 19000 toneladas (El Comercio, 2017).

El incremento de los residuos sólidos de construcción es una realidad, que continuará ocurriendo a menos que las empresas constructoras tomen medidas para su control. Entre las medidas necesarias para disminuir el problema se encuentra el control de los desperdicios de materiales. Es fundamental, en primer lugar, que las empresas reconozcan y hagan seguimiento a la cantidad de desmonte que generan por cada obra ejecutada. Posteriormente se debe identificar los principales materiales que son eliminados de la obra para estudiar las causas de su generación, y las posibles consecuencias que puede tener sobre el medio ambiente.

El distrito de Trujillo no es ajeno a esta problemática, puesto que presenta un déficit en infraestructura adecuada para la disposición y tratamiento de los residuos de la construcción y demolición (RCD). A su vez el desorganizado control a las empresas constructoras sobre sus actividades de eliminación de residuos permite el uso indiscriminado de botaderos clandestinos como punto de disposición final; ocasionando graves problemas de contaminación ambiental en la ciudad. (INEI, 2018)

Finalmente, se estudiará alternativas adecuadas a nuestra realidad para reusar o reciclar estos desperdicios.

b. Enunciado del Problema

¿Se pueden aprovechar los residuos de la construcción y demolición como agregado grueso para la construcción de espacios públicos recreativos en el distrito de Trujillo?

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Determinar el uso de residuos de la construcción y demolición como agregado grueso y, dar a conocer su uso en la construcción de espacios públicos recreativos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades mecánicas de los residuos de construcción y demolición como agregado grueso para la elaboración de los diseños de mezclas.
- Determinar la mejor resistencia del nuevo concreto, el cual será fabricado usando los residuos de construcción y demolición como agregado grueso.
- Determinar mediante ANOVA la influencia del uso de residuos como agregados reciclados y su uso en nuevo concreto.

1.3. Justificación del estudio

La población del distrito de Trujillo se beneficiaría por la construcción de nuevos espacios públicos recreativos o el mejoramiento de los existentes. Actualmente, la mayor parte de los residuos de construcción y demolición se dejan en botaderos improvisados, casi incontrolados, lo que origina un considerable impacto visual por la gran cantidad de espacio que ocupan y al escaso control ambiental de los terrenos en que se dejan. Consecuentemente, la reutilización de los residuos de construcción y demolición implicaría la reducción del impacto ambiental debido a la correcta disposición de dichos elementos y a la menor explotación de las canteras. Su importante volumen hace que su gestión, valorización y reciclaje sea una tarea de creciente interés.

Los resultados de este estudio podrían sentar las bases para estudios más amplios los cuales permitan desarrollar mejores técnicas para la reutilización de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Trujillo.

Podremos determinar si los residuos de construcción y demolición a determinados porcentajes de sustitución, se comportan como materiales adecuados para la fabricación de concreto de $f'c = 175\text{Kg/cm}^2$, logrando la resistencia esperada a una temprana edad.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

- BAZALAR LUIS; CADENILLAS MIGUEL (2019) en su investigación “Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en estructuras aporricadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental”, tuvo como finalidad evaluar y comparar el comportamiento del concreto con diferentes proporciones de sustitución de agregado grueso natural (AN) por agregados de concreto reciclado (ACR) con el fin obtener un diseño de concreto que permita la disminución y uso de agregados naturales, y así disminuir la depredación de canteras. Se realizaron muestras de concreto con distintas cantidades de concreto reciclado (25%, 30%, 40%, 50%) y evaluaron su resistencia a los 7, 14 y 28 días de curado, llegando a la conclusión que al 30% de reemplazo de concreto reciclado se obtuvieron resistencia similar al concreto patrón a 28 días de curado.
- ERAZO NILO (2018) en su investigación “Evaluación del diseño de concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales”, se realizó la combinación de 65% de agregado fino natural + 35% de agregado fino reciclado, y se obtuvo un “Agregado fino combinado” con una granulometría dentro de lo estipulado por la NTP. El agregado grueso es 100% reciclado. Calculadas las propiedades físicas de los agregados, se realizó el diseño de mezcla del concreto a una resistencia de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, usando el método del ACI. La proporción obtenida fue: 1:2.3:2.7/ 30.4lt/bolsa, con una relación $a/c = 0.71$. Se realizó la mezcla del concreto, y se calcularon sus propiedades físicas en estado fresco. El Slump obtenido fue de 3”, con una temperatura de $29.6 \text{ }^\circ\text{C}$, peso unitario igual a 2199.86 kg/m^3 y un contenido de aire de 3%. Se realizó el muestreo del concreto en probetas cilíndricas de 15x30cm. Posteriormente, a las probetas obtenidas se le realizó el ensayo a la compresión y se obtuvieron como resultado resistencias en un 39% más de la resistencia de diseño de 175 kg/cm^2 .

2.2. Marco Teórico

2.2.1. 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.

2.2.1.1. 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.

2.2.1.2. 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.

2.2.2. 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 (Runfola & Gallardo, 2009).

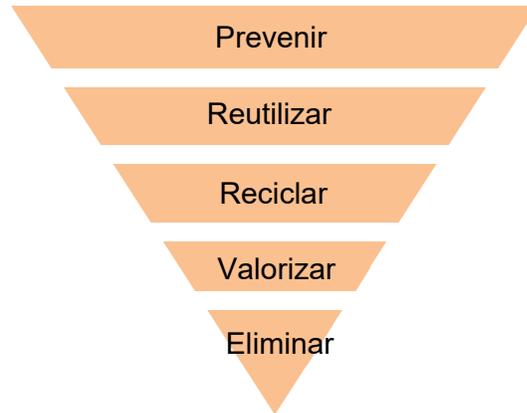
2.2.3. Gestión de residuos de la construcción y demolición

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 1, 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.

Fig 1 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 acumulados 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. 2).

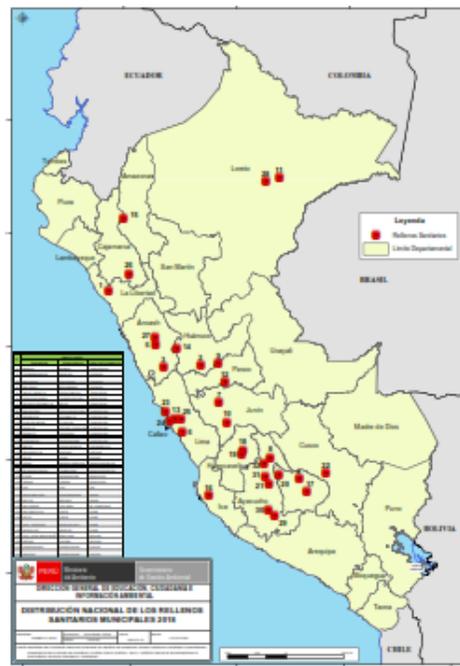
Fig.2 Fases y procesos de los RCD



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. 3).

Fig.3 Distribución de los 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.

2.2.4. Lugares de RCD identificados en el Distrito de Trujillo

Durante el desarrollo de la meta 09 del Plan de incentivos municipales, en el Distrito de Trujillo se han identificado 37 puntos de RCD, los mismos que se encuentran clasificados de acuerdo al volumen y los límites establecidos por la Oficina de Medio Ambiente OMA del ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. En la Tabla 1, se muestra la ubicación de acuerdo a la cantidad de volumen de RCD.

Sin embargo, uno de los problemas que representan estos residuos es la variación en su permanencia en el mismo lugar, debido a que al erradicarse unos puntos van apareciendo otros.

Tabla 1. Volúmenes y ubicación de RCD en espacios públicos de Trujillo.

Resumen de Residuos Depositados en Espacios Públicos - TRUJILLO			
Código del Registro	Volumen total [m ³]	Dirección (Calle/Avenida/Jirón):	
RCD-TRU-0001	8	Av. Metropolitana 2 Urb. El Valle	Referencia: A 03 cuadras de Av. Mansiche
RCD-TRU-0002	3	Calle 10 Av. Metropolitana Urb. El Valle y calle 10	Referencia: Frente a un Parque-Entre cuadra Aluminio y Uranio
RCD-TRU-0003	200	Entre calles 28 al 35, espalda Av. América Oeste - Natasha Alta	Referencia: Altura de la Corte- a 1 cuadra Av. América Oeste
RCD-TRU-0004	45	Plutón y Av. Metropolitana- San Isidro	Referencia: A una cuadra de Panamericana norte
RCD-TRU-0005	83	Ca. Mache Urb. Santa Teresa de Avila	Referencia: Entre calles Chuquizongo y Parcoy
RCD-TRU-0006	4	Jr. Chidayo Cdra 2 Urb Aranjuez	Referencia: Entre Moquegua e Iquitos
RCD-TRU-0007	2906	Prolongación Antenor Orrego	Referencia: pasando 02 cdras de Av. América Oeste, hasta el final
RCD-TRU-0008	30	Av. Nicolás de Piérola	Referencia: Frente a MAKRO, última cuadra Nicolás de Piérola
RCD-TRU-0009	13	Av. Nicolás de Piérola cuadra 09	Referencia: Cuadra 09 Panamericana Norte
RCD-TRU-0010	8	Av. Eguren y América Sur	Referencia: Maestro-esquina Av. América Sur y Eguren
RCD-TRU-0011	3	Jr. Madre de Dios - Frente a parque Madre de Dios - Palermo Sur	Referencia: Entre calles Ica y Apurímac
RCD-TRU-0012	3	Calle Pedro Muñiz con Nápoles	Referencia: A una cuadra de Av. Roma
RCD-TRU-0013	5	Av. Jesús de Nazareth	Referencia: Una cuadra antes de América Oeste
RCD-TRU-0014	3	Av. Juan Pablo II	Referencia: Pasando el Ovalo Papal
RCD-TRU-0015	16	Intersección de Av. Federico Villarreal y Honorio Delgado	Referencia: Cerca al Colegio Gustavo Ries - La Noria
RCD-TRU-0016	296	Carretera Industrial Km- 1	Referencia: a 04 cuadras de ovalo La Marina
RCD-TRU-0017	188	Av Republica (ex Av. Paisajista). Urb El Valle	Referencia: a 03 cuadras de Av. Mansiche
RCD-TRU-0018	32	Canal Mochica- Calle Progreso (Los Laureles)	Referencia: Esquina con Av. Prolong. Unión
RCD-TRU-0019	41	Prolong. César Vallejo y Calle Progreso	Referencia: Una cuadra antes Av. Pumacahua- Canal La Mochica
RCD-TRU-0020	15	Mz 33 - 1335 , Calle 05	Referencia: al costado del Colegio Redentor - Pesqueda
RCD-TRU-0021	15	Av. Camino Real y Av. Pesqueda	Referencia: Frente a Iglesia Mormón - La Rinconada
RCD-TRU-0022	38	Prolong. Av. Federico Villarreal s/n - Villa Bolivariana	Referencia: 02 cuadras antes de Av. Tupac amaru
RCD-TRU-0023	32	Av. Villarreal Mz. 5 Lote 1-A / Semi rústica El Bosque	Referencia: Esquina con Jr. Las Fábricas
RCD-TRU-0024	13	Av. Pesqueda, Av. 05 de Abril y Huandoy	Referencia: Altura Av. Camino Real
RCD-TRU-0025	45	Av. Ricardo Palma 1319- Semi rústica El Bosque	Referencia: Intersección con Honorio Delgado
RCD-TRU-0026	15	Psje. Santa Luisa y Tupac Amaru, Urb. Sta. Leonor	Referencia: Ingresando por la Túpac Amaru, a media cuadra
RCD-TRU-0027	8	Esquina Psje. Santa Luisa y Teodoro Valcarcel, Urb. Sta. Leonor	Referencia: Costado de DESA, ingreso al mercado La Hermelinda
RCD-TRU-0028	1280	Av. La Marina cuadra 03 y Pasaje La Encalada	Referencia: Entre ovalos Grau y la Marina, frente a Erick El Rojo
RCD-TRU-0029	680	Prolong. González Prada y Vía de evitamiento	Referencia: Media cuadra antes de vía de evitamiento
RCD-TRU-0030	32	Entre Cdra 10 y 11 de Av. Villarreal y Psje San Luis	Referencia: Finalizando cdra 10 de Av. Villarreal
RCD-TRU-0031	850	Av. Villarreal, a una cuadra de Psje Santa Leonor	Referencia: A una cuadra de mercado La Hermelinda
RCD-TRU-0032	45	Calle San José y Nicolás de Piérola (Panamericana Norte)	Referencia: A media cuadra de Panamericana, altura óvalo Mochica
RCD-TRU-0033	67	Cruce entre San José y Las Poncianas- San Isidro	Referencia: Altura Pablo Casals, 2 cuadras antes ovalo Mochica
RCD-TRU-0034	37	1a cuadra Las Poncianas y cruce con Psje San José - San Isidro	Referencia: Altura Pablo Casals, 2 cuadras antes ovalo Mochica
RCD-TRU-0035	1125	Prolong. Jesús de Nazareth, a media cuadra Av. América Oeste	Referencia: Cruzando Av. Jesús de Nazareth y América Oeste
RCD-TRU-0036	20	Calle 24 y Av. América Oeste	Referencia: A una cuadra costado Corte Superior de Justicia
RCD-TRU-0037	80	Entre calles 32 y 33 y Av. América Oeste	Referencia: A una cdra Corte Superior de Justicia- frente a parque

