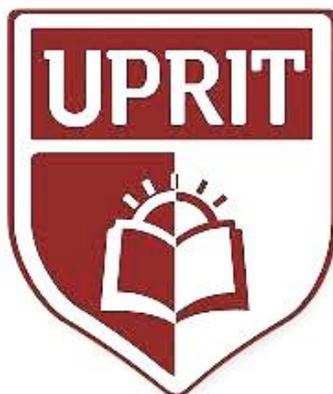


**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFLUENCIA DEL USO DEL AGREGADO RECICLADO CON
PARÁMETROS CONTROLADOS SOBRE LA RESISTENCIA A
COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO,
LA LIBERTAD 2019**

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

**AUTORES:
BACH. RODRIGO CRUZ CALAPUJA
BACH. ROBERTO CARLOS VEGAS QUIROZ**

**ASESOR:
ING. JOSUALDO CARLOS VILLAR QUIROZ**

**TRUJILLO - PERU
2020**



El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Roberto Carlos Vegas Quiroz y Rodrigo Cruz Calapuja**, denominada:

**INFLUENCIA DEL USO DEL AGREGADO RECICLADO CON PARÁMETROS
CONTROLADOS SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL
CONCRETO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO, LA LIBERTAD 2019**

Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz
ASESOR

**JURADO
PRESIDENTE**

JURADO

JURADO



DEDICATORIA.

A nuestras familias, por ser siempre nuestro apoyo incondicional.



AGRADECIMIENTO

A Dios, por habernos permitido llegar hasta aquí y cumplir nuestros
objetivos.

A nuestras familias, por habernos acompañado en este proceso.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	19
1.4. OBJETIVOS	20
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivos Específicos	20
1.5. ANTECEDENTES	20
1.6. BASES TEÓRICAS	27
1.6.1. CEMENTO	27
1.6.2. CONSTITUYENTES DEL CONCRETO.....	28
1.6.3. CURADO DEL CONCRETO.....	31
1.6.4. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	33
1.6.5. RECICLAJE.....	33
1.6.6. CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS	34
1.7. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	34
1.8. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	35
MATERIAL Y MÉTODOS	36
2.1. Material	36
2.2. Material de estudio	38
2.2.1. Población	38
2.2.2. Muestra	38
2.3. Técnicas, procedimiento e instrumentos	39
2.3.1. Para recolectar datos	39
2.3.2. Para procesar datos	43
2.4. Operacionalización de Variables	44
RESULTADOS	45
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA	45
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	47
ENSAYO DEN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	48
ENSAYO DE ARQUÍMEDES	49
ANÁLISIS DE DATOS	51



DISCUSIÓN	58
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS.....	76



ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla N° 1: Compuestos principales en el Cemento Portland.....	28
Tabla N° 2: Establece las características con el tipo de norma sugerida.....	33
Tabla N° 3: Gastos de equipos.....	36
Tabla N° 4: Gastos de equipos y servicios.....	37
Tabla N°5: Costo total del proyecto.....	38
Tabla N° 6: Porcentajes de cada material en la mezcla.....	41
Tabla N° 7: Composición de mezcla con dosificación.....	42
Tabla N° 8: Cuadro de Operacionalización de variables.....	44
Tabla N° 9: Granulometría de Agregado Fino.....	45
Tabla N° 10: Granulometría de Agregado Fino de escombros.....	45
Tabla N° 11: Resistencia a la compresión	47
Tabla N° 12: Resistencia a la flexión.....	48
Tabla N° 13: Resumen de Ensayo a Flexión.....	48
Tabla N° 14: Tabla de Pesos de Probetas Patrón.....	50
Tabla N° 15: Tabla de Pesos de Probetas al 10%.....	50
Tabla N° 16: Tabla de Pesos de Probetas al 20%.....	51
Tabla N° 17: Tabla de Pesos de Probetas al 30%.....	51
Tabla N° 18: Tabla de Pesos de Probetas al 40%.....	51
Tabla N° 19: Tabla de Pesos de Probetas al 50%.....	52
Tabla N° 20: Tabla de Propiedades al 0%.....	52
Tabla N° 21: Tabla de Volúmenes de las probetas al 10%.....	53
Tabla N° 22: Tabla de propiedades al 10 %.....	53
Tabla N° 23: Tabla de Volúmenes al 50%.....	53
Tabla N° 24: Tabla de propiedades al 20%.....	54
Tabla N° 25: Tabla de volúmenes al 20%.....	54
Tabla N° 26: Tabla de propiedades al 30%.....	55
Tabla N° 27: Tabla de volúmenes al 30%.....	55
Tabla N° 28: Tabla de propiedades al 40%.....	56
Tabla N° 29: Tabla de volúmenes al 40%.....	56
Tabla N° 30: Tabla propiedades al 50%.....	57
Tabla N° 31: Tabla de volúmenes al 50%.....	57
Tabla N° 32: Tabla de los promedios de las propiedades del concreto a los distintos porcentajes.....	62



Tabla N° 33: Tabla de promedios de los volúmenes.....	63
Tabla N° 34: Tabla de comparación	64
Tabla N° 35: Tabla de ensayo a la fluidez.....	65
Tabla N° 36: Tabla de promedios de la fluidez a distintos porcentajes.....	65
Tabla N° 37: Tabla de ensayo a la resistencia de los sulfatos.....	66
Tabla N° 38: Tabla de comparaciones de pesos.....	67
Tabla N° 39: Tabla de ensayo de resistencia a la base fuerte.....	68
Tabla N° 40: Tabla de comparaciones de pesos del ensayo de resistencia a la base fuerte.....	68
Figura N° 1: Esquema de investigación.....	18
Figura N° 2: Fraguado y endurecimiento del cemento Portland.	29
Figura N° 3: Mecanismo con el cual crece la estructura de espina de C3S2H3.....	30
Figura N° 4: Resistencia depende agua/cemento en la hidratación de las partículas de cemento.....	32
Figura N° 5 Dimensiones de la probeta para el estado endurecido.....	39
Figura N° 6: Circuito de procedimiento experimental.....	39
Figura N° 7: Curva granulométrica del escombro.....	46
Figura N° 8: Curva granulométrica de arena fina.....	46
Figura N° 9: Resistencia a la flexión.....	49
Figura N°10: Promedio de las características de las probetas.....	62
Figura N°11: Promedio de los volúmenes de las probetas.....	63
Figura N°12: variación con respecto a la probeta patrón.....	64
Figura N°13: Ensayo a la fluidez.....	66
Figura N°14: Resistencia a los sulfatos.....	67
Figura N°15: Promedio de los volúmenes de las probetas.....	69
Figura N°16: Balanza.....	77
Figura N°17: Cemento Tipo I.....	77
Figura N°18: Agregado reciclado.....	77
Figura N°19: Arena Fina.....	78
Figura N°20: Mallas de Tamizado.....	78
Figura N°21: Equipo para ensayo de Granulometría.....	78
Figura N°22: Equipo para el ensayo de Flexión.....	79
Figura N°23: Equipo para el ensayo de Arquímedes.....	79
Figura N°24: Equipo para el Ensayo de Sulfatos – Bases.....	79
Figura N°25: Equipo para el ensayo de Fluidez.....	80



Figura N°26: Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	80
Figura N° 27: Rotura de probetas.....	81
Figura N° 28: Ensayo de Arquímedes.....	81
Figura N° 29: Ensayo de Arquímedes.....	81
Figura N° 30: Ensayo de Arquímedes.....	82
Figura N° 31: Realización del ensayo de NAO.....	82
Figura N° 32: Realización del ensayo de NAOH.....	83
Figura N° 33: Probetas con Fenolftaleína.....	83

RESUMEN



La presente investigación se realizó en la Universidad Privada de Trujillo, se determinó la resistencia a la compresión de probetas de concreto reciclado con parámetros controlados.

En esta investigación se explica la influencia del porcentaje y tamaño máximo nominal de concreto reciclado como sustituyente del agregado grueso, sobre la resistencia a la compresión de un concreto reciclado; a base de un cemento portland Tipo I. Los porcentajes de concreto reciclado adicionados fueron de 0%, 10%, 20 %, 30 %, 40% y 50 %, para tamaños máximos nominales del agregado grueso, y usando una relación agua/cemento de 0.56 con una resistencia de diseño de 210 kg/cm³.

Se elaboró el diseño de mezcla en base a la caracterización de los materiales del concreto según método ACI 211, en estado fresco para el concreto: se realizó el ensayo de peso unitario según ASTM C 138, densidad del concreto (expresado en kg/cm³), luego se elaboraron 36 probetas (de 15 cm de diámetro y 30 cm de alturas) y se sometieron a curado por inmersión en agua durante 28 días según ASTM C 31, luego en estado endurecido para el concreto reciclado: se realizó el ensayo de resistencia a la compresión según ASTM C 39 para la determinación de la carga que soportará este concreto (expresada en kg/cm²), el problema es que en la ciudad de Trujillo hay grandes botaderos de concretos los cuales no son reusados por el desconocimiento de los parámetros de estos materiales.

En cuanto a los resultados de esta investigación se encontró porcentaje ideal de reemplazo es de 30% de agregado reciclado, además se determinó que las propiedades de este concreto (resistencia a la compresión), varían de 283.79 kg/cm² a 281.74 kg/cm² lo cual implica una reducción de menos del 5% con respecto al concreto tradicional (probeta patrón 0%).

ABSTRACT



The present investigation was carried out at Private University of Trujillo, the compressive strength of recycled concrete samples with controlled parameters was determined.

This research explains the influence of the percentage and maximum nominal size of recycled concrete as a substituent of the coarse aggregate, on the compressive strength of a recycled concrete; based on a Type I portland cement. The percentages of recycled concrete added were 0%, 10%, 20%, 30%, 40% and 50%, for maximum nominal sizes of the coarse aggregate, and using a water / cement ratio of 0.56 with a design resistance of 210 kg / cm³.

The mix design was elaborated based on the characterization of the concrete materials according to method ACI 211, in fresh condition for the concrete: the unit weight test was carried out according to ASTM C 138, concrete density (expressed in kg / cm³), then 36 test pieces (15 cm in diameter and 30 cm in height) were prepared and subjected to curing by immersion in water for 28 days according to ASTM C 31, then in hardened state for the recycled concrete: the test was carried out compressive strength according to ASTM C 39 for the determination of the load that will support this concrete (expressed in kg / cm²), the problem is that in the city of Trujillo there are large dumps of concrete which are not reused due to the ignorance of the parameters of these materials.

Regarding the results of this research, it was found that 30% recycled concrete can be used, and it was determined that the properties of this concrete are from 283.79 kg/cm² to 281.74 kg/cm² which implies a reduction of less 5% with respect to traditional concrete (standard test tube 0%).

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Desde su invención en el siglo XIX hasta el día de hoy, el concreto ha sido y sigue siendo uno de los materiales más utilizados en el área de la construcción, convirtiéndose en uno de los materiales más comunes del mundo. Uno de los desafíos más grandes que el ser humano se plantea cada vez que usa este material es lograr alcanzar la resistencia necesaria para usarla como material principal en las construcciones. Durante mucho tiempo se viene investigando y desarrollando nuevas tecnologías para incrementar su resistencia, ya sea adicionando nuevos componentes o quitándolos. A través de la historia se ve reflejado el avance en las investigaciones; como el canal de Panamá, el rascacielos Sears Tower de Chicago y el Empire States en Nueva York, el Greenland Square en China, la Torre de Pemex en México, La Torre Burj al Arab de Dubai y el Burj Khalifa que actualmente ostenta el título del edificio más alto del mundo, son algunos ejemplos claros. Uno de los temas de investigación más importantes en los últimos años es el de encontrar un conjunto de materiales que al ser mezclados entre sí generen como resultado un concreto rígido y solido que pueda hacer frente a los impactos causados por la acción del viento y las olas del mar, así como también que sea flexible de tal manera que sea capaz de soportar los terremotos más fuertes de la historia. Si bien es cierto que existen países desarrollados en los cuales se vienen desarrollando esta área de investigación, existen aún más en vías de desarrollo que no cuentan con la calidad necesitara mínima como para poder soportar sismos de mediana a gran magnitud.

En Haití, después del terremoto que azotó ese país en el 2010, el país quedó completamente devastado por esa catástrofe, las edificaciones más sólidas quedaron destruidas incluyendo dentro de éstas las más importantes. (EL UNIVERSAL, 2010) Es así que varios especialistas trataron de buscar respuestas para contrarrestar el inmenso daño que causado por ese terremoto. Las viviendas destruidas, edificios colapsados y otras construcciones hechas a base de concreto, dejaron un panorama lleno de escombros. Estos escombros de hormigón que han quedado, junto a materias primas autóctonas, podrían ser útiles para crear un nuevo material económico y seguro destinado a la reconstrucción de las estructuras perdidas luego del fuerte terremoto. Expertos en Ingeniería y concreto viajaron y “estudiaron los métodos, herramientas y materias primas utilizadas por los trabajadores

locales para realizar las mezclas de concreto. El análisis del hormigón realizado en Haití arrojó en principio una cifra de 1.300 libras por pulgada cuadrada de resistencia mínima, cuando en Estados Unidos se exigen 3.000 libras por pulgada cuadrada. Sin embargo, se descubrió que la mezcla de materiales efectuada por los trabajadores haitianos se realizaba sin seguir los métodos prescritos profesionalmente y en forma manual, una característica que podría haber contribuido a la escasa resistencia demostrada por las construcciones locales en ocasión del terremoto.” (JAVIER, 2011)

Ecuador, abril 2016, es azotado por un fuerte terremoto de grado 7.8 en la escala de Richter dejando como saldo por lo menos unas 670 personas fallecidas donde la gran mayoría falleció como víctima del colapso de sus viviendas. “Se estima un total de 80 mil desplazados de sus viviendas a causa del terremoto. De estos, 30 mil se habrían resguardado en refugios y albergues, 15 mil lo habrían hecho en casas de acogida y el resto habría optado por la migración. En los cantones de mayor afectación, las estimaciones realizadas señalan la presencia de cerca de 120 mil niños con limitación de acceso educativo debido a que las instituciones en las que estaban inscritos sufrieron afectaciones de nivel medio o severo que las llevaron a interrumpir las actividades. Se ha estimado un número de casi 593 mil personas con limitación de acceso a la salud” (DIA, 2017) son los datos oficiales publicados en el Diario EL TELÉGRAFO de Ecuador. Un análisis a profundidad hecho por expertos revela lo siguiente: “Enrique García, ingeniero experto en sismología y estructuras sismo-resistentes, señaló que: uno de los problemas que enfrenta el Ecuador es la falta de construcciones que cumplan con las normas indicadas para enfrentar este tipo de situaciones.” (ZIBELL, 2016) El ingeniero aclara también que las construcciones son deficientes en el grado de usar materiales inadecuados y no cumplir con las normas mínimas, siendo uno las principales causas de la deficiencia seguridad estructural de las viviendas.

México, setiembre 2017, recibe la furia de la naturaleza al presenciar con 2 poderosos terremotos en menos de tres semanas. Los daños son múltiples y los fallecidos son más de 400 personas y un total de 12 millones de personas damnificadas. (MARTÍNEZ, 2017). “En total, los dos temblores han dejado 180 mil 731 viviendas con daños en ocho estados, de las cuales 50 mil 610 tienen

daño total; esto es, el 28%. Asimismo, 127 mil 497 viviendas tuvieron daños parciales, y se realizaron 2 mil 642 reubicaciones.” (URESTE, 2017). Gran cantidad de “edificios fueron destruidos en la ciudad: nuevos y antiguos; comerciales y residenciales.” (BUCHANAN, LEE, PEÇANHA, & LAI, 2017). Cerca de 250 000 personas quedaron sin hogar. Se deja ver la deficiencia de las construcciones y su mala calidad para soportar los embates de la naturaleza.

En el Perú, el proceso constructivo sigue siendo de manera experimental. Las personas prefieren construir sus viviendas de manera que solo lleguen a soportar las cargas verticales, pero no toman en cuenta el aspecto sísmico. Según la Cámara Peruana de la Construcción, el 80% de casas en el Perú son autoconstruidas. “Lo que está sucediendo es que se opta por edificar en lugares inapropiados y con materiales poco convenientes, como ladrillos panderetas, por ejemplo. Además, se emplea poco fierro”, afirma José Sato Onuma, arquitecto e investigador de Predes.

En Lima, “Más del 60% de las viviendas están autoconstruidas con materiales precarios.” dice el geólogo Patricio Valderrama. (FALEN, 2017) No solo es la mala calidad de los materiales a utilizar, sino también el mal conocimiento sobre la utilización de estos. Uno de los mayores problemas es el uso del ladrillo pandereta como ladrillo de resistencia a cargas siendo su uso solo de manera arquitectónica. El concreto utilizado mayormente es pésima calidad debido a la búsqueda incesante para aminorar los costes de construcción de la vivienda. El arquitecto de la Universidad de Ciencias y Artes de América Latina (UCAL) Rudolf Giese asegura que en Lima el 70% de las viviendas carece de garantías para soportar un sismo. La ciudad de Lima no está preparada para hacer frente a un terremoto de gran magnitud, según el alcalde de Lima, Luis Castañeda Lossio. (CHIAPPE, 2015).