Fuente: (Municipalidad provincial de Trujillo)

2.2.5. Composición de los RCD

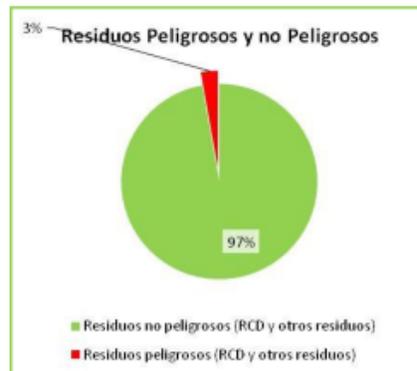
En los 37 puntos de RCD identificados asciende a un volumen total de 8284m³, siendo el volumen mínimo de 3m³ y el volumen máximo de 2906m³ del volumen total el 86% corresponde a residuos de construcción y demolición, mientras que el 14% a otros residuos que no son de la construcción y demolición. El 3% corresponde a residuos peligrosos y el 97% a residuos peligrosos (sin considerar su origen). Todos los datos procesados, se muestran en los siguientes gráficos:

Fig. 4 Origen de los residuos



Fuente: (Municipalidad provincial de Trujillo)

Fig. 5 Clasificación de residuos peligrosos y no peligrosos



Fuente: (Municipalidad provincial de Trujillo)

Fig. 6 Composición de los RCD



Fuente: (Municipalidad provincial de Trujillo)

2.2.6. Generación de Residuos de Construcción y Demolición en el Distrito de Trujillo

El ciclo óptimo de los residuos de construcción y demolición (RCD), debe comenzar con una clasificación inicial en el sitio de la obra, luego realizar la separación y reciclaje primario y finalmente enviar los residuos a la escombrera correspondiente Trujillo, no cuenta a la fecha con un lugar destinado para la escombrera o disposición final de los RCD, no obstante, con el material de construcción recolectado se realiza la operación de sellado en el actual botadero de residuos sólidos domiciliarios de la Provincia denominado “El Milagro”.

La producción de residuos de construcción en el distrito de Trujillo se ha visto incrementada por remodelación o ampliación de las viviendas, de acuerdo al déficit habitacional del distrito y de la provincia. En los últimos años ha crecido en 30% la construcción de edificios mayores de 4 pisos, promovidos a partir del D.S. N° 027-2003VIVIENDA y de la política nacional de promoción para la construcción de viviendas.

En la actualidad, el SEGAT recolecta un promedio de 420m³ diarios de residuos de construcción, recolectando desde el año 2007 a diciembre del 2013 un total de 682167.43m³, lo cual implica a un costo

para el gobierno local que lo viene asumiendo, aún sin estar incluido en el pago de los arbitrios municipales. Ver tabla 2

Tabla 2. Recolección de residuos de construcción en m³ durante los años 2007 al 2013.

VOLUMEN EN (m ³) DE RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN RECOLECTADOS									
MES	AÑOS							TOTAL	PROMEDIO
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		
ENERO	2717.25	7853.54	8665.60	7234.50	7665.00	8005.00	8443.00	51784.09	7387.73
FEBRERO	2717.25	6737.28	11187.00	8236.72	8094.00	7060.00	12465.00	56507.25	6072.46
MARZO	2717.25	5858.51	11038.00	7735.61	8450.00	7008.00	12555.00	56483.37	6066.20
ABRIL	2717.25	3129.00	11232.00	11172.00	8150.00	8630.00	16650.00	60680.25	6668.61
MAYO	2717.25	4660.54	6638.00	10662.00	8450.00	8844.00	12450.00	55742.79	7583.26
JUNIO	2717.25	5820.88	8560.00	8054.00	11376.00	7085.00	13155.00	57578.05	6225.44
JULIO	2717.25	4904.82	8525.00	11022.00	10413.00	7401.00	15030.00	60613.17	6639.02
AGOSTO	2717.25	3173.16	8030.00	10532.00	8555.00	8578.00	12510.00	54085.41	7727.92
SEPTIEMBRE	2717.25	2850.88	6777.00	8904.00	8720.00	8510.00	12150.00	51729.05	7389.86
OCTUBRE	2717.25	7883.30	10155.00	8074.00	8885.00	7338.00	13185.00	60738.55	6676.94
NOVIEMBRE	2717.25	4478.60	8383.00	8418.00	11320.00	8172.00	11475.00	58844.85	6134.98
DICIEMBRE	2717.25	3467.35	10200.00	8414.00	12112.00	8600.00	12780.00	58290.00	6470.08
TOTAL	32607.80	60418.80	117782.80	112978.83	118190.00	87342.00	152848.00	682167.43	87432.48

Fuente: SUJ GERENCIA DE LIMPIEZA PÚBLICA

Nota: En el 2007 sólo se encuentra en promedio de todos los meses.

2.3. Antecedentes:

A. A. Bashandy And Z. A. Etman (2014) en su investigación “Recycling of demolished building materials as concrete coarse aggregates in Egypt”, se propuso como objetivo evaluar la viabilidad del uso de materiales resultantes de la demolición de construcciones de concreto como agregados gruesos para la elaboración de concreto fresco. El estudio examinó varios tipos de productos de demolición disponibles localmente, como la cerámica triturada, baldosas de hormigón triturado y ladrillos rojos triturados. Diferentes valores de contenido de cemento (300, 350,400, 450 kg /m³), así como también se usaron diferentes relaciones de agua a cemento a/c (0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6). Se realizaron cuatro grupos de muestras en función del contenido de cemento. Los resultados se dan en términos de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión y resistencia a la adherencia. Los resultados indicaron que los residuos de los edificios pueden usarse como agregados de concreto, pero solo si está clasificado y

libre de impurezas. Se puede usar en caso de construcción de fundición hormigón sometido a cargas medias. Se caracterizan según su resistencia y resistencia a la abrasión. Finalmente, el principal aporte al trabajo de investigación es el uso de ciertos tipos de materiales de desecho de construcción como ladrillos triturados, concreto demolido, cerámica triturada como alternativa al agregado grueso para producir y fabricar tipos secundarios de concreto para fines distintos de la construcción.

Rodriguez López (2019) en su investigación “Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y las escorias de central térmica como áridos para la elaboración de hormigones y prefabricados no estructurales”, propuso estudiar la incorporación de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición (RCD) y escorias de central térmica en la elaboración de elementos no estructurales: prefabricados de hormigón vibro comprimidos y hormigones, para lo cual desarrolló el empleo de áridos reciclados mixtos (ARM) para la elaboración industrial de prefabricados de hormigón no estructurales. Diferentes porcentajes de árido natural fueron sustituidos por ARM (25%, 50%, 75% y 100%) para la fabricación de adoquines, bordillos, bovedillas y terrazos. Se mantuvieron las dosificaciones empleadas por las empresas, sin cambiar el contenido de agua efectiva ni cemento. La caracterización de los elementos preparados fue realizada determinando las propiedades habituales de estos productos durante un año: resistencia a la rotura y flexión, absorción de agua, tolerancias dimensionales, densidad, abrasión y resistencia al deslizamiento. Los resultados mostraron que se podían obtener adoquines, bovedillas y bordillos con ARM que mantuvieran las propiedades esenciales de estos productos, hasta sustituciones de un 25%. En cambio, su uso en los terrazos no resultó tan bueno, debido a que el acabado superficial se vio afectado por la presencia de componentes débiles como las partículas flotantes. El principal aporte al trabajo de investigación es que los áridos reciclados procedentes de RCD muestran una mejora de las propiedades mecánicas en los hormigones a largo plazo. Esto ha sido observado en los áridos reciclados que tienen una absorción de agua más alta, y podría ser debido a un efecto de auto-curado. El agua absorbida inicialmente por los áridos es

liberada con el tiempo, ayudando a la hidratación del cemento no hidratado. Esto produce un efecto positivo que hasta cierto porcentaje de sustitución (15%), es capaz de compensar las pérdidas de resistencia producidas por el empleo de áridos reciclados.

Carrasco Montesdeoca (2018) en su investigación “Aplicación del uso de los Residuos de construcción para la fabricación de bloques de hormigón en la ciudad de Riobamba, análisis de costo e Impacto Ambiental”, se propuso utilizar residuos de construcción y demolición (RCD) de la ciudad de Riobamba para la elaboración de un nuevo bloque de hormigón, como una alternativa viable y sustentable para el desarrollo de la ciudad. Para lo cual se llevó a cabo ensayos de Granulometría, Masa unitaria suelta (MUS), Masa unitaria compacta (MUC), Contenido de humedad, Porcentaje de absorción, Peso específico y Colorimetría, los cuales evaluaron e identificaron las cualidades físicas, mecánicas y químicas de los residuos (hormigón y ladrillo), mismos que permitieron obtener una dosificación óptima para el elemento prefabricado. La investigación llegó a los siguientes resultados: el contenido de humedad del resultado de RCD ladrillo (0.12%) y hormigón (0.61%), muestran valores con tendencia mínima en relación a los agregados naturales (5.96%). Por tal razón, se observa que el RCD, al ser un residuo proveniente de un proceso constructivo ya formado, tiene una retención mínima de agua interna, a diferencia de los agregados provenientes de cantera. El porcentaje de absorción: los agregados de RCD ladrillo (21.61%) y hormigón (10.18%) evidencian mayor porosidad, por lo cual sus cavidades absorben agua en mayor cantidad, mientras que los agregados naturales (2.21%) son menos porosos. El RCD ladrillo sobresale como el material de mayor tendencia de absorción. El principal aporte del trabajo de investigación es que debido a las propiedades que lo conforman, el material reciclado es una alternativa viable que garantiza las características requeridas por la norma ecuatoriana. Además, aporta a la conservación del medio ambiente y es económicamente factible. De esta manera, este estudio promueve a los RCD como una materia prima sustentable, que no solo reduce el costo e impacto ambiental, sino que además aporta al beneficio social y económico de la ciudad.

2.4. Marco Conceptual:

2.4.1. Residuos Sólidos

Los residuos sólidos son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólidos o semisólidos, desechados por su generador. Se entiende por generador a aquella persona que debido a sus actividades produce residuos sólidos. (Ley N°27314, 2000)

Estos residuos sólidos se pueden clasificar por su origen en: residuos domiciliarios, residuos comerciales, residuos de limpieza de espacio público, residuos industriales, residuos agropecuarios, residuos de instalaciones o actividades especiales y residuos de las actividades de construcción.

2.4.1.1 Residuos Sólidos de Construcción y Demolición

Los residuos de las actividades de construcción son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructuras. (Artículo 6 del Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA).

La Ley N°27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos residuos fundamentalmente inertes que son generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otros similares.

La generación de escombros en los procesos constructivos se puede dar de diferentes maneras y en distintos procesos que conforman la totalidad de la obra. Para esta investigación, se obtuvieron residuos sólidos provenientes de la demolición de losas de pisos y sardineles de la zona de Filtro Trommel Screen de la Planta Agroindustrial Laredo SAA, distrito de Laredo, Provincia de Trujillo.

2.4.2. El Concreto

La palabra concreto proviene del latín “concretus” que significa compuesto.

El concreto es la mezcla de cemento, agregados, agua y si se requiere aditivos, que al comienzo es un material muy plástico pero que luego va convirtiéndose en un material rígido muy resistente, por ello su importancia en la construcción (Pasquel, 1993).

El concreto es el material de mayor uso en el rubro de la construcción en nuestro país, depende de los materiales que se emplean en su elaboración, por lo que requiere un adecuado estudio y sacarle provecho a lo que puede ofrecernos (Rivva, 2000).

Cada uno de los materiales de los cuales está conformado el concreto tiene las siguientes proporciones en volumen: Aire = 1% a 3%, Cemento = 7% a 15%, Agua = 15% a 22% y Agregados = 60% a 75% (Pasquel, 1993).