En la ciudad de Trujillo, según la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), el 75% de las casas fueron autoconstruidas. Según los especialistas, al primar la informalidad en las edificaciones, se incrementa aún más la vulnerabilidad de registrarse cuantiosos daños para la ciudad en un eventual sismo. “Nuestro gran problema es que tenemos la cultura de la ‘autoconstrucción’, es decir, que muchos contratan maestros de obra y no

buscan un ingeniero civil para que desarrolle su proyecto. Ellos (maestros de obra) no tienen los sistemas de construcción adecuados, ni los cálculos de las estructuras y materiales. Eso (la edificación), en un movimiento sísmico, se viene abajo” dijo el decano del Colegio de Ingenieros de La Libertad, Luis Mesones Odar. (BLAS, 2017)

En nuestro país, la entidad reguladora que se encarga de controlar este sector de la construcción es el Ministerio de Vivienda y construcción, y la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). Se están realizando estudios como, por ejemplo:

(RUIZ, 2015) Encontró que las fibras metálicas aumentan moderadamente la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del concreto. Cuando se utiliza la adición de fibra de 30 kg/m^3 , la contribución de las fibras fue más evidente que para la adición de 15 kg/m^3 , con aumentos del 26% en la resistencia a la compresión y del 22% en el módulo de elasticidad, en relación con el Mezcla de hormigón convencional. Para los cilindros construidos con la mezcla FC1, la resistencia a la compresión aumentó en un 11% y el módulo de elasticidad fue casi el mismo que para los cilindros construidos con la mezcla CC.

(JORDAN, 2014), Encontró que la variación de la resistencia a la compresión del concreto estará en función a los distintos porcentajes utilizados de agregado de concreto reciclado. La mezcla con un aporte de 25% de agregado de concreto reciclado demuestran que se tiene un incremento de la resistencia a la compresión de manera ascendente y homogéneo, sin embargo, los gastos operativos en la producción del mismo son más elevados en comparación con la utilización del 50% de agregado de concreto reciclado debido a que en esta proporción genera mayor uso de agregado grueso natural. La mejor proporción es de 50% de reemplazo con concreto reciclado. El uso de agregado de concreto reciclado en la preparación de concreto genera la utilización de mayor cantidad de agua debido a que este agregado presenta mayor capacidad de absorción por la porosidad de partículas producto del mortero adherido.

(ASENCIO, 2014) Encontró que la resistencia a la compresión del concreto f'_c

= 210 kg/cm² con agregado de concreto reciclado de pavimento reciclado es 15.49% menos que el concreto elaborado con agregados naturales a los 28 días, cumpliendo con los requerimientos de las normas E030, E060, E020 y E050. La sustitución del 20% y 40% presentan propiedades mecánicas similares a la del concreto patrón, eligiéndose trabajar con el 40%. El concreto con una sustitución del 40% y 20% de agregado son más favorables para trabajar con elementos estructurales de viviendas no mayores a 2 pisos, mientras que los porcentajes de 60% y 80% pueden emplearse en obras de concreto simple.

(CASTILLO, 2011) Encontró que análisis de resistencia a la compresión arrojó mejores resultados a los 28 días para micro hormigón elaborado a partir de arcilla sedimentaria y calcinada (AS-900). A esta edad, el aumento de la resistencia a la compresión en esta mezcla, debido a la reacción puzolánica, fue aproximadamente del 40% en relación con el sistema de relleno, que se comporta como un material relativamente inerte y contiene la misma cantidad de cemento.

La resistencia a la compresión es un tema ampliamente investigado, desde su obtención por medio de materiales convencionales hasta su obtención mejorada mediante uso aplicativo de resultados de investigación. Ya sea usando cartón, plástico u otro tipo de material reciclado, hasta materiales especiales como microfibras de sílice, el tema principal es siempre lograr una resistencia a la compresión que pueda compararse a la obtenida con materiales convencionales. Diversas investigaciones muestran que es posible obtener resistencias similares a la obtenida con materiales convencionales inclusive pueden superar con creces a ésta. En Malasia para la construcción de su edificio emblema, tuvieron que recurrir al uso de adiciones de micro sílice para la obtención de concreto ligero de altas resistencias que superaban con gran facilidad los 350 kg/cm².

Son diversas las empresas que se encargan de realizar investigaciones para encontrar diversos tipos de aditivos que aumenten o logren alcanzar la resistencia a la compresión adecuada. SIKA es una empresa reconocida mundialmente ya que cuenta con diversos tipos de aditivos no solo para mejorar la resistencia mecánica del concreto, sino que también entra en otras

áreas de la construcción. CHEMA es una de empresa competencia de la mencionada anteriormente que se encuentra laborando en el mismo ámbito. QSI (Química Suiza Industrial) es una empresa competente que tiene influencia no solo en la construcción sino en otras áreas industriales, cabe añadir que es competencia directa de las anteriores mencionadas.

Las construcciones hoy en día, especialmente en los países en vías de desarrollo como lo es el nuestro, son muy deficiente en cuanto a calidad. Según CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción): en Lima anualmente se construyen 30 mil casas de manera informal. (SANDOVAL, 2016). Es una cifra alarmante pues al hacerlas de manera informal están exponiendo sus vidas viviendo en casas que son una bomba de tiempo. El 28 de octubre de 1746, 10:30 pm, Lima fue sacudida por un gran terremoto con una magnitud de 8.8 grados teniendo una duración entre 3 y 4 minutos. A pesar que han transcurrido casi 3 siglos El Dr. Hernando Tavera del IGP, menciona lo siguiente: "De acuerdo al estudio de 'Escenarios por sismo, tsunami y exposición en la región central del Perú' del Instituto Geofísico del Perú (IGP), si se repitiera un sismo de la magnitud de 8.5 u 8.8 grados como el que ocurrió en 1746 en Lima, este terremoto afectaría a 701 distritos, 3'770,671 viviendas y a más de 14'368,247 personas en la zona costera de la región central del país" (HERNANDEZ J. , 2017). Las consecuencias, si ocurriera un terremoto de esa magnitud, se ven directamente relacionadas a lo que mencionado anteriormente por CAPECO.

Analizando de manera detenida podemos encontrar varios aspectos para explicar este acto de informalidad. La calidad se ve deficiente debido al desconocimiento o a la mala práctica en el proceso constructivo, ya sea usando materiales de mala calidad o usándolos de manera incorrecta, y practicando el empirismo en las construcciones de sus viviendas.

Cuando hablamos del tema de los materiales normalmente estamos refiriéndonos a la calidad de éstos. Agregados de mala calidad, mezclados con impurezas orgánicas e inorgánicas que afectan a las propiedades mecánicas del concreto, agregados gruesos que se desboronan al frotar unos con otros. El uso de cemento hidratado que ya no cumple al 100% con su función como pasta ligante. Estos son algunas características que no cumplen

con los estándares mínimos establecidos por el RNE.

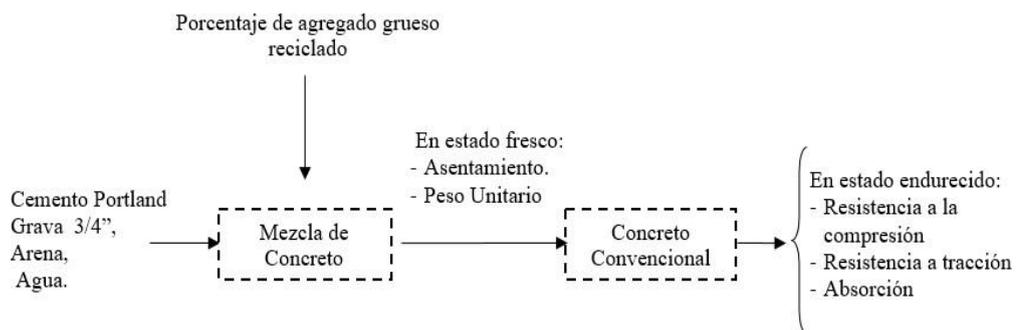
El especialista encargado de construir la vivienda es otro factor a tomar en cuenta cuando hablamos de calidad. Al ser de carácter informal, los especialistas también son informales, dicho de otra manera, son personas que aprendieron la labor de constructores mediante experimentación casera, que no se basan en ningún tipo de reglamento, sino que solo utilizan el empirismo en sus construcciones.

Otro factor importante es el especialista en el diseño de planos. El Perú tiene deficiencia en calidad de viviendas, no porque no existan especialistas que puedan abarcar esta área sino, porque los ciudadanos se preocupan más por el tema económico que por la seguridad, siendo los mismos constructores no especializados en su área quienes diseñan las viviendas conforme van construyéndolas. Es por ello la explicación a la cifra alarmante que menciona el IGP ante un evento sísmico de esa magnitud.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es la influencia del concreto reciclado usado como agregado grueso sobre la resistencia, compresión y tracción de elementos estructurales?