2.4.2.1. El Cemento Portland

Toda sustancia que posea condiciones de pegar, cualquiera sea su origen, es denominada cemento (Gutiérrez de López, 2003).

El cemento es un material que adquiere propiedades de resistencia y adherencia cuando entra en contacto con el agua (Pasquel, 1993).

Al pulverizarse el clinker en adición con sulfato de calcio o sus derivados, se obtiene como resultado el cemento Portland (Rivera, 2013).

Los tipos de cementos son los siguientes:

El cemento Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y Tipo V, siendo los más utilizados el Tipo I, cemento normal que proviene de la combinación del clinker más yeso; el Tipo II, cemento modificado, teniendo como característica principal su resistencia a los sulfatos muy moderada, y el Tipo V, cemento que ante la acción de los sulfatos presenta muy buena alta resistencia (Pasquel, 1993).

2.4.2.2. El Agua

El agua es un elemento muy importante a la hora de realizar la mezcla de concreto, es por ello su importancia en verificar que esta no contenga impurezas que alteren el diseño.

El agua es el encargado de hidratar al cemento, actúa a su vez como lubricante para que la mezcla sea trabajable (Pasquel, 1993).

Si se indica que la composición química es apta para el consumo humano, entonces es recomendable utilizar el agua para preparar concreto, sin importar algún tratamiento; en resumen, toda agua que pueda ser bebida y no presente olor o sabor notable se puede emplear en la mezcla de concreto, pero caso contrario no necesariamente el agua a emplearse puede ser bebible (Rivera,2013).

2.4.2.3. Los Agregados

El agregado tiene un papel determinante en las propiedades del concreto. Interviene en las resistencias mecánicas, la durabilidad, el comportamiento elástico, propiedades térmicas y acústicas, etc. Los agregados, los mayores constituyentes del concreto, son críticos para el comportamiento de éste, tanto en su estado fresco como en el endurecido. Adicionalmente sirven como un relleno de bajo costo e imparten beneficios a la mezcla. (Rivva L.,2004, pág. 14)

En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que no desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de mezclas, especialmente con el cemento; sin embargo, existen algunos agregados cuya fracción

más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, tales como: las escorias de alto horno de las siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en donde hay sílice activa, entre otros. (Rivera, 2013, pág. 41)

Los agregados se clasifican desde su procedencia, densidad, gradación, forma y textura, siendo los más utilizados:

1) Por procedencia:

Los agregados naturales, tienen su origen en canteras. Pueden utilizarse tal y como son extraídos o pueden sufrir alguna modificación por parte del hombre, manteniendo siempre las características de la roca madre. Los agregados artificiales, son los resultados de los procesos de transformación que sufren los materiales naturales, como lo son por ejemplo el concreto reciclado, arcillas expandidas, y otros (Rivera, 2013).

2) Por densidad:

Los agregados pueden ser ligeros, normales y pesados de acuerdo con la densidad que tienen, lo que logrará influir mucho en la densidad del concreto en el que se empleen (Rivera, 2013).

3) Por gradación:

Los agregados finos, son aquellos agregados que tienen partículas entre los tamices N°3/8" y N°200, siendo el más común la arena. Los agregados gruesos, son aquellos agregados que tienen partículas que se retienen en el tamiz N° 4, siendo los más comunes la piedra chancada y la grava (Pasquel, 1993).

2.4.3. Concreto Reciclado

El concreto reciclado o “sustentable”, es el que está formado por agregados de materiales que son reciclados, siendo la sustitución de estos agregados parcial o total. La obtención de estos agregados se puede dar por proceso de triturado, cribado, etc. (Vidau, Castaño, & Vidau, 2013).

Los aspectos más relevantes que influyen en la calidad del concreto elaborado con agregados reciclados son:

- Si usamos entre el 20-30% de agregados reciclados, la calidad entre un concreto convencional y un concreto reciclado disminuye, sus propiedades no son tan afectadas, pero si usamos mayor cantidad de estos agregados podemos afectar la calidad final del concreto nuevo.
- Es conocido que los materiales más finos son los que afectan las propiedades del concreto, por lo que es importante tomar en cuenta el tamaño máximo del agregado.
- El origen de estos agregados es algo a tomar en cuenta al momento de analizar la resistencia de un concreto. Si el agregado presenta baja resistencia, por consecuencia el concreto también la tendrá.
- El agregado reciclado debe ser de buena calidad, y eso se ve reflejado al momento de ver la cantidad de concreto adherido que tiene o sus impurezas (Alaejos, 2005).

2.4.3.1. Agregados reciclados

Es el agregado proveniente de concretos obtenidos de demoliciones y residuos sólidos de construcción (RCD).

Los agregados reciclados presentan algunas características:

- El tipo de trituración que se le realizó al agregado influye en la gradación que estas tengan.
- Presentan una capa de mortero adherido, teniendo una densidad menor a las de los agregados naturales.
- Absorben mayor cantidad de agua debido al gran nivel de porosidad que presentan.

- Presentan un elevado desgaste en la máquina de los ángeles, debido a que durante el ensayo todo el mortero adherido es eliminado.
- Es importante saber la procedencia de los agregados reciclados, ya que de eso dependen sus diferentes propiedades (Miñan, 2012).

2.4.4. Diseño de mezcla con el método del ACI

Se conoce como diseño de mezcla, al procedimiento mediante el cual se calculan las cantidades necesarias de todos y cada uno de los componentes que intervienen en una mezcla de concreto, para obtener de ese material el comportamiento deseado, tanto durante su estado plástico, como después, en su estado endurecido. (Carrillo & Foglio, 2003)

2.4.4.1. Procedimiento del diseño de mezcla

Según Enrique Pasquel (1993) en su libro: “Tópicos de tecnología del concreto en el Perú”, nos menciona el siguiente procedimiento para elaborar un diseño de mezcla con el método del ACI. Antes de realizar el diseño de mezcla, se deberían conocer las siguientes propiedades de los materiales como:

- a) El tipo de cemento a utilizar y sus propiedades.
- b) Los agregados con su pesos específicos y pesos unitarios secos.
- c) Análisis granulométrico.
- d) Humedades y absorciones.

Las propiedades físicas de los agregados (finos y gruesos) se obtendrán con los siguientes ensayos: Granulometría, Peso Específico, Peso Unitario, % de humedad y % de absorción.

2.4.5. Propiedades del Concreto

Un buen concreto es aquel que provee la resistencia de diseño para la cual fue dosificado, con los mejores acabados. Las

características del concreto dependen por tanto de los criterios de diseño y del sistema de colocación de la mezcla. Es importante entonces saber de las propiedades que este concreto presenta en su estado fresco y endurecido.

2.4.5.1. Propiedades del concreto en estado fresco

El concreto fresco debe mantener ciertas propiedades que le permita ser transportado, colocado, compactado y terminado sin segregación dañina. Una combinación adecuada de los materiales permite uniformidad, mejor acomodación de las partículas y la pasta y menor exudación, y es en este estado fresco o plástico que es posible el transporte, colocación de la mezcla en formaletas y vibrado de la misma. (Parra & Bautista, 2010, pág. 6)

1) Asentamiento del concreto:

La manejabilidad o trabajabilidad es la propiedad del concreto para ser colocado y consolidado apropiadamente sin causar segregación de sus materiales, es la cantidad de trabajo necesaria para vencer la resistencia de la mezcla a ser colocada dentro de un molde o encofrado. (Parra & Bautista, 2010, pág. 6)

2) Peso Unitario:

Determina el peso de 1 m³ de concreto en su estado fresco. El peso unitario normalmente está entre 2240 kg/m³ a 2460 kg/m³.

La prueba de la masa volumétrica (peso unitario) se debe usar para controlar concretos ligeros y pesados. Un cambio en la masa unitaria podría afectar inversamente la bombeabilidad, colocación, acabado y resistencia de todos los tipos de concreto. (Imcyc, 2007)

3) Contenido de Aire:

Generalmente ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla. Está en función de las proporciones, las características físicas de los agregados y del método de compactación. En algunas condiciones se incorpora aire adicional para mejorar la durabilidad. La inclusión de aire es necesaria en concreto que estará expuesto a ciclos de congelación y deshielo o a químicos descongelantes. (Gastañadui, 2004)

4) Temperatura:

La temperatura del concreto depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía de mezclado y el medio ambiente. (Gastañadui,2004)

2.4.5.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

En la etapa de endurecimiento del concreto, es cuando la mezcla adquiere la resistencia para la cual fue diseñada. Las propiedades mecánicas que comúnmente se evalúan al concreto en estado endurecido son la resistencia a la compresión, la flexión, el módulo de elasticidad estático y dinámico entre otros aspectos, siendo la más común la prueba a la compresión. (Parra &Bautista, 2010, pág. 8).

1) Elasticidad:

Los concreto de peso normal tienen un módulo de elasticidad para cálculos como $13000 \sqrt{f_c}$ dependiendo de la resistencia. La relación de poisson, en el concreto de peso normal está comprendida entre 0.15 y 0.25 y depende del tipo de agregado, de la edad y humedad del concreto. (Gutiérrez de López, 2003)

2) Resistencia:

Una de las características más importantes del concreto es la de soportar cargas por compresión, y esto depende mucho de la relación a/c que posea. También es importante tomar en cuenta

la calidad que tienen los agregados, el tipo de cemento que se está utilizando, sus características, la temperatura, etc. (Pasquel, 1993).

La resistencia a la compresión es Conforme si:

- a) Cada promedio aritmético de 3 ensayos de resistencia consecutivos
- b) a 28 días será mayor o igual a $f'c$.
- c) Ningún ensayo individual de resistencia será menor que $f'c$ en más
- d) de 35 kg/cm^2 cuando $f'c$ es 350 kg/cm^2 o menor.
- e) Ningún ensayo individual de resistencia será menor que $f'c$ en más
- f) de $0.1'fc$ cuando $f'c$ es mayor a 350 kg/cm^2 .

2.5. HIPÓTESIS

El uso de los residuos de la construcción y demolición como agregado grueso para la construcción de espacios públicos recreativos en el distrito de Trujillo disminuirá el impacto ambiental causado por botaderos informales y no controlados.

2.6. VARIABLES

Variable Independiente (VI): Cantidad de residuos de la construcción y demolición como agregado grueso.

Variable Dependiente (VD): Resistencia de concreto reciclado para la fabricación de elementos no estructurales.

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de las variables del estudio.

Variable Independiente (VI): Cantidad de residuos de la construcción y demolición como agregado grueso			
Concepto	Dimensiones	Indicadores	Método

Los residuos de las actividades de construcción son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructuras.	Propiedades Físicas	Granulometría	NTP: 399.611
		Peso específico	NTP 334.009
		Contenido de humedad	NTP 334.082
		Peso específico	NTP 334.090
			NTP 339.088
			NTP 400.037
Variable Dependiente (VD): Resistencia de concreto reciclado para la fabricación de elementos no estructurales			
Concepto	Dimensiones	Indicadores	Método
Se puede aplicar el concreto reciclado para la construcción de espacios públicos recreativos en el distrito de Trujillo	Aplicación del concreto elaborado con agregados naturales y reciclados en elementos no estructurales	Resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	Método de ensayo para la medición de la resistencia a la compresión a edades de 14 y 28 días según la NTP 339.215

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

- **Tipo de investigación**

La presente investigación es cuantitativa

- **Nivel de investigación**

De acuerdo a lo realizado la investigación es aplicada

3.2. Población y muestra del estudio

3.2.1. Población

Está constituido por la mezcla de concreto. La mezcla se realizó con las proporciones en peso obtenidos en el diseño de mezcla con el método ACI. Se utilizará cemento mochica Tipo I, agregado grueso reciclado (TMN = 1/2"), agregado fino combinado (Agregado fino natural) y agua potable.

3.2.2. Muestra

Se realizarán 45 testigos (probetas) de concreto endurecido de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura según la Norma NTP 339.033. A estos testigos se le realizará el ensayo a la compresión en los días 7, 14 y 28 de elaborada la mezcla de concreto.

3.3. Diseño de investigación

Tabla 4. Matriz de diseño experimental de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
a1 (0%)	A1X
a2 (50%)	A2X
a3 (100%)	A3X

- Numero de muestras de ensayo de compresión a 7 días de curado
N° Muestras = (# de niveles de VI) x (# de niveles de VD) x # repeticiones
N° Muestras = 3 x 1 x 5 = 15 muestras

- Numero de muestras de ensayo de compresión a 14 días de curado
N° Muestras = (# de niveles de VI) x (# de niveles de VD) x # repeticiones
N° Muestras = 3 x 1 x 5 = 15 muestras

- Numero de muestras de ensayo de compresión a 28 días de curado

N° Muestras = (# de niveles de VI) x (# de niveles de VD) x # repeticiones

N° Muestras = 3 x 1 x 5 = 15 muestras

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección

Para la técnica de investigación se tendrá de guía, las normas siguientes para los ensayos.