Figura N° 1: Esquema de investigación



1.3. Justificación.

En la actualidad la necesidad de poder diseñar y ejecutar edificaciones más resistentes y realizar proyectos con el menor error posible genera los altos costos en el presupuesto tanto en las sobre cimentaciones y más aún en las cimentaciones las cuales en su mayoría requieren de mucho material específicamente CONCRETO, este material en grandes cantidades significa un costo bastante considerable; además este material en los últimos tiempos se ha visto el incremento de la temperatura global debido a un problema el cual es el calentamiento global producido por el uso desmedido de materiales que producen diversos agentes contaminantes. Es por eso que en los últimos años aumento la preocupación lo cual esta originado diversas propuestas que tienen como principal objetivo reducir el nivel de contaminación ambiental. Muchos de nosotros sabemos que el planeta verde que conocíamos está desapareciendo y dando paso a enormes bloques de concreto que con el paso del tiempo y la globalización están ocupando cada vez más porcentaje de territorio dando consigo la destrucción de diversos bosques lo cual incrementa de manera desmedida el impacto ambiental de manera negativa es por eso que se plantea: sabemos que al momento de hacer edificios se requiere del empleo de muchas maquinarias las cuales consumen de manera desmedida diferentes tipos de combustible es por eso que sería conveniente hacer edificios con materiales prefabricados utilizando como componentes acero y concreto reciclado para los bloques, de esa forma reduciremos costos en mano de obra y en materiales.

La mayoría de las edificaciones de concreto al momento de su reemplazo los materiales no son reutilizables es por eso por lo que se busca reusar este material como un componente del nuevo concreto para reducir el costo de materias primas; reducir el impacto ambiental, etc.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

- Determinar la resistencia a la compresión de probetas de concreto reciclado con parámetros controlados.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la proporción ideal de cada componente; principalmente la del concreto reciclado, fabricando probetas para la determinación de este.
- Determinar si el nuevo concreto es ideal para construcciones que requieren alta resistencia a través de probetas normalizadas y cuantificadas.
- Comparar la mejor proporción del nuevo concreto con el concreto tradicional, para así determinar la cantidad de aditivos a agregar a la nueva para la mejora de sus propiedades y características.
- Determinar y analizar en función de la granulometría (concreto reciclado) la resistencia mecánica y las mejoras en las propiedades y características del nuevo concreto.

1.5. Antecedentes.

1.5.1. Título: “ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO RECICLADO DE OBRA.”

(JORDAN, 2014), Conocer los procesos de variación del comportamiento estructural del concreto, elaborados con diferentes porcentajes de agregados gruesos reciclados, para su respectiva utilización, determinando las resistencias a la compresión. Se realizó una inspección y evaluación de las áreas influenciadas por el problema planteado recopilando todos los datos necesarios que permitan efectuar un buen análisis e interpretación de los resultados, para así obtener un diseño de mezclas adecuados para dar un buen uso al

concreto reciclado, se realizaron los ensayos a los agregados utilizando primordialmente el agregado de concreto reciclado de obra para calcular el Diseño de Mezcla de acuerdo con el Método de Diseño del Comité 211 del ACI. La mezcla con un aporte de 25% de agregado de concreto reciclado según los resultados, demuestran que se tiene un incremento de la resistencia a la compresión de manera ascendente y homogéneo, sin embargo, los gastos operativos en la producción de este son más elevados en comparación con la utilización del 50% de agregado de concreto reciclado, debido a que en esta proporción genera el uso de mayor cantidad de agregado grueso natural.

Este estudio aportará un análisis adicional ya que se estableció el porcentaje más adecuado para una mayor resistencia a la compresión utilizando concreto reciclado, y servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resistencia del concreto.

1.5.2. Título: “CONCRETE WITH RECYCLED AGGREGATES AS URBAN SUSTAINABILITY PROJECT”

(BEDOYA, 2015) Determinar las resistencias al esfuerzo de la compresión a edades de 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días del CAR, así como su comportamiento ante agentes atmosféricos por medio de ensayos de porosidad, absorción y carbonatación, para predecir su durabilidad. Se confeccionaron muestras cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, que luego fueron sumergidos en un tanque de curado con agua saturada de cal, a una temperatura de 23 ± 3 °C, cuyas muestras se llevaron a la prensa hidráulica para determinar su resistencia al esfuerzo de la compresión a edades de 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días. Se realizaron los ensayos a compresión de las muestras para determinar las curvas tiempo vs resistencia para observar la influencia del tiempo en la resistencia del hormigón a 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días en sustituciones de agregados naturales por agregados reciclado-gruesos y finos en porcentajes del 25 %, 50 % y 100 %, y, además que nos dio un indicativo de la resistencia media del hormigón para cada edad. Se determinó que este tipo de concreto puede ser sus 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. Este estudio aportará un análisis adicional ya que se estableció una relación entre la resistencia a la compresión y el tiempo, servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resistencia del concreto.

1.5.3. Título: “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO”

(PEREZ, 2018) Determinar las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado, para valorar su posible utilización como material de base o subbase. Se prepararon especímenes de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura para la prueba de módulo de resiliencia; con tiempos de curado de 0, 1, 7, 15, 30, 60 y 90 días.

Se determinaron módulos de resiliencia, los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante (c y ϕ) y también las pruebas de deformación permanente a 20 000 y 250 000 ciclos. El agregado de concreto reciclado mostró tener módulos de resiliencia ligeramente mayores a los del agregado tradicional. En las pruebas de deformación permanente, se observó que el concreto reciclado muestra deformación resiliente menor que el agredo tradicional, lo que se traduce en módulos de resiliencia mayores. También, las pruebas de resistencia al esfuerzo cortante mostraron que la cohesión del agregado de concreto reciclado se incrementa ligeramente con el tiempo de curado; el ángulo de fricción interna no presenta un cambio importante.

Esta investigación aportará un importante adicional ya que encontró que el concreto reciclado es muy similar al concreto convencional en términos de resiliencia, y servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resiliencia en el concreto.

1.5.4. Título: "EFECTO DE LOS AGREGADOS DE CONCRETO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SOBRE EL CONCRETO $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ "

(ASENCIO, 2014) Determinar el efecto de los agregados de concreto reciclado en la resistencia a la compresión sobre el concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Se realizó un total de 48 probetas de las cuales 18 probetas eran con agregado natural y 30 con agregado reciclado para ser ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días.

El concreto elaborado con agregados de concreto reciclado fue relativamente más económico en un 6.5% que el concreto elaborado con agregados naturales, al utilizar la misma relación a/c y cantidad de cemento. Vale recalcar que los costos de ambos concretos se calcularon con un coeficiente de desperdicio de 1.15. Para llegar a la resistencia requerida, ($f'c=210\text{kg/cm}^2$), del concreto elaborado con agregados de concreto reciclado, se necesita 1 bolsa/ m^3 más de cemento, lo cual hace que el costo sea 2.8% más caro que el concreto elaborado con agregados naturales. El concreto elaborado con agregado de concreto reciclado de pavimento rígido de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ resiste un 15.49% menos que el concreto elaborado con agregados naturales a los 28 días. El concreto elaborado con agregado de concreto reciclado de pavimento rígido de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ es más liviano en 147 kg/m^3 que el concreto elaborado con agregados naturales. La deformación y módulo de elasticidad del concreto elaborado con agregados de concreto reciclado es menor en 18.7% y 12.98% respectivamente que del concreto elaborado con agregados naturales a los 28 días.

Para llegar a la resistencia requerida del concreto elaborado con agregados de concreto reciclado, se necesitó 1 bolsa/ m^3 más de cemento, lo cual hace que el costo sea 2.8% más caro que el que el concreto elaborado con agregados naturales. El concreto elaborado con agregados de concreto reciclado es relativamente más económico en un 6.5% que el concreto elaborado con agregados naturales.

El reciclaje de concreto para fabricar agregados y sustituir al natural es

una práctica que debe empezar a realizarse a la brevedad posible en Cajamarca, ya que la disponibilidad de canteras de materiales pétreos de origen aluvial es cada día más escasa.