NTP: 399.611

Refiere a las dimensiones, resistencia a la compresión.

NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090

Refiere a los requisitos que deben cumplir el cemento para su especial manejo, evaluación y empleo dependiendo su tipología y finalidad.

Respalda como guía de rangos establecidos aceptables para los diferentes ensayos a realizarse.

NTP 339.088

Refiere al Agua que se empleó para la mezcla de concreto. En esta norma se aclaran los requisitos indispensables que debe cumplir el agua como parte en una mezcla.

NTP 400.037

Contempla lo relacionado a los agregados que se empleó y los parámetros tomados en cuenta en un diseño de mezcla, a la vez de presentar los rangos admisibles para los ensayos respectivos que conlleven a la utilización de agregados finos, gruesos y globales por tamizado.

3.4.2. Procedimientos de recolección de datos

A. Obtención de la materia prima

Para la elaboración de las muestras de concreto se compró el material de agregado fino y grueso proveniente de la Cantera Huanchaco, cemento tipo MS de la marca Mochica – Pacasmayo y agua potable de la localidad de Trujillo.

Así mismo se logró obtener el agregado grueso de residuos de construcción mediante el proceso de Triturado en el Laboratorio de Cerámicos la Universidad Nacional de Trujillo.

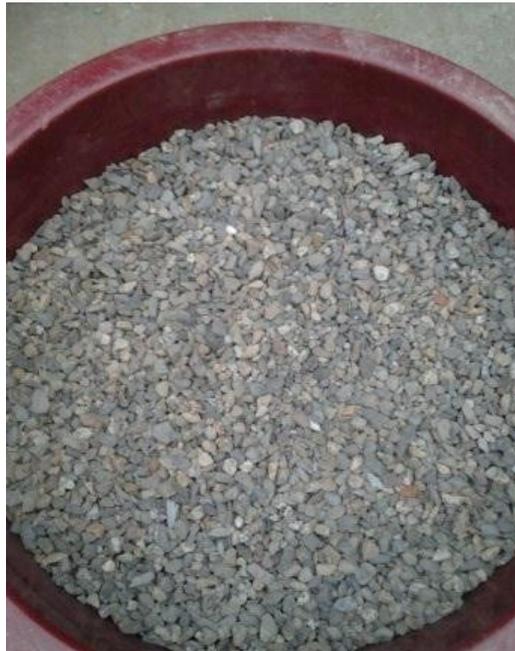


Imagen 1. Agregado grueso para concreto



Imagen 2. Agregado fino para concreto



Imagen 3. Preparación del agregado reciclado de escombros para concreto

B. Caracterización de la materia prima

b.1. Ensayo granulometría de los agregados

Se determinó la granulometría de la arena gruesa y del agregado grueso y reciclado, siguiendo las especificaciones dadas en la norma ASTM C-136 y la NTP 400.012.

El análisis granulométrico del agregado consiste en determinar la distribución por tamaños de las partículas que lo forman. Para realizar este análisis se siguen los siguientes pasos: Primero se procede a cuartear la muestra (Separar solo con una diagonal o por la mitad). Pesar 1000 gramos de la muestra preparada/ seleccionada, en una balanza de 0.01g de precisión y 1kg de capacidad. Hacer pasar el material por el juego de tamices (los cuales tienen aberturas cuadradas de diversos tamaños, según la norma ASTM E- 11), luego se pesa en una balanza de 0.01gramos de precisión las muestras retenidas en cada malla y lo registramos posteriormente en la Tabla 5.

Elaborar el diagrama de curvas granulométricas de los agregados, para ello; se dibujan las curvas referidas a coordenadas rectangulares, en las cuales las abscisas (logarítmicas) representan los diámetros de las aberturas de las mallas y las ordenadas, los porcentajes en peso que pasan el diámetro correspondiente.

Se determina:

El módulo de finura (MF).

$$MF = \frac{\% \text{ Ret. acumulado en malla } N^{\circ}100}{100} \dots (1)$$

Tabla 5. Formato para recolección de datos de granulometría de la arena

Tamiz (N°)	Abertura (mm)	Peso Malla (g)	Peso malla + muestra (g)	Peso retenido (g)	% Peso retenido	% retenido acumulado	Peso que pasa
2"							
1 1/2"							
...							
...							
50							
100							
200							
BC							
				Σ=			MF=

Fuente: (Elaboración propia)

Formulas a emplear:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido}}{\text{Peso total}} \times 100 \dots (2)$$

$$\% \text{ Ret acum} = \frac{\text{Peso.ret.acum}}{\text{Peso total}} \times 100 \dots (3)$$

$$\% \text{ Ret acum} = \frac{\text{Peso.ret.acum}}{\text{Peso total}} \times 100 \dots (4)$$

El rango de clasificación del módulo de finura de la arena es la siguiente:

Arenas finas módulo de finura entre 0.5-1.5

Arenas medias módulo de finura entre 1.5-2.5

Arenas gruesas módulo de finura entre 2.5 - 3.5



Imagen 5. Preparación y limpieza de mallas granulométricas



Imagen 6. Pesado de mallas granulométricas



Imagen 7. Tamizado de las muestras. Ensayo de granulometría.

b.2. Ensayo del contenido de humedad de los agregados

Se determinó el contenido de humedad de la arena gruesa, siguiendo las especificaciones dadas en la norma ASTM C 566. Los pasos a seguir en este ensayo son: Se procede a pesar en una balanza de 0.01g de precisión dos frascos de metal vacíos donde se colocará la muestra (WL). Luego se pesa en una balanza de 0.01g de precisión, los mismos frascos, pero conteniendo cierta cantidad de muestra (WM). Después de pesar en una balanza de 0.01g de precisión, la muestra con las con los frascos y tomar nota del valor correspondiente, se lleva las muestras a la estufa a 110° C ± 5° C por 24 horas (WS). Finalmente, transcurridas las 24 horas, se sacarán las muestras de la estufa y se colocarán en un desecador por 1 hora, para luego pesarlas (WS) y calcular el contenido de humedad.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_{MH} - W_{MS}}{W_{MS}} \times 100 \dots (5)$$

WMH = Masa de la muestra con Humedad (g) = WM - WL

WMS = Masa de la muestra sin Humedad (g) = WS - Wz

Tabla 6. Formato de contenido de humedad del agregado

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
WL(g)			
WM(g)			
WS(g)			
H(%)			
Promedio (%)			

Fuente: (Elaboración propia)



Imagen 4. Secado de muestras para ensayo de humedad.

b.3. Peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco

Se determinó el peso unitario suelto y compactado seco de la arena gruesa, bajo norma ASTM C 29, NTP 400.017 y la MTC E203. Se procedió a pesar el molde (T) y medir el molde: Altura: 16.60 cm, 16.70 cm. Promedio: 16.65 cm. Diámetro: 15.21 cm, 15.18 cm. Promedio: 15.195 cm. Peso: 7.51 kg. Volumen: 0,0030192 m³ (V) Ensayo para el estado suelto: Se pone el agregado fino en el molde, se dejará caer a una altura de 5 cm hasta colmar el molde, y se procede a enrasar con la varilla metálica de 60 cm de longitud y 16mm de diámetro, el molde debe estar lleno, y se procede a pesar en una balanza con 1 g de precisión y 30 kg de capacidad, el molde lleno de agregado (G). Ensayo para el estado compactado: El agregado fino se vacó en un molde metálico en tres capas de agregado y compactando cada una de las capas 25 veces para que el material se distribuya en toda el área y posteriormente se golpeó 15 veces uniformemente en todo el recipiente con el martillo de goma, evitando golpear el fondo. Finalmente se nivelo con la parte superior del recipiente y

se procedió a pesar el recipiente con la muestra (G), dividiendo el peso por el volumen del recipiente, obteniendo el peso compacto seco. La norma NTP N° 400.017 para agregados normales el peso unitario compacto seco oscila entre 1500 kg/m³ y 1700 kg/m³.

$$M = \frac{G-T}{V} \dots (6)$$

$$M = (G - T)X F \dots (7)$$

M = Peso unitario de los agregados (kg/m³)

G = Peso del agregado más el recipiente (kg)

T = Peso del recipiente (kg)

V = Volumen del recipiente (m³)

F = Factor para el recipiente (m³)

Tabla 6. *Formato para recolección de datos de peso unitario de agregados.*

Muestra	Peso del molde (kg)	Peso del molde + muestra suelta (kg)	Peso del molde + muestra compacta (kg)	Volumen del molde (m ³)	PUSS (kg/m ³)	PUCS (kg/m ³)



Imagen 8. Preparación del molde para ensayo de peso unitario de agregados.



Imagen 9. Ensayo de peso unitario suelo y compacto del agregado grueso



Imagen 10. Ensayo de peso unitario suelo y compacto del agregado fino

b.4. Gravedad específica (densidad), absorción y porcentaje de vacíos de agregados.

Se determinó la gravedad específica (densidad), absorción y porcentaje de vacíos de una muestra de agregado fino bajo norma ASTM C 128, NTP 400.022 y la MTC E205, el cual es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Se realizó de acuerdo al procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorios, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación y el cual se encontró por fórmula. Primero se procede a lavar la muestra de arena hasta asegurar que se elimine el polvo u otros recubrimientos superficiales de las partículas. Posteriormente se llena en un recipiente con agua hasta su máxima capacidad (para que la muestra quede totalmente saturada) y se deja sumergir por 24 horas. Una vez transcurrida las 24 horas y la muestra está totalmente saturada de agua, se procede a secar la arena con la ayuda de una cocina eléctrica hasta que el agregado quede

superficialmente seco. Para determinar si el material se encuentra libre de humedad, se realiza el ensayo del cono de absorción; que consiste en introducir la muestra en el molde cónico, seguidamente se apisona la muestra 25 veces dejando caer el pisón desde una altura de 1 cm.

Se procede a nivelar y retirar el molde de la muestra, si se desmorona a lo mucho 1/3 de está, es porque ha alcanzado la condición requerida (estado saturado superficialmente seco) y no existe humedad libre, de lo contrario se sigue secando y se repite el proceso hasta que se cumpla la condición. Se pesa 400 g de muestra en estado saturado superficialmente seco para luego ser colocada en una fiola de 500 ml. Se llena parcialmente la fiola con agua. Para eliminar todas las burbujas de aire se agita la fiola. En muchas ocasiones se produce espuma que puede ser eliminada mediante toallas de papel o alcohol isopropílico. Se afora la fiola y se cuantifica el peso de la misma. Se procede a remover el agregado fino de la fiola, secándose a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante, después se enfría a temperatura ambiente. Finalmente se determina la masa de la fiola llena con agua a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{S-A}{A} \dots (8)$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B+A-C} \times 0.9975 \dots (8)$$

Donde:

A = Masa de la muestra seca al horno (g)

B = Masa de la fiola más agua hasta la línea de aforo (g)

C = Masa de la fiola más muestra y agua hasta la línea de aforo (g)

S = Masa de la muestra en estado saturado superficialmente seco (g)

Para determinar el contenido de vacíos se requiere el valor de peso específico obtenido anteriormente, al igual que el peso

unitario de la arena, según corresponda y se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Vacíos} = \frac{100((S \times W) - PU)}{(S \times W)} \dots (10)$$

Donde:

PU = Peso unitario del agregado (kg/m³).

S = Peso específico (g/cm³).

W = Densidad del agua, 1000 kg/m³.

Tabla 7. Formato de peso específico y absorción de agregados

Muestra	Peso arena (g)	Peso fiola + agua (g)	B + muestra (g)	Peso seco (g)	Peso específico (g/cm ³)	Absorción %	% de vacíos Suelto	% de vacíos compacto
Muestra 1								
Muestra 2								
Muestra 3								
Promedio								

Fuente: (elaboración propia)



Imagen 13. Ensayo de absorción y peso específico de agregado grueso



Imagen 11. Ensayo de absorción y porosidad de agregado fino

C. Diseño de mezcla

Se realizó un diseño de mezcla basada en la resistencia buscada para el concreto que se diseña. En él se fija la relación agua / cemento, tal que se asegure la durabilidad y la resistencia del concreto. El diseño de mezcla se realiza con tablas, las cuales se basan en ensayos realizados en laboratorios, con la finalidad de guiar a los diseñadores de mezclas de concreto, para así lograr la dosificación más adecuada en función a la resistencia esperada.