1.5.5. Título: “PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO PRE- TRATADO”

(HERNANDEZ B. 2016) Evaluar las propiedades físicas y mecánicas asociadas con el comportamiento de durabilidad del concreto elaborado con agregado gruesos reciclado tratados superficialmente con sellador base polímero. Se diseñó mezclas para la elaboración de probetas de concreto para cada tipo de agregado grueso reciclado tratado, asimismo para la elaboración de vigas armadas. Se realizaron los ensayos a la compresión y se obtuvieron una tabla resumen, también se obtuvo, del ensayo de carbonatación, la gráfica de las curvas de la profundidad de carbonatación. El agregado reciclado sin tratar presento una absorción de 9.5%, disminuyendo luego de su uso con tratamiento de sellador. Los agregados reciclados tratados pueden ser considerados como agregados para concretos convencionales. El tratamiento con sellador Estiren-Acrílico incrementa la resistencia a la compresión en 8%. Este estudio aportará nuevas maneras de lograr que el uso del concreto reciclado sea más eficiente, a su vez que amplía de su uso.

1.5.6. Título: “INFLUENCIA DEL CONCRETO RECICLADO EN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN MODELO DE VIVIENDA ECONÓMICA CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA - NUEVO CHIMBOTE, 2017”

(LARA, 2017), Determinar la influencia del concreto reciclado en el comportamiento estructural de un modelo de vivienda económica con muros de ductilidad limitada - Nuevo Chimbote, 2017.

Se realizó el diseño de mezcla $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ con concreto reciclado en sustitución del 20%, 40%, 60% y 80% de agregado reciclado. Se realizaron los diferentes ensayos mecánicos de todas las muestras

para determinar el mejor porcentaje de reemplazo de agregado grueso. La influencia del concreto reciclado, en el diseño de una vivienda económica con muros de ductilidad limitada, influyó positivamente, cumpliendo con los requerimientos de las normas E-030, E-060, E-020 y la E-050. También se encontró que el análisis de costo unitario del concreto usado en la investigación con el 40% es un 0.0253 % más económico que un concreto convencional, La diferencia económica no es mucha, pero se contribuirá grandemente con el medio Ambiente creando viviendas de calidad para las personas de bajos recursos.

Este estudio aportará un análisis adicional ya que se estableció el porcentaje más adecuado para una mayor similitud del concreto convencional y el nuevo utilizando concreto reciclado, y el precio de construcción de una vivienda; y servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resistencia del concreto.

1.5.7. Título: “ESTUDIOS SOBRE EL CONCRETO HECHO DE MATERIALES RECICLADOS PARA LA SOSTENIBILIDAD”

(SAHOO, 2016) Investigar la relación entre a/c con la resistencia a la compresión del concreto RCA considerando la edad y el número de reciclaje y estudiar el comportamiento del concreto RCA con respecto a la absorción de agua capilar, contracción por secado, contenido de aire, resistencia a la flexión y resistencia a la tracción. Se examina el efecto de SF en la resistencia a la compresión, a la flexión y a la tracción del hormigón endurecido; preparando siete mezclas de concreto usando cemento de escoria Portland (PSC) parcialmente reemplazado con SF que varía de 0 a 30%.

Se obtuvo la resistencia a la compresión, la contracción por secado y la prueba de absorción de agua capilar del concreto endurecido y la prueba de contenido de aire del concreto fresco. La resistencia a la compresión del concreto preparado a partir de un agregado más antiguo (2 años, RC-2) es menor en comparación con RC1 (1 año de edad). La reducción de la resistencia a la compresión fue de

aproximadamente 6%. La reducción en la resistencia a la compresión fue probablemente una cantidad mayor de mortero poroso adherido que reduce significativamente la resistencia del agregado. Estas nuevas investigaciones hechas en la India nos muestran el interés y nos brindan mayor conocimiento sobre el comportamiento del concreto reciclado dentro del uso del concreto convencional.

1.5.8. Título” CONCRETO AGREGADO RECICLADO DE ALTO RENDIMIENTO INCORPORACIÓN DE MICRO SILICE Y FIBRA MACRO SINTETICA”

(AHIBOLA ISMAIL, 2016) Desarrollar un concreto de alto rendimiento (HPC) utilizando agregados gruesos reciclados como sustituto del agregado grueso natural, macro fibra sintética y aditivo mineral (micro sílice) con el fin de mejorar las propiedades de ingeniería del concreto agregado reciclado. Se elaboraron mezclas con relación a/c constante, incorporando Microsílice hasta en un 20% del contenido de cemento a intervalos de 5%. Se obtuvieron los resultados de la resistencia a la compresión para realizar la tabla comparativa resumen. La incorporación de 15% de microsílice con 50% de fracción de áridos gruesos reciclados produjo una resistencia al cubo compresivo de 28 días que excede las características y la resistencia media a la compresión del cubo objetivo de la mezcla de control que son 50MPa y 63.1MPa respectivamente. Este aporte ayudará a la comunidad presentando nueva información en el área.

1.5.9. Título: “CHLORIDE CORROSION OF EMBEDDED REINFORCED STEEL ON CONCRETE ELABORATED FROM RECYCLED COARSE AGGREGATES AND SUPPLEMENTARY CEMENT MATERIALS”

(CORRAL, 2013) Determinar la influencia del uso de concreto reciclado (RCA) y materiales complementarios de cemento en el ensayo de corrosión por cloruro del acero reforzado empotrado. Se elaboraron cuatro series de muestras utilizando material de cemento y agua de 0.48 ratios: a) series de referencia elaboradas a partir de

agregados naturales (NA) y 100% de Cemento Portland (PC) Tipo I de acuerdo con ASTM C150; b) series compuestas de agregado grueso y 100% PC; c) serie elaborada a partir de RCA basto y 30% de FA como reemplazo parcial de PC y; al final d) serie fabricada de RCA basto y 10% SF como reemplazo parcial de PC. Resistencia a la compresión, resistividad eléctrica, la resistencia de transferencia de carga y la resistencia a la permeabilidad del cloruro iónico son los parámetros que se determinaron a partir de las muestras de prueba resultantes. La mezcla utilizada para evaluar el efecto de RCA en la resistencia a la compresión (RCA 100% PC) desarrolló resistencias de 26, 28 y 32 MPa a los 28, 90 y 180 días de curado, respectivamente. Representando pérdidas de resistencia de 13, 15 y 10%, respectivamente. De los resultados obtenidos se concluye que el concreto elaborado con un 100% de áridos gruesos reciclados y materiales complementarios de cemento mejora su comportamiento en lo que se refiere a la resistencia y durabilidad, en comparación con el concreto convencional. Esta investigación aportará un importante adicional ya que encontró que el concreto reciclado es muy similar al concreto convencional en términos de resistencia y durabilidad, y servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como lo es la resistencia a la corrosión y durabilidad en el concreto.

1.6. Bases Teóricas.

1.6.1. CEMENTO

El cemento Portland es indudablemente el aglutinante más ampliamente usado en la manufactura del concreto. Pero se tiene en cuenta que un contenido de C3A superior al 10% puede provocar problemas de mala retención de la trabajabilidad.

Los componentes químicos para la obtención del cemento Portland se expresan por el contenido de óxidos, estos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de éstos del 95% al 97%. Durante la calcinación (1400° C - 1550° C) en la fabricación del clinker de cemento Portland estos óxidos se combinan entre sí dando un producto granular complejo.

1.6.2. CONSTITUYENTES DEL CONCRETO

El Concreto autocompactante (Hormigón autocompactante) contiene básicamente los mismos componentes que el hormigón convencional vibrado (cemento, áridos, agua, adiciones y aditivos), sin embargo, posee una clara diferencia en la composición final de la mezcla. En comparación con el hormigón convencional, la mezcla de hormigón autocompactante tiene un alto volumen de adiciones, mayor contenido de superplastificante, menor contenido de árido grueso, y menor tamaño máximo de árido. Estas modificaciones en la composición de la mezcla influyen sobre el comportamiento del hormigón en su estado fresco, pero también en el estado endurecido y en sus propiedades mecánicas.

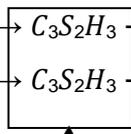
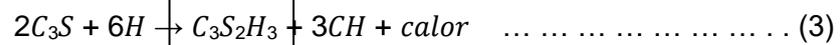
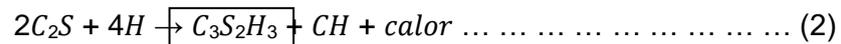
Nombre del Componente	Fórmulas			Mineral	Densidad kg/m ³	Velocidad de Hidratación	Conten. % peso
	Componente	Oxido <u>equival.</u>	Corta				
Silicato tricálcico	CaO·Ca ₂ SiO ₄	3CaO·SiO ₂	C ₃ S	Alita	3150	Media	55
Silicato dicálcico	Ca ₂ SiO ₄	2CaO·SiO ₂	C ₂ S	Belita	3280	Lenta	20
Aluminato tricálcico	2CaO·Ca(AlO ₂) ₂	3CaO·Al ₂ O ₃	C ₃ A	Aluminato	3030	Elevada	
Aluminoferrita tetracálcica	CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃		C ₄ AF	Ferrita	3770	Media-baja	
Sulfato de calcio hidratado	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaO·SO ₃ ·2H ₂ O	CSH ₂	Yeso	2320	Muy elevada	3.5
Oxidos alcalinos	K ₂ O, Na ₂ O, CaO						1.5

Tabla N° 1: Compuestos principales en el Cemento Portland

Cuando el cemento Portland es mezclado con el agua (H₂O = H), este los hidrata formando la pasta de cemento endurecida. Todos los cementos endurecen por reacción, no por secado y de hecho es importante mantenerlos húmedos hasta que alcance la dureza requerida. La primera reacción es rápida, ocurriendo en las primeras 4 horas, y causa el fraguado del cemento. Esta es la hidratación del C₃A.