A continuación, se muestra:

Se utilizó la tabla del Comité del ACI 211.1 (2002) para encontrar la resistencia a compresión promedio.

Tabla N° 14 Esfuerzo promedio requerido a compresión f'_{cr}

f'_{c} especificado	f'_{cr} (kg/cm ²)
< 210	$f'_{c} + 70$
210 – 350	$f'_{c} + 84$
> 350	$f'_{c} + 98$

Fuente: Comité ACI 211.1 (2002)

a) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Tabla 8. Asentamientos recomendados para elementos estructurales

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Asentamiento	
	máximo	mínimo
Zapatas y Muros de cimentación Armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Para condiciones de colocación se requiere una mezcla plástica, con un asentamiento de 3" a 4"

b) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

El tamaño máximo del agregado resultado de la caracterización, específicamente de la granulometría del agregado grueso

Tamaño máximo del agregado = 1/2"

- Datos generales de los agregados:

Tabla 9. Datos de caracterización del agregado fino

Ensayo	Norma	Resultado
Granulometría (MF)	NTP. 400.012 / ASTM C136	2.4
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	2.3
P.U.S.S. (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C138	1597
P.U.C.S. (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C138	1742
Peso específico (kg/m ³)	NTP. 400.022 / ASTM C128	2661
Absorción (%)	NTP. 400.022 / ASTM C128	2.6

Tabla 10. Datos de caracterización del agregado grueso

Ensayo	Norma	Resultado
Tamaño Máximo Nominal (TMN)	-	1/2"
Módulo de finura	NTP. 400.012 / ASTM C136	7.9
Contenido de humedad (%)	NTP. 339.185 / ASTM C566	0.2
P.U.S.S. (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C138	1330
P.U.C.S. (kg/m ³)	NTP. 400.017 / ASTM C138	1512
Peso específico (kg/m ³)	NTP. 400.022 / ASTM C127	2642
Absorción (%)	NTP. 400.022 / ASTM C127	0.5

c) CALCULO DE LA RELACION AGUA – CEMENTO

Con el valor de resistencia corregida requerida de la tabla 4 podemos obtener la relación agua/cemento para concreto

f'c =	175	kg/cm ²
f'c =	245	kg/cm ²

Tabla 11. Relación agua/cemento del concreto

f'cr (28 días)	r a/c
150	0.71
175	x
200	0.61

r a/c = 0.66 relacion a/c de diseño

d) CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Tabla 12. Relación agua/cemento por resistencia F'c

Resistencia a compresión a los 28 días, kg/cm ² (MPa)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
450	0.38	0.31

Cantidad de agua requerida para un Slump 3" - 4" y un TM (1/2") = 216 L/m³

$$\text{Contenido de cemento en Kg} = \frac{\text{agua de mezclado}}{\text{relacion agua-cemento}} = \frac{216}{0.66}$$

$$\text{Numero de bolsas/m}^3 = 7.7 \text{ bolsas/ m}^3$$

e) AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Tabla 13. Valores de diseño seco

Material	Unidad	Cantidad
Cemento Tipo I	kg/m ³	327
Agua	l/m ³	216
Agregado Fino	kg/m ³	841
Agregado Grueso	kg/m ³	892

Tabla 14. Valores de diseño corregido

Material	Unidad	Cantidad	%	Proporción en peso	Proporción en volumen por bolsa
Cemento Tipo I	kg/m ³	327	14	1.0	1
Agua	l/m ³	220	10	0.7	28.6
Agregado Fino	kg/m ³	861	37	2.6	3.1
Agregado Grueso	kg/m ³	894	39	2.7	3.2

D. Elaboración y ensayo de concreto reciclado.

Se ensayaron a resistencia a compresión y permeabilidad del concreto permeable.

La elaboración de los cilindros de concreto está bajo la norma NTP 339.033 donde están especificadas las características de las probetas las cuales serán usadas en los ensayos de resistencia a la compresión.

Las probetas de concreto (concreto permeable) son un muestreo que se utiliza para realizar ensayos mecánicos del hormigón endurecido. Se realizarán 30 especímenes (24 para resistencia a la compresión y 6 para la permeabilidad) en moldes de polietileno cilíndricos de 4" de diámetro y 8" de alto. las cuales fueron ensayadas a los 7 días, 14 días y 28 días, respectivamente.

Para obtener una resistencia representativa, la norma INTINTEC determina los procedimientos a seguir en cada etapa de la preparación de las probetas; y el reglamento nacional de construcciones señala el tamaño y número de la muestra de ensayo.

Los materiales y los aparatos utilizados fueron:

a) Materiales

- Cemento portland tipo I.
- Agregados de la cantera el Milagro.
- Agregado reciclado con 0%, 50% y 100% de sustitución
- Agua potable utilizada para preparar la mezcla de concreto.

b) Aparatos

- Moldes de las probetas (4" por 8").
- Varilla compactadora.
- Martillo con cabeza de goma.
- Pala, espátula, plancha de albañil.
- Cono de Abrams para medir el asentamiento.
- Batea de metal.
- Mezcladora de concreto.

c) Procedimiento:

- Lo primero lavar los cilindros con agua del laboratorio también hay que colocarles lubricante con una esponja esto permitirá el desmolde de la probeta, tener cuidado con el lubricante al colocarlo en la base del cilindro debido a que no puede combinarse con el concreto. En nuestro caso solo se lavó bien las probetas.
- Antes de colocar el concreto en los cilindros hay que ubicarlos de manera correcta en un lugar plano para no tener inconvenientes a la hora de compactar.
- Teniendo la mezcla lista se procede al llenado de los cilindros, los cuales serán llenados en tres tiempos a un 1/3 del cilindro compactando con una varilla 25 golpes desde el borde hacia adentro, como estamos elaborando concreto poroso la energía de compactación no tiene que ser tal que se pierda su propiedad de permeabilidad.

- Luego llenar el concreto a 2/3 nuevamente con 25 golpes y al finalizar de la misma manera logrando tener en la cara final una uniformidad de material, es decir tatar de logra que el enrasado final quede liza, tipo tarrajeo, por ello que se recomienda un agregado no tan grueso, en esta investigación se utilizó ½" pulgada.
- Esto es recomendable debido a que cuando el concreto endurezca podamos desencofrar de manera adecuada y al colocarlo en la máquina de ensayo pueda encajar correctamente en los apoyos.
- Por último, se esperan 24 horas para que el concreto pueda endurecer y se procede a la poza de curado que significa colocarlos en agua hasta el día de rotura.

NOTA: Se debe tener en cuenta que el agua debe estar limpia con una temperatura inicial entre 20C ° y 26 C°



Imagen 14. Mezclado de concreto



Imagen 15. Prueba de Slump para comprobar al del diseño de mezcla



Imagen 16. Moldes para probetas de concreto.

E. Ensayo de resistencia a la compresión. Según las normas (NTP 339.034:2008 / ASTM C-39)

- Los moldes son retirados de la poza de curado para ser ensayados.
- Los moldes son ensayados en la máquina de compresión axial a la edad de 7 días, 14 días y 28 días para llevar un control cronológico y obtener los datos de la resistencia a la compresión.
- Se procedió a colocar los moldes en la máquina de compresión axial.
- La carga se aplicó de manera que se fue tomando los datos de la carga aplicada.
- Finalmente se anotó la carga de rotura de las probetas.
- Luego se calculó la resistencia a la compresión con la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

σ = Resistencia a la compresión

P máx = Carga ultima de rotura

A = Área de la sección



Imagen 17. Llenado de probetas de concreto



Imagen 18. Probetas de concreto llenadas para inicio de fraguado.



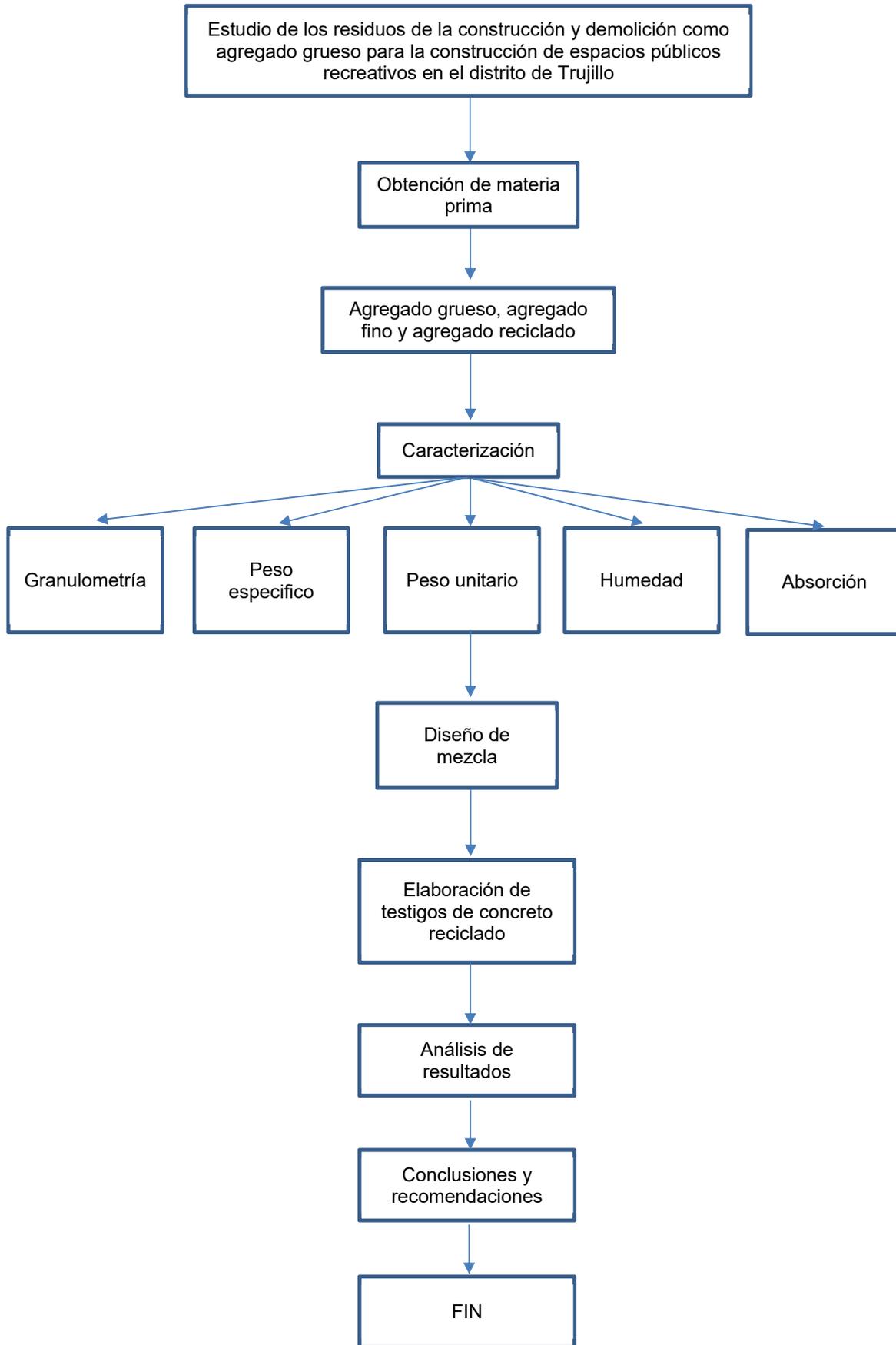
Figura 19. Curado de probetas de concreto



Figura 20. Capeado y nivelado de caras de probetas de concreto.



Figura 21. Ensayo de resistencia a la compresión de probetas de concreto.



3.5. Procesamiento y análisis de datos

a. Agregado grueso

Luego de realizar los ensayos en laboratorio correspondientes al agregado grueso de cantera, obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 15. Datos de ensayo de granulometría del agregado grueso ASTM C 136

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)		
						RETENIDO	PASANTE	
1 1/2"	37.500	553.08	553.08	0.00	0	0	100	
1"	25.000	535.37	535.37	0.00	0	0	100	
3/4"	19.000	563.56	563.56	0.00	0	0	100	
1/2"	12.500	535.68	948.45	412.77	56	56	44	
3/8"	9.500	542.1	795.48	253.38	34	90	10	
Nº4	4.750	508.08	509.48	1.40	0	90	10	
Nº8	2.360	490.05	490.05	0.00	0	90	10	
Nº16	1.100	410.72	410.72	0.00	0	90	10	
Nº30	0.600	402.78	402.78	0.00	0	90	10	
Nº50	0.297	349.6	349.60	0.00	0	90	10	
Nº100	0.149	345.12	345.12	0.00	0	90	10	
Nº200	0.075	300.49	371.75	71.26	10	100	0	
FONDO	Fondo	368.97	368.97	0.00	0	100	0	
				PESO TOTAL	738.81	100	T.M.	3/4"
							T.M.N.	1/2"

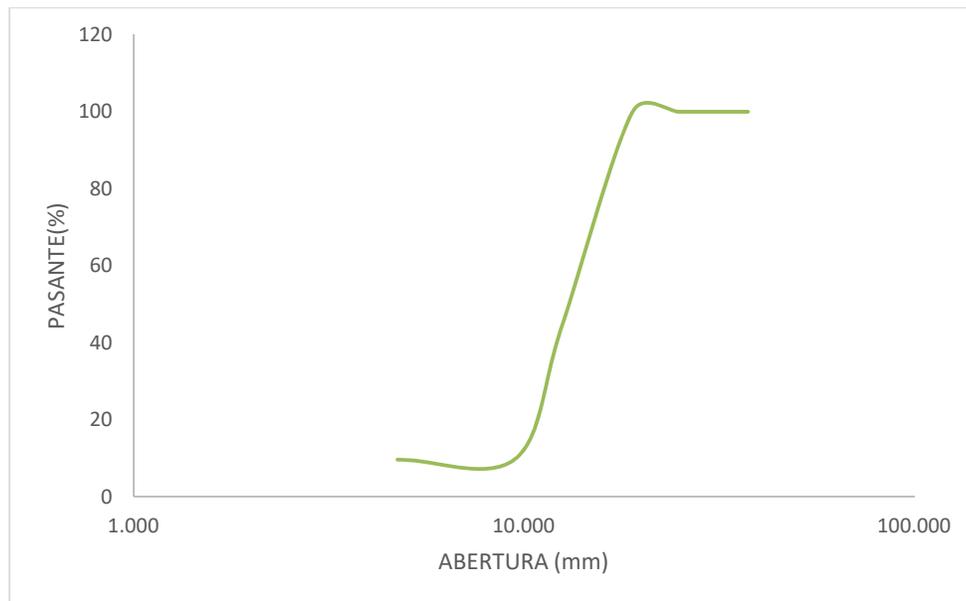


Fig 7. Curva granulométrica del agregado grueso

Tabla 16. Datos de peso específico de agregado grueso ASTM C 127

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	g	1005.72	1007.13	1003.21
C = Peso de la muestra SSS en el agua	g	627.93	622.98	629.42
Peso de bandeja	g	0.00	0.00	0.00
Peso de bandeja + Muestra seca	g	1000.02	1000.10	1000.61
A = Peso de la muestra secada en el horno	g	1000.02	1000.10	1000.61
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2662.11	2621.71	2683.89
Peso específico aparente	kg/m ³	2687.58	2651.94	2695.68
Peso específico de masa	kg/m ³	2647	2603	2677
Promedio del peso específico de masa	kg/m ³	2642		
Peso específico de masa:	2642	kg/m³		

Tabla 17. Datos de absorción de agregado grueso ASTM C 127

ABSORCIÓN				
DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	kg	1005.72	1007.13	1003.21
A = Peso de la muestra secada en el horno	kg	1000.02	1000.10	1000.61
Porcentaje de absorción (%)	%	0.6	0.7	0.3
Promedio	%	0.5		
Absorción:	0.5	%		

Tabla 18. Datos de peso unitario seco suelto de agregado grueso ASTM C 29

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	8.877	8.916	8.739
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1346	1364	1280
Promedio	kg/m ³	1330		
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	1330	kg/m³		

Tabla 19. Datos de peso unitario seco suelto de agregado grueso ASTM C 29

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	9.236	9.258	9.184
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m³	1516	1527	1492
Promedio	kg/m³	1512		
	1512	kg/m³		

Tabla 20. Datos de la humedad natural del agregado grueso ASTM C566

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	86.13	76.08	70.65
Peso de la muestra natural	g	98.01	109.36	124.69
Peso de muestra seca + Tara	g	183.89	185.30	195.11
Contenido de humedad	%	0.3	0.1	0.2
Promedio	%	0.2		

b. Agregado fino

Luego de realizar los ensayos en laboratorio correspondientes al agregado fino de cantera, obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 21. Datos de ensayo de granulometría del agregado grueso ASTM C 136

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENIDO (g.)	PARCIAL RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENIDO	PASANTE
3/8"	9.500			0.00	0	0	100
Nº4	4.750	190.01	214.00	23.99	2	2	98
Nº8	2.360	171.58	246.51	74.93	7	10	90
Nº16	1.180	127.98	256.10	128.12	13	23	77
Nº30	0.600	124.19	320.00	195.81	19	42	58
Nº50	0.300	123.31	384.00	260.69	26	68	32
Nº100	0.150	115.05	389.00	273.95	27	95	5
Nº200	0.075	246.83	284.54	37.71	4	99	1
FONDO		218.74	231.51	12.77	1	100	0
			PESO TOTAL	1007.97	100		
				M. FINURA	2.4		

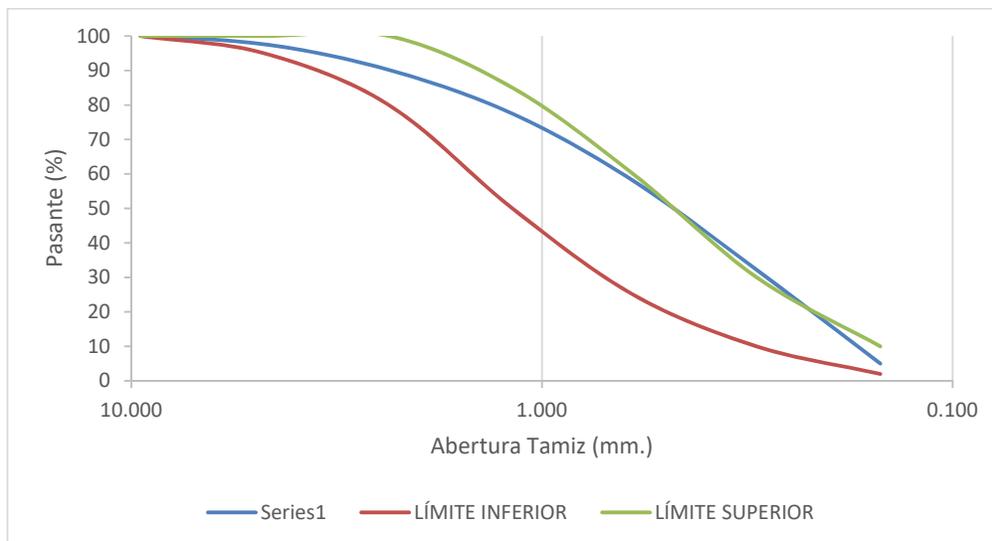


Fig 8. Curva granulométrica del agregado fino

Tabla 22. Datos de peso específico de agregado fino ASTM C 128.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Volumen de agua en la fiola	cm ³	500	500	500
Peso de la fiola (limpio y seco)	g	182.41	183.03	179.46
B = Peso de la fiola + Agua	g	680.63	681.56	680.09
Peso de la fiola + Peso muestra SSS	g	565.77	560.01	562.51
C = Peso de la fiola + Peso muestra SSS + Agua	g	921.35	923.14	922.14
Peso del agua (5-4)	g	355.58	363.13	359.63
Peso de recipiente	g	89.98	85.1	88.03
Recipiente + Muestra seca	g	464.7	451.92	461.13
A = Peso de la muestra secada al horno	g	374.72	366.82	373.1
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g	383.36	376.98	383.05
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2688	2784	2717
Peso específico aparente	kg/m ³	2796	2929	2847
Peso específico de masa	kg/m ³	2627	2709	2646
Promedio peso específico de masa	kg/m ³	2661		
Peso específico de masa:	2661	kg/m³		

Tabla 23. Datos de absorción de agregado fino ASTM C128

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
S = Peso de la muestra SSS (4-2)	g	383.36	376.98	383.05
A = Peso de la muestra secada al horno	g	374.72	366.82	373.1
Porcentaje de absorción (%)	%	2.3	2.8	2.7
Promedio	%	2.6		

Tabla 24. Datos del peso unitario seco suelto del agregado fino ASTM C 29

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	9.461	9.363	9.394
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1623	1577	1592
Promedio	kg/m ³	1597		

Tabla 25. Datos de peso unitario seco compacto del agregado fino ASTM C 29

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	9.739	9.684	9.712
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m ³	1755	1729	1743
Promedio	kg/m ³	1742		

Tabla 26. Datos de humedad del agregado fino ASTM C 566

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	64.18	72.30	75.01
Peso de la muestra natural	g	86.81	88.27	82.87
Peso de muestra seca + Tara	g	149.02	158.53	156.09
Contenido de humedad	%	2.3	2.4	2.2
Promedio	%	2.3		



Imagen 10. Ensayo de peso unitario suelo y compacto del agregado fino



Imagen 11. Ensayo de absorción y porosidad de agregado fino

c. Agregado reciclado

Luego de realizar los ensayos en laboratorio correspondientes al agregado reciclado, obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 27. Datos de ensayo de granulometría del agregado grueso ASTM C 136

TAMIZ	ABERTUR A (mm.)	PESO TAMIZ (g.)	TAMIZ + MUESTRA (g.)	PESO RETENID O (g.)	PARCIAL RETENID O (%)	ACUMULADO (%)	
						RETENID O	PASANT E
1 1/2"	37.500	553.08	553.08	0.00	0	0	100
1"	25.000	535.37	535.37	0.00	0	0	100
3/4"	19.000	563.56	563.56	0.00	0	0	100
1/2"	12.500	535.68	1094.5	558.82	56	56	44
3/8"	9.500	542.1	899.74	357.64	36	92	8
Nº4	4.750	508.08	519.84	11.76	1	93	7
Nº8	2.360	490.05	490.05	0.00	0	93	7
Nº16	1.100	410.72	410.72	0.00	0	93	7
Nº30	0.600	402.78	402.78	0.00	0	93	7
Nº50	0.297	349.6	349.60	0.00	0	93	7
Nº100	0.149	345.12	345.12	0.00	0	93	7
Nº200	0.075	300.49	371.75	71.26	7	100	0
FONDO	Fondo	368.97	368.97	0.00	0	100	0
			PESO TOTAL	999.48	100	T.M.	3/4"
						T.M.N.	1/2"

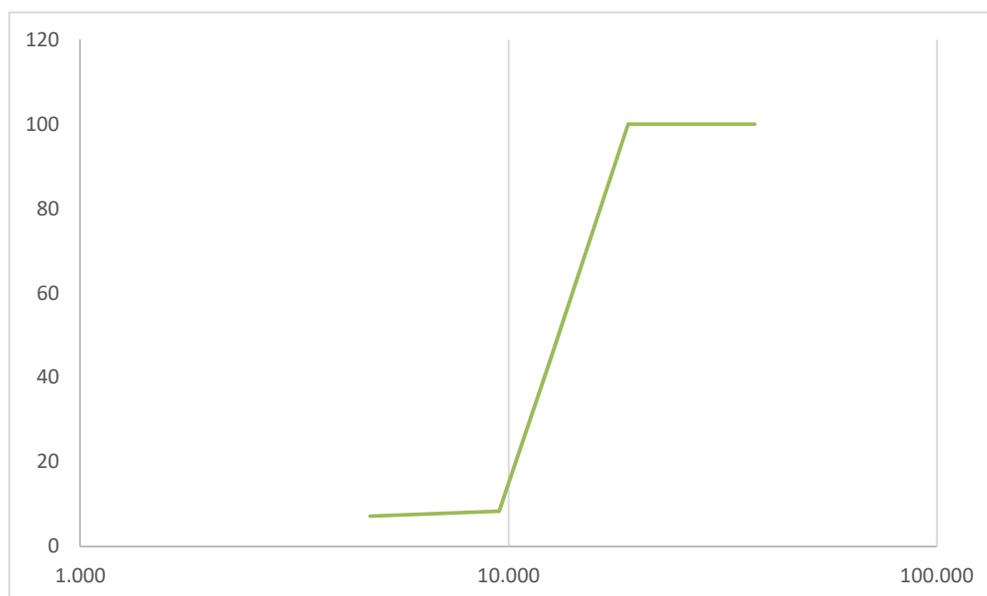


Fig 9. Curva granulométrica de agregado reciclado

Tabla 28. Datos de peso específico de agregado reciclado ASTM C 127.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	G	1010.45	1009.78	1008.45
C = Peso de la muestra SSS en el agua	g	627.93	622.98	629.42
Peso de bandeja	g	0.00	0.00	0.00
Peso de bandeja + Muestra seca	g	1000.02	1000.10	1000.61
A = Peso de la muestra secada en el horno	g	1000.02	1000.10	1000.61
Peso específico de masa SSS	kg/m ³	2641.56	2610.60	2660.62
Peso específico aparente	kg/m ³	2687.58	2651.94	2695.68
Peso específico de masa	kg/m ³	2614	2586	2640
Promedio del peso específico de masa	kg/m ³	2613		
Peso específico de masa:	2613	kg/m³		

Tabla 29. Datos de absorcion de agregado reciclado ASTM C 127.