La segunda es más lenta y causa que el cemento endurezca. Esto es la hidratación de C₂S y C₃S para formar el gel de tobermorita que es el principal material de unión, el cual ocupa el 70% de la estructura.



Gel tobermorita

El Gel de Tobermorita es $(CaO)_3(SiO_2)_2(H_2O)_3 = C_3S_2H_3$

La estructura del cemento y las maneras en las cuales se forma son realmente marcadas. El polvo de cemento angular es mezclado con agua (Fig. N°06). Dentro de 15 minutos la reacción (ec.1) cubre los granos con una envoltura gelatinosa de hidrato (C3AH6). Los granos son enlazados en sus puntos de contacto por estas envolturas formando una red de enlaces débiles, los cuales causan una pérdida de plasticidad.

Los enlaces son fácilmente rotos por la agitación, pero nuevamente se forman rápidamente. El endurecimiento (ec. 2 y ec.3) se inicia después de las tres horas, la capa de gel desarrolla finas protuberancias densamente compactas en forma de barras que irradian semejantes a las espinas de los erizos de mar de los granos individuales de cemento. Estas espinas son las C3S2H3 de la segunda serie de reacciones. A medida que la hidratación continúa las espinas crecen penetrando gradualmente la región entre los granos de cemento. La red interconectada de agujas finalmente se consolida en una masa rígida.

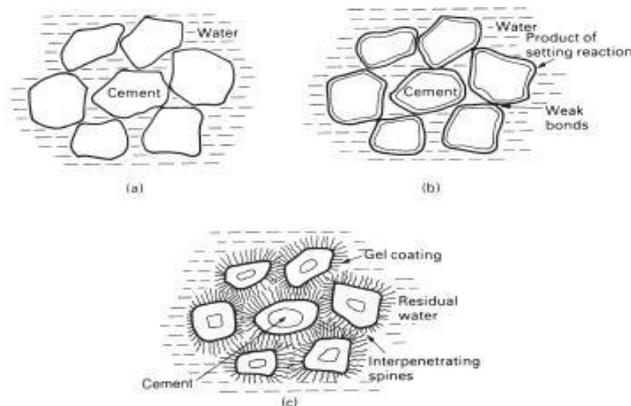


Figura N° 2: Fraguado y endurecimiento del cemento Portland.
 (a) los granos de cemento son mezclados con el agua, H.
 (b) la reacción del fraguado otorga un enlace débil.
 (c) endurecimiento.

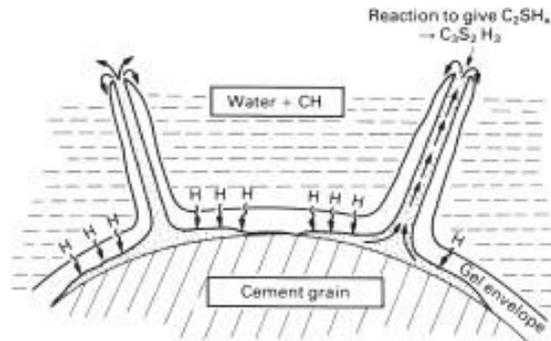


Figura N° 3: Mecanismo con el cual crece la estructura de espina de C3S2H3.

En la molienda final, el clinker de cemento Portland es generalmente mezclado con cerca de 2 a 4% en masa de Sulfato de Calcio ya sea en la forma de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) o anhidrita (CaSO_4). Este compuesto es introducido principalmente para controlar la extremadamente rápida hidratación del C3A mediante la formación de etringita (Trisulfoaluminato de Calcio). El hemihidrato tiene una velocidad de solubilidad mucho más grande que la del yeso. Cantidades excesivas de hemihidrato pueden llevar a un falso fraguado; sin embargo, es bueno tener en el cemento un poco de hemihidrato porque algunos SO_3 necesitan ir dentro de la solución rápidamente para controlar la hidratación del C3A.

a) Agua

Al igual que en la elaboración de los hormigones convencionales el agua de amasado del hormigón autocompactable para que sea apta debe de estar limpia y encontrarse libre de impurezas para no producir alteraciones en la hidratación del cemento, retrasos en el fraguado y en su endurecimiento, ni permitir reducciones en sus resistencias o afectar su durabilidad.

Su misión, aparte de la hidratación del cemento y de los demás componentes activos, es de actuar como lubricante haciendo que la masa en estado fresco sea trabajable y también la de crear espacios en la pasta para albergar los productos resultantes de la hidratación del cemento.

Por regla general las aguas que son inodoras, incoloras e insípidas y que no forman espumas o gases cuando son agitadas, pueden ser

utilizadas como aguas de amasado para el hormigón. Sin embargo, deberán evitarse aquellas aguas que contengan azúcares, taninos, materia orgánica, aceites, sulfatos, sales alcalinas, gas carbónico, así como productos procedentes de residuos industriales.

b) Agregados

Los áridos normalmente usados para producir un hormigón convencional satisfactorio. Lo ideal es utilizar agregados bien graduados.

Los agregados ocupan mayoritariamente el mayor volumen de los componentes de hormigón y afecta profundamente el performance de hormigón, tanto en el estado fresco y endurecido.

Cuando se incrementa la cantidad de agregado grueso, la fluidez y compactibilidad disminuye a medida que aumenta la fricción interna entre los agregados. La fluidez disminuye a medida que el tamaño máximo del agregado grueso aumenta por ello se restringe su tamaño a un máximo de 20 mm.

Grandes cantidades de agregado fino bajan la compactibilidad a medida que el espesor de la pasta de cemento que envuelve a los finos disminuye. Así mismo se debe realizar un monitoreo de sus humedades para lograr una calidad constante, ya que este influye en la cantidad de agua neta dentro de la mezcla.

En el concreto es adecuado un empaquetamiento denso para evitar presencia de vacíos excesivos que afectan perjudicialmente debilitando al concreto y permitiendo la penetración del agua (lo cual si se congela entonces causará fisuración). La mejor manera para conseguir el empaquetamiento es clasificando el agregado.

1.6.3. CURADO DEL CONCRETO

El curado tiene por objeto evitar un secado prematuro, especialmente bajo la acción de los rayos del sol y del viento.

La protección tiene por objetivo evitar la lixiviación por las aguas pluviales y las corrientes de agua, el enfriamiento demasiado rápido

durante los primeros días después de la ejecución, evitar diferencias importantes de temperaturas internas, baja temperatura o gel, vibraciones y choques que puedan dislocar el concreto, o dañar su adherencia al refuerzo.

Uno de los estudios para obtener un concreto con resistencia requerida de acuerdo con el diseño es el curado convencional, el cual consta en que después del desmolde se lleva a una cámara donde es sumergido con agua saturada en cal por periodos de 3, 7, 28 días para luego ser evaluados en los ensayos.

En el concreto industrializado encontramos un tipo de curado que nos ayuda a acelerar el proceso de hidratación y por ende la resistencia para cual fue diseñado, para esto se hará la siguiente evaluación en las siguientes secuencias y reacciones.

Ecuación de la hidratación del cemento:

Portlandita



Silicato de calcio hidratado

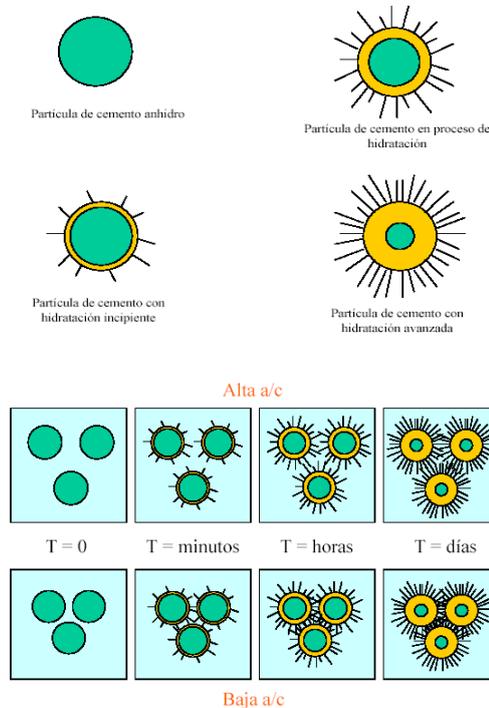


Figura N° 4: Resistencia depende agua/cemento en la hidratación de las partículas de cemento.