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRA		
		M-1	M-2	M-3
B =Peso de la muestra SSS	kg	1010.45	1009.78	1008.45
A = Peso de la muestra secada en el horno	kg	1000.02	1000.10	1000.61
Porcentaje de absorción (%)	%	1.0	1.0	0.8
Promedio	%	0.9		
Absorción:	0.9	%		

Tabla 30. Datos de peso unitario seco suelto del agregado reciclado ASTM C 29

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	9.354	9.314	9.347
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	kg/m ³	1573	1554	1569
Promedio	kg/m ³	1565		

Tabla 31. Datos de peso unitario seco compacto del agregado reciclado ASTM C 29

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de molde	kg	6.044	6.044	6.044
Altura del molde	m	0.116	0.116	0.116
Diámetro del molde	m	0.152	0.152	0.152
Radio del molde	m	0.076	0.076	0.076
Volumen del molde	m ³	0.00210	0.00210	0.00210
Peso de molde + Muestra	kg	9.504	9.564	9.54
Peso Unitario Compactado (P.U.C.)	kg/m³	1644	1672	1661
Promedio	kg/m³	1659		

Tabla 32. Datos de peso unitario seco compacto del agregado reciclado ASTM C 29

DESCRIPCIÓN	UND	MUESTRAS		
		M-1	M-2	M-3
Peso de tara	g	64.18	72.30	75.01
Peso de la muestra natural	g	86.81	88.27	82.87
Peso de muestra seca + Tara	g	149.02	158.53	156.09
Contenido de humedad	%	2.3	2.4	2.2
Promedio	%	2.3		

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de resistencia de concreto

			% AREGREADO RECICLADO		
			0	50	100
			a1	a2	a3
DIAS DE CURADO	7	b1	150	141.5	132.4
			155.8	142.7	135.4
			154.5	141.2	131.9
			152.5	140.9	134.5
			150.9	142.1	132.1
		PROMEDIO	152.74	141.68	133.26
	14	b2	182.4	170.6	160.14
			185.4	172.8	160.4
			184.7	171.4	159.7
			185.9	170.9	158.9
			183.9	172	161.4
		PROMEDIO	184.46	171.56	160.108
	28	b3	230.9	222.4	201.1
			233.7	222.9	199.8
			238.4	221.9	200.5
			232.9	223	199.7
			229.7	221.4	199.9
		PROMEDIO	233.12	222.32	200.2

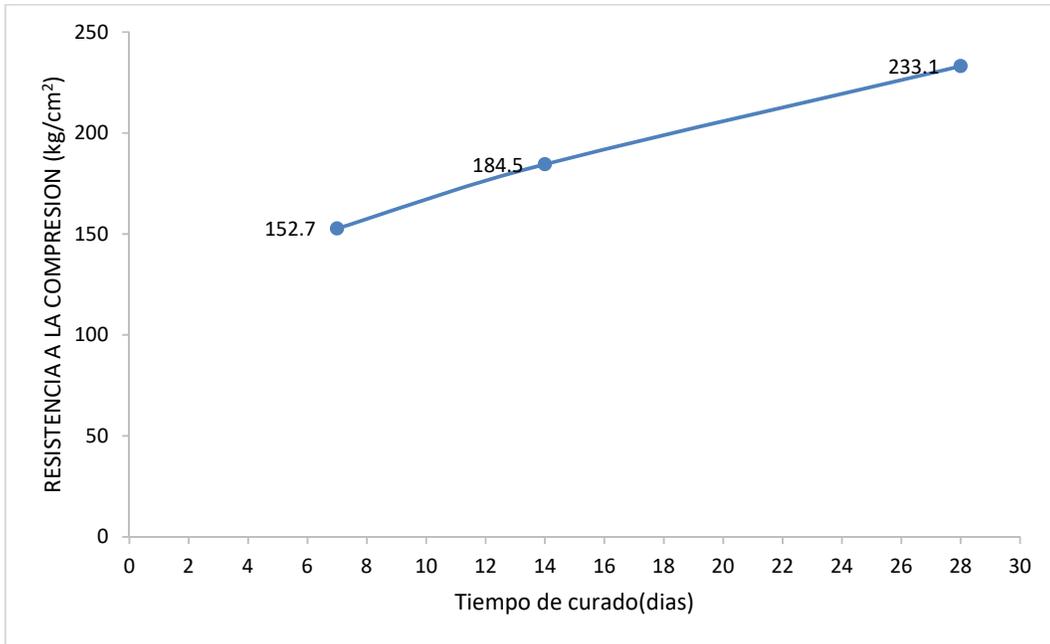


Fig 11. Resultados de resistencia de concreto patrón a 7,14 y 28 días de curado.

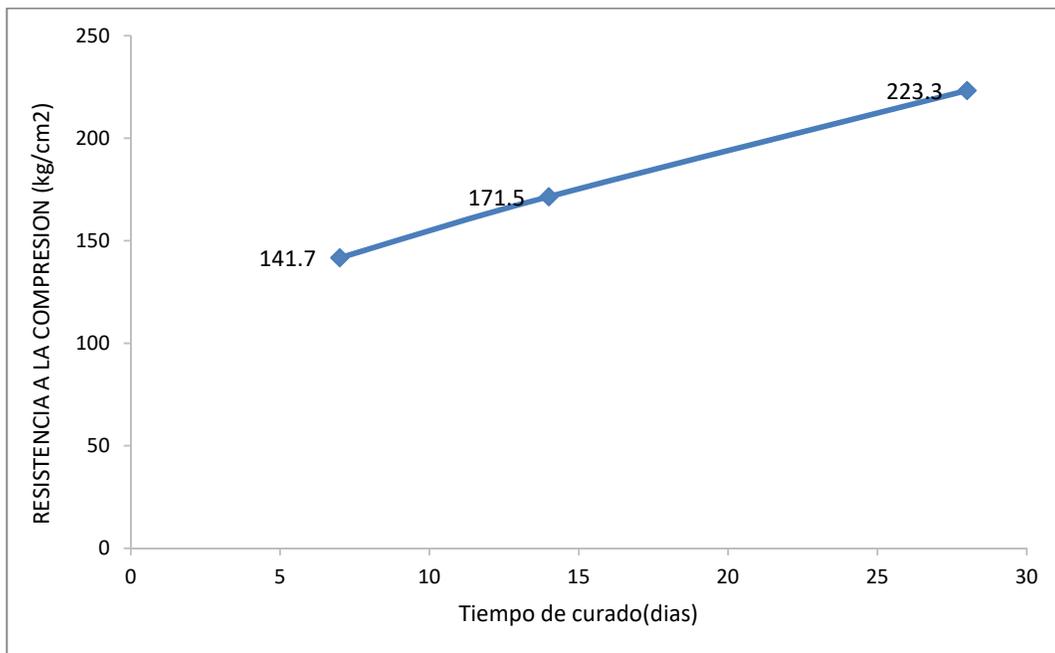


Fig 12. Resultados de resistencia de concreto con 50% de agregado reciclado a 7,14 y 28 días de curado.

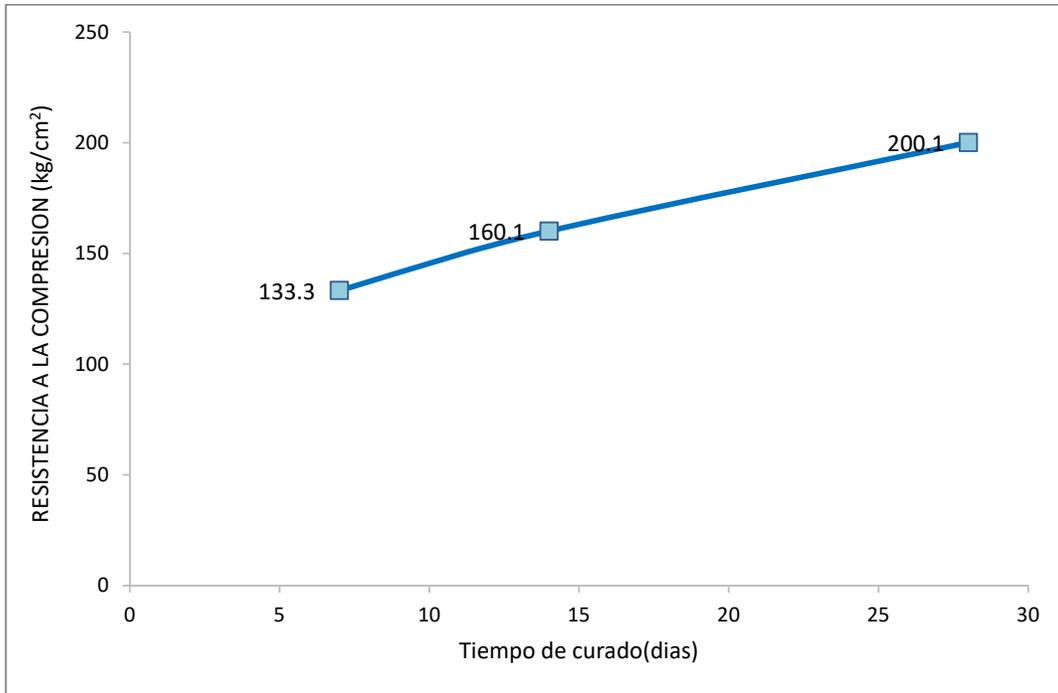


Fig 13. Resultados de resistencia de concreto con 100% de agregado reciclado a 7,14 y 28 das de curado.

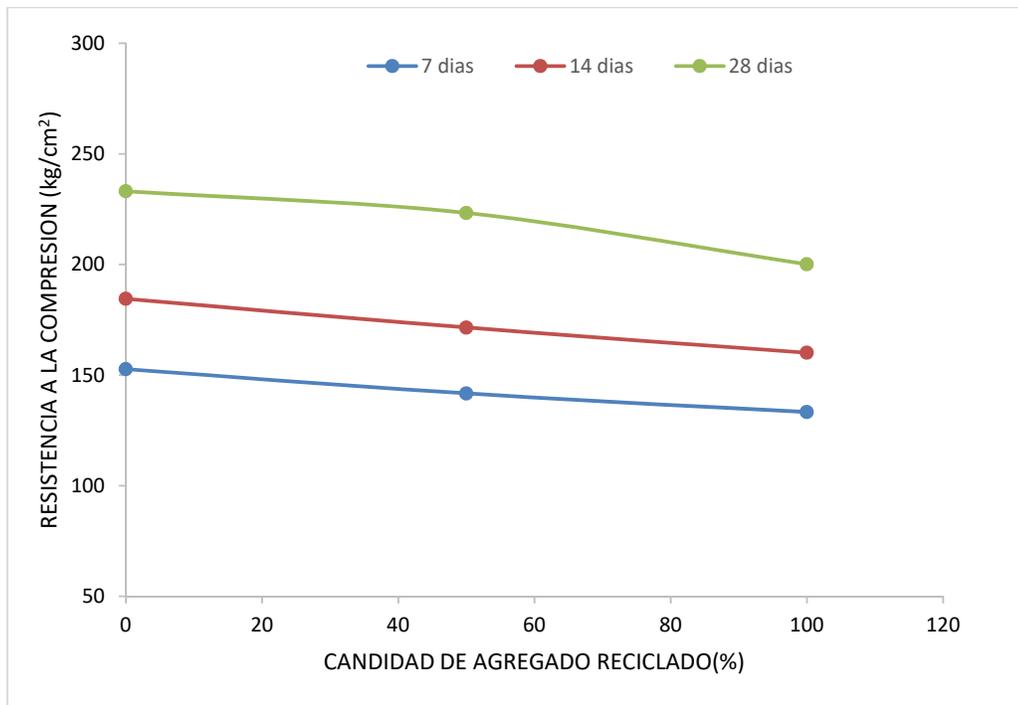


Fig 14. Resultados de resistencia de concreto con distintas cantidades de agregado reciclado a 7,14 y 28 días de curado.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este trabajo se confirma que los agregados obtenidos del reciclaje de escombros, aunque presentan diferencias en algunas de sus características, pueden ser susceptibles de emplearse como materias primas en un nuevo material para la construcción como el concreto, pues no todas las mezclas se requieren para uso estructural.

Los resultados obtenidos de un concreto con diseño de 175 kg/cm^2 cuya aplicación será no estructural, con la variación en la mezcla que se dio de agregado grueso natural por un agregado reciclado obtenidos de escombros nos indican lo siguiente:

De acuerdo a los resultados podemos apreciar que el testigo patrón sobrepasó el valor de resistencia estándar requerida a los 7, 14 y 28 días, por lo tanto, es una muestra patrón aceptable.

La cantidad de agregado reciclado en las dosificaciones utilizadas en esta investigación (50 y 100% de sustitución) dieron como resultado un ligero descenso en la resistencia a la compresión del concreto respecto a la del concreto elaborado con agregado natural. El valor de resistencia a la compresión encontrado en el testigo de concreto preparado con agregado natural fue de 233.1 kg/cm^2 y con los porcentajes de sustitución del 50% y 100% de agregado natural fueron de 222.32 kg/cm^2 y 200.20 kg/cm^2 respectivamente, dichas resistencias a los 28 días de curado.

Se observó que el diseño de concreto con 100% de sustitución de agregado natural por agregado reciclado alcanzó la menor resistencia a la compresión a los 28 días de edad. Esto se debe puesto que, a mayor cantidad de agregado reciclado, la eficiencia en cuanto a resistencia va disminuyendo, ya que al tener mas RCD en la mezcla, este tiende a absorber gran parte de la mezcla alterando la relación agua/cemento lo que afecta la resistencia a la compresión.

También se puede observar que los porcentajes de sustitución de agregado natural utilizados en esta investigación, no afectó en el desarrollo inicial de la resistencia del concreto ni a 7 días ni a 14 días de curado, cuya tendencia fue la misma que la del concreto original o patrón esto se observa en la fig 11, fig 12 y fig 13.

6. CONCLUSIONES

- Se determinó el uso de los residuos de construcción de demolición como agregado reciclado en reemplazo del agregado grueso natural en 50% y 100% pudiendo elaborarse muestras de concreto con normalidad utilizando dicho material reciclado por lo que su uso desde el punto de vista de mezclado estuvo adecuado.
- Se realizó pruebas de resistencia a la compresión a las muestras de concreto realizadas con 0, 50 y 100% de agregado reciclado de residuos de construcción a 7, 14 y 28 días de curado. Sin que se vea afectado el desarrollo de la resistencia inicial al usar agregado reciclado.
- Se determinó que, la resistencia más alta a los 28 días de curado del concreto fue del concreto patrón que fue de 233.1 kg/cm² pero al comparar entre las dosificaciones de agregado reciclado de escombros, el mejor valor se obtuvo al 50% de reemplazo, puesto que se obtuvo 223.3 kg/cm².
- Mediante un análisis de varianza ANOVA se determinó que la cantidad de agregado reciclado de escombros influyen en la resistencia a la compresión del concreto. Debido a que el F_{exp} es mayor al F_0 , rechazándose una hipótesis nula y aceptando la hipótesis planteada.
- Se ha comprobado que sí se pueden aprovechar los residuos de la construcción y demolición como agregado grueso para la construcción de espacios públicos recreativos en el distrito de Trujillo.

- Se ha comprobado que, si se aplica el uso de los residuos de la construcción y demolición como agregado grueso para la construcción de espacios públicos recreativos en el distrito de Trujillo, entonces disminuirá el impacto ambiental causado por botaderos informales y no controlados.

7. RECOMENDACIONES

- Continuar con la presente investigación, pero usando el 15%, 20% y 25% de agregado reciclado de escombros, el cual podría mejorar la resistencia del concreto al concreto convencional $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2$.
- Realizar ensayos de absorción y porosidad del concreto cuando sea reemplazado el agregado natural por un agregado reciclado, para ver cómo influye este agregado en dichas propiedades físicas.
- La investigación se puede complementar con microscopías electrónicas de barrido para ver el tipo y medir el tamaño de porosidad interna que tienen los agregados naturales, reciclados y el concreto elaborado.
- Alentar la participación de los Colegios Profesionales correspondientes (CIP, CAP, etc.), en la implementación de las soluciones que plantea la presente investigación para el uso de agregado reciclado y, hacerlo extensivo a las autoridades públicas de la ciudad de Trujillo.
- Hacer de conocimiento público los resultados de la presente investigación para que empresas, del sector privado y comunidad en general, puedan realizar la reutilización de los RCD en sus construcciones de elementos no estructurales, como veredas, sardineles, etc.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Asocreto, A. C. de P. de C. (2010). Tecnología Del Concreto Tomo 1. (J. ing. Niño, Ed.)

Bazalar L; Cadenillas M (2019) "Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en estructuras aporticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental". Tesis para optar título. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Segat. (2013). Plan de Gestión de Residuos de construcción y demolición Depositados En Espacios Públicos y de obras menores del distrito de Trujillo 2014 - 2017

Gutiérrez de López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Manizales.

Erazo Nilo. (2018). Evaluación del diseño de concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales. Lima-Perú

Bazán I. (2018) Caracterización de residuos de construcción de lima y callao (estudio de caso). Lima-Perú

Chafloque W. (2019). Reaprovechamiento de residuos de construcción y demolición en el casco urbano de Chiclayo. Trujillo – Perú

Bazalar L. (2019). Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280$ kg/cm² en estructuras aporricadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental. Lima - Perú

Jordan J., Viera N. (2014). Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra. Chimbote – Perú.

Shodolapo F., Mmasethomo G. (2014). Studies on Strength and Related Properties of Concrete Incorporating Aggregates from Demolished Wastes: Part 1—A Global Perspective. Open Journal of Civil Engineering, 2014, 4, 311-317.

Cconislla, J. (2014). Caracterización de los residuos de la construcción. Repositorio Institucional – PUCP.

Erazo Nilo (2018). Evaluación del diseño de concreto $f'c=175$ kg/cm² utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional Federico Villareal.

ANEXOS

Procesamiento estadístico de los resultados

A.1. Cálculos para el análisis de varianza (ANAVA)

Permite determinar si las medias de cada nivel o tratamiento son estadísticamente diferentes. Para su determinación se procedió como se indica a continuación

a.2. Nivel de significancia:

En ingeniería se trabaja con un 95% de confianza ($\alpha = 0.05$)

a.3. Criterio de rechazo

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si $F_0 > F_{\alpha, v_1, v_2}$ donde:

F_0 se obtiene experimentalmente.

F_{α, v_1, v_2} se obtiene de tablas. Puntos porcentuales de la distribución $F_{0.05, v_1, v_2}$, pues:

$$V_1 = a - 1 \quad \text{y} \quad V_2 = ab(n - 1)$$

Dónde:

“a y b” es el número de niveles

“n” es el número de réplicas

b. Análisis de varianza para diseño bifactorial

Presentamos el siguiente análisis de varianza, por ser el problema de investigación de diseño bifactorial.

b.1. Resumen de análisis de varianza y prueba de F

Tabla 32. Cuadro de resumen del análisis de varianza para un diseño bifactorial

Factor de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	F0	F0.05
Factor A	SSA	a-1	$MSS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_A = \frac{MS_A}{MS_E}$	
Factor B	SSB	b-1	$MSS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_B = \frac{MS_B}{MS_E}$	
Interacción A x B	SSAB	(a-1)(b-1)	$MSS_{AB} = \frac{SS_{AxB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_{AxB} = \frac{MS_{AxB}}{MS_E}$	
Error	SSE	ab(n-1)	$MSS_E = \frac{SS_{AxB}}{axb(n-1)}$		
Total	SST	abn-1			

Formulas a calcular en el análisis de varianza y prueba F

Suma De Cuadrados

a) Cálculo de la suma de cuadrados para el Factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

b) Cálculo de la suma de cuadrados para el Factor B.

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

c) Cálculo de la suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ij}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

d) Cálculo de la suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB).

$$SS_{AXB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

e) Cálculo de la suma de cuadrados totales.

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axb \times n}$$

f) Cálculo de la suma de cuadrados de error

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

Media de cuadrados

a) Cálculo de la media de cuadrados del factor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

F₀ Experimental

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(A \times B) = \frac{MS_{A \times B}}{MS_E}$$

Tabla 33. Tratamiento estadístico de los datos

			% AREGREADO RECICLADO			SUMA B
			0	50	100	
			a1	a2	a3	
DIAS DE CURADO	7	b1	150	141.5	132.4	
			155.8	142.7	135.4	
			154.5	141.2	131.9	
			152.5	140.9	134.5	
			150.9	142.1	132.1	
		SUMA	763.7	708.4	666.3	2138.4
	14	b2	182.4	170.6	160.14	
			185.4	172.8	160.4	
			184.7	171.4	159.7	
			185.9	170.9	158.9	
			183.9	172	161.4	
		SUMA	922.3	857.7	800.54	2580.54
	28	b3	230.9	222.400	201.1	
			233.7	222.9	199.8	
			238.4	221.9	200.5	
			232.9	223	199.7	
			229.7	221.4	199.9	
		SUMA	1165.6	1111.6	1001	3278.2

SUMA A**2851.6****2677.7****2467.84****7997.14****Suma De Cuadrados****a) Cálculo de la suma de cuadrados para el Factor A.**

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbxn} = 4923.43$$

b) Cálculo de la suma de cuadrados para el Factor B.

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axbxn} = 44030.25$$

c) Cálculo de la suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ij}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axbxn} = 49285.23$$

d) Cálculo de la suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB).

$$SS_{AXB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B = 331.55$$

e) Cálculo de la suma de cuadrados totales.

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxn} = 49382.96$$

f) Cálculo de la suma de cuadrados de error

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AXB} = 97.73$$

Media de cuadrados**a. Cálculo de la media de cuadrados del factor A**

$$MS_{A_{\sim}} = \frac{SS_A}{a-1} = 2461.71$$

$$MS_{B_{\sim}} = \frac{SS_B}{b-1} = 22015.13$$

$$MS_{A \times B_{\sim}} = \frac{SS_{A \times B}}{(a-1) \times (b-1)} = 82.89$$

F₀ Experimental

$$F_o(A) = \frac{MS_A}{MS_E} = 906.77$$

$$F_o(B) = \frac{MS_B}{MS_E} = 8109.26$$

$$F_o(A \times B) = \frac{MS_{A \times B}}{MS_E} = 30.53$$

Tabla 34. Análisis de varianza de los resultados experimentales

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F _o (observado)	F _{TABULAR}
A	2	4923.43	2461.71	906.77	3.26
B	2	44030.25	22015.13	8109.26	3.26
A x B	4	331.55	82.89	30.53	2.63
Error	36	97.7	2.71		
Total	44	49382.96	24562.44		

CONCLUSION: Debido a que F observado (F_{AxB}) es mayor que F₀ teórico, Podemos concluir que la cantidad de concreto reciclado y el tiempo de curado influyen significativamente en la resistencia a la compresión de concreto

Panel fotográfico



Imagen 1. Agregado grueso para concreto



Imagen 2. Agregado fino para concreto



Imagen 3. Preparación del agregado reciclado de escombros para concreto



Imagen 3.1. Concreto reciclado



Imagen 3.2. Concreto reciclado



Imagen 4. Secado de muestras para ensayo de humedad.



Imagen 5. Preparación y limpieza de mallas granulométricas



Imagen 6. Pesado de mallas granulométricas



Imagen 7. Tamizado de las muestras. Ensayo de granulometría.



Imagen 8. Preparación del molde para ensayo de peso unitario de agregados.



Imagen 9. Ensayo de peso unitario suelo y compacto del agregado grueso



Imagen 10. Ensayo de peso unitario suelo y compacto del agregado fino



Imagen 11. Ensayo de absorción y porosidad de agregado fino



Imagen 12. Ensayo de ph, conductividad eléctrica y TDS.



Imagen 13. Ensayo de absorción y peso específico de agregado grueso



Imagen 14. Mezclado de concreto



Imagen 15. Prueba de slum para comprobar al del diseño de mezcla



Imagen 16. Moldes para probetas de concreto.



Imagen 17. Llenado de probetas de concreto



Imagen 18. Probetas de concreto llenadas para inicio de fraguado.



Figura 19. Curado de probetas de concreto



Figura 20. Capeado y nivelado de caras de probetas de concreto.



Figura 21. Ensayo de resistencia a la compresión de probetas de concreto.