1.6.4. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo $f'c$. Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas especímenes de mortero o de concreto.

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO							
	NTP	AÑO	ASTM	AÑO	AASHTO	AÑO	MTC	AÑO
Esfuerzo a Compresión de Muestras Cilíndricas de Concreto.	339.034	2001	C-39	2004	T-22	2005	MTC E- 704	2000

Tabla N° 2: Establece las características con el tipo de norma sugerida.

Observaciones: en cuanto a los valores obtenidos, IMCYC (instituto mexicano del cemento y concreto) sugieren que las probetas a ensayar de muestras cilíndricas deben cumplir con el doble del diámetro como también el diámetro del cilindro utilizado en la evaluación de concreto industrializado debe ser como mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se empleen en el concreto.

1.6.5. RECICLAJE

Cuando ciertas estructuras hechas de concreto son demolidas o renovadas, el reciclaje de concreto es un método cada vez más común para reutilizar los escombros resultantes. El concreto solía ser transportado hasta vertederos para deshacerse de él, pero su reciclaje tiene un número de beneficios que lo ha hecho una opción más atractiva en esta época de conciencia medioambiental, leyes medioambientales, y el deseo de mantener los costes de las construcciones lo más bajos posibles.

El árido de cemento recolectado tras la demolición se introduce en una

moledora. Las unidades de molido aceptan únicamente trozos de cemento sin contaminar, es decir, que deben estar libres de basura, madera, papel, y otros materiales similares. Los metales como los usados en el forjado son aceptables, ya que pueden ser eliminados gracias a electroimanes y otros sistemas de separación, tras lo que son fundidos para su reciclaje en otras instalaciones. Los remanentes de los bloques de cemento se ordenan por tamaño. Los trozos más grandes pueden ser reconducidos a la máquina. Tras llevar a cabo del molido, las partículas son filtradas por varios métodos distintos, incluyendo la selección a mano y la flotación.

1.6.6. CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS

El uso de agregados reciclados, en la elaboración de concreto, permitirá solucionar entre otros:

- Problemas de contaminación ambiental, por material de demolición.
- Ahorros económicos, pues se reducirán los costos de transporte (acarreo); menor consumo de combustible entonces menor producción CO₂.
- Ahorro de energía, debido a una menor explotación de canteras y lechos de dominio público
- Menor consumo de materiales no renovables.

1.7. Definición de términos básicos.

Agregado Reciclado: se ha convertido en una nueva fuente de agregados para su uso en el sector de la construcción, disminuyendo así los impactos en el medio ambiente y en la extracción de materia prima no renovable. Además de contribuir con la resistencia del concreto. El agregado reciclado contribuye a mejorar las demás propiedades del concreto. (Acosta, M. 2018)

Resistencia a la compresión: capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se emplean

fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada ($f'c$) para una estructura determinada. (CEMEX. 2019)

Concreto: “Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (Norma E060).

Granulometría: “Distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices” (Norma ASTM C 136).

Resistencia a la flexión: es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón). La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 o ASTM C293. (CivilGeek. 2011).

Parámetros controlados: representan la cantidad adecuada que se necesita para poder obtener algo, en este caso la proporción óptima del agregado reciclado.

1.8. Formulación de la hipótesis.

El incremento de concreto reciclado como agregado grueso mejorará la resistencia a la tracción y compresión de los elementos estructurales.

Los agregados ayudan a una mejor resistencia mecánica es por eso que los agregados provenientes de la demolición de concreto , se pueden emplear como agregados gruesos en la fabricación de nuevos concretos pero considerando su módulo de finura; es decir evitando que sean muy gruesos para así cumplir con la propiedad del incremento en la resistencia a medida que disminuye el tamaño máximo del agregado se debe a una reducción en los esfuerzos de adherencia debido al aumento de la superficie específica de las partículas.

II. MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1. Material:

a) Materiales:

- Laboratorio de Concreto – UPRIT
- Biblioteca de Ingeniería de la UPRIT.
- Hemeroteca de las Escuelas de Ingeniería Civil.

CLASIFICADOR DE GASTOS	NOMBRE Y CARACTERÍSTICA TÉCNICA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Máquina de ensayo de Compresión, 2000 KN, ELE Internacional, ADR 2000 BS	01	Equipo	32,800.00	32,800.00
	Maquina Tamizadora Rotap, ELE Internacional	01	Equipo	4,000.00	4,000.00
	Balanza electrónica 3200 g, sens. 0.01g, H.W. Kessel	01	Equipo	2,500.00	2,500.00
	Balanza electrónica 30 Kg, sens. 5g, Lever	02	Equipo	250.00	500.00
	Serie de Tamices de serie grueso y fino, ASTM E - 11	10	Piezas	300.00	3,000.00
	Cono de Abrams ELE Internacional de 200 ± 2 mm x 100 ± 2 mm x 300 ± 2 mm	02	Pieza	250.00	500.00

Tabla N° 3: Gastos de equipos.

Fuente: Clasificador presupuestario de gasto 2018. ELE International – Importador Schiller

CLASIFICADOR DE GASTOS	NOMBRE Y CARACTERÍSTICA TÉCNICA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Probeta de vidrio graduada de 250 ±0.05ml	05	Pieza	30.00	150.00
	Recipientes resistentes a la corrosión, deben ser herméticos de 7 cm x 8 cm	05	Pieza	12.00	60.00
	Martillo de goma de 0.57 ± 0.23 kg	02	Pieza	25.00	50.00
	Moldes de plástico ELE Internacional de 15cm x 30 cm, 20 unidades/paq.	02	Pieza	170	340.00
	Mezclador de concreto	01	Equipo	980.00	980.00
	Carretilla	01	Pieza	150.00	150.00
	Probeta de plástica graduada de 500±0.10ml	01	Pieza	120.00	120.00
	Malla Metálica de abertura 1pulg, ¾ pulg, 1/2 pulg, 3/8 pulg.	04	m2	100	400.00
	Suministro de Energía eléctrica de la red UPIT	600	k W / h	0.43	258.00
	Servicio de agua y desagüe	50	m3	3.20	160.00

Tabla N° 4: Gastos de equipos y servicios.

Fuente: Clasificador presupuestario de gasto 2018. ELE Internacional – Importadora Schiller

b) Humano:

- Autores del Proyecto – Universidad Privada de Trujillo
- Asesor del Proyecto – Docentes de Ingeniería Civil en la Universidad Privada de Trujillo.

c) Servicios:

CLASIFICADOR DE GASTOS	NOMBRE Y CARACTERÍSTICA TÉCNICA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
	Servicios diversos				1,515.00
	Servicio de Internet	750	Horas	0.5	375.00
	Anillados	06	Unidad	5	30.00
	Empastado	05	Unidad	20	100.00
	Fotocopias	Estimado	Unidad	1000	1,000.00
	Quemado de CD	10	Unidad	1	10.00
TOTAL S/.					1,515.00

Tabla N°5: Costo total del proyecto.

Fuente: Clasificador presupuestario de acuerdo con ELE INTERNATIONAL IMPORTADORA SCHILLER.

2.2. Material de estudio.

2.2.1. Población.

Constituido por mezclas de concreto; la mezcla consiste en una matriz de concreto diseñado a base de Cemento Portland Pacasmayo Tipo ICo, agregado fino (arena) de husos ubicado entre la malla N°4 y la N°200, agregado (grava) de 3/4", agua potable y agregado grueso que es obtenido de la trituración de concreto reciclado en la ciudad de Trujillo.

2.2.2. Muestra.

- Se empleará 18 probetas de concreto endurecido de 15 cm de diámetro x 30 cm de longitud de acuerdo con la norma ASTM C-39.
- Se empleará 18 probetas de concreto endurecido de 15 cm de diámetro x 30 cm de longitud de acuerdo con la norma ASTM C-496.

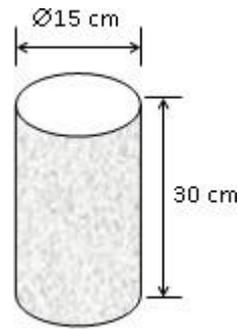


FIG. N° 5 Dimensiones de la probeta para el estado endurecido.

2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

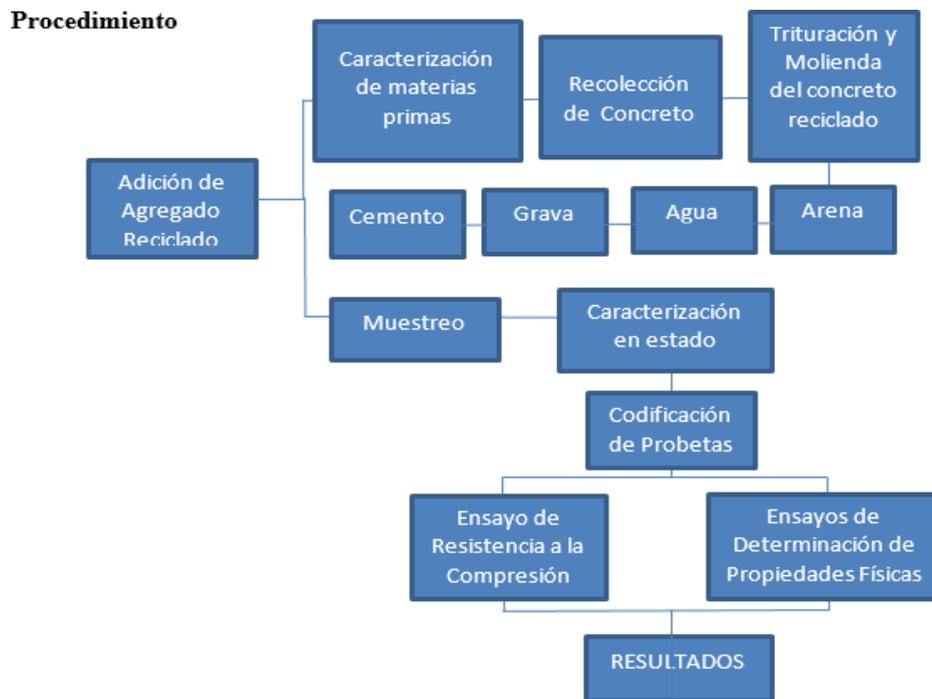


FIG. N° 6: Circuito de procedimiento experimental

2.3.1. Para recolectar datos.

I. Recolección, Trituración y Tamizado del concreto reciclado

Requisito Granulométrico: A todos los agregados se les reducirá al tamaño adecuado, para ello empleando martillos mecánicos.

- a) **Recolección de Concreto para el reciclaje:** Se recolectará material de escombros o desmonte de concreto de cualquier tipo, mezclándose entre sí.

- b) **Trituración:** Se reducirá el material recolectado hasta ser considerado como agregado grueso.

- c) **Tamizado:** Se tamizará el material anteriormente triturado en mallas para clasificar el nuevo agregado como agregado grueso, usando agregado reciclado de tamaño máximo de 1/2".

II. Caracterización de la materia prima

El control adecuado en lo referente a la preparación de un concreto con reemplazo de agregado natural por el reciclado se hará a partir de la obtención de la materia prima. Para la preparación de este tipo de concreto se empleará Cemento Pacasmayo Tipo ICo, agregado fino reciclado, agregado fino natural, agregado grueso natural de 1/2", agregado grueso reciclado de 1/2" y agua potable de la ciudad de Trujillo. En lo que respecta a los agregados, se procederá con lo siguiente:

- Obtendremos en laboratorio las muestras representativas, mediante el método del cuarteo según norma ASTM C 702 para cada ensayo de caracterización.
- Se seguirá un procedimiento para el análisis granulométrico según norma NTP 400.012 (ASTM C 136).
- Determinaremos el peso específico y la absorción según la norma NTP 400.021 para el agregado grueso, se obtendrá la Densidad relativa seca, Densidad relativa en estado SSD, Densidad relativa aparente, Porcentaje de Absorción %.

- Se determinará el contenido de humedad en los agregados según norma NTP 339.185 (ASTM C 566).
- Además, mediremos los parámetros físico-químicos del agua potable y agregados como: dilución de sólidos totales (TDS), pH, material orgánico I (%), Cloruros - Cl^- , Sulfatos - SO_4^{2-} .

III. Diseño de mezcla

Se procederá a tomar como unidades fijas las cantidades de agregado fino, agregado grueso cemento y agua encontrados durante la elaboración del diseño de mezcla, variando el contenido de agregado fino y grueso por porcentajes de concreto reciclado, en la mezcla de concreto. El diseño se realizará de acuerdo con el Método ACI, el cual estará basado en el empleo de tablas confeccionadas por el Comité ACI 211.

Las proporciones necesarias de los componentes del diseño de mezcla elaborado se muestran en la tabla 3.

Material	Porcentaje (%)
Agua	9.34
Cemento	14.40
Agregado Fino	27.44
Agregado Grueso	48.82

Tabla N° 6: Porcentajes de cada material en la mezcla.

Dosificación de agregado reciclado

Se trabajará con una dosificación del contenido de agregado en base al agregado grueso que se tiene, especificándose en la siguiente tabla:

Material	Diseño, base 50 kg.	Porcentajes de Piedra Reciclada (%)					
		10	15	20	25	30	35
Agua	4,672	4,672	4,672	4,672	4,672	4,672	4,672
Cemento	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200	7,200
Agregado Fino	13,720	13,720	13,720	13,720	13,720	13,720	13,720
Agregado Grueso	14,408	12,967	12,247	11,526	10,806	10,086	9,365
Piedra Reciclada	0	1,441	2,161	2,882	3,602	4,322	5,043
Base, Kg	50	50	50	50	50	50	50

Tabla N° 7: Composición de mezcla con dosificación

Preparación de la mezcla de concreto

Se mezclarán los áridos en el trompo junto con el cemento, en esta etapa se añadirán el agregado reciclado para que se homogenice con la mezcla, posteriormente se añadirá agua para homogenizar la mezcla, una vez realizado el proceso se procederá al vaciado del concreto en los moldes.

Muestreo

Se realizará la extracción del volumen necesario para los ensayos a partir del volumen de mezcla preparada.

Caracterización en estado endurecido

A) Resistencia a la compresión

Las probetas se ensayarán en el equipo de compresión digital (ELE) del área de Materiales Concreto de la Escuela de ingeniería de Materiales – UPRIT, según norma ASTM C39.

B) Resistencia a la tracción

Las probetas se ensayarán en el equipo de tracción digital (ELE) del área de Materiales Concreto de la Escuela de ingeniería de Materiales – UPRIT, según norma ASTM C496.

C) Resistencia a la flexión

Las probetas se ensayarán en el equipo de flexión digital (ELE) del área de Materiales Concreto de la Escuela de ingeniería de Materiales – UPRIT, según norma ASTM C78.

Elaboración y curado

Se elaborarán probetas de concreto de (15cm \square x 30 cm longitud) conteniendo diferentes porcentajes de agregado, según el diseño de mezcla, la elaboración de éstas se basará en la norma ASTM C 39 (NTP 339.034).

En la elaboración de las probetas se utilizarán moldes de plástico de medida estándar, decidiéndose por este tipo de moldes debido a su mayor facilidad de manipulación que los moldes metálicos tradicionales.

2.3.2. Para procesar datos.

Análisis de datos

Para la evaluación estadística de los resultados se utilizará la prueba F (Fisher) para determinar la influencia de cada una de las variables en estudio. Además, para una mejor confiabilidad se usará la evaluación estadística de T de Student y la de regresión lineal.

El análisis de varianza (ANAVA) se efectuará a un nivel de confianza del 95%.

Todos los datos serán procesados en Microsoft Excel mediante diagramas, los cuales permitirán graficar estadísticamente los resultados obtenidos, de cada uno de los ensayos que serán utilizados para medir las propiedades físicas y mecánicas del concreto con agregado reciclado.

2.4. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Concreto con agregado reciclado	El uso de agregados reciclados, en la elaboración de concreto, permitirá solucionar problemas de contaminación ambiental, ahorros económicos, menor consumo de materiales no renovables.	La medición de esta variable se realizará mediante los diseños de mezcla con y sin el agregado reciclado para someterlo a comparaciones.	Diseño de mezcla pétreo	Relación a/c	Relación a/c
			Diseño de mezcla con agregado reciclado	% agregado reciclado	10%, 20%, 30%, 40%
Resistencia a la Compresión y otros	Características mensurables que definen el comportamiento de los materiales sólidos a resistir acciones de carga o fuerza	La medición de esta variable se realizará sometiendo a ensayos a 36 probetas de concreto mediante la prensa hidráulica para determinar parámetros de la resistencia deseada	Resistencia a la compresión	Esfuerzo (kg/cm ²)	Fuerza axial
				Deformación (mm)	Área Circular
				NTP 339.034	
			Resistencia a la flexión	Esfuerzo (kg/cm ²)	Distancia entre apoyos
Deformación (mm)	Dimensión de sección				
Módulo de rotura (MPa)	Carga máxima aplicada				
NTP 339.078					

Tabla N° 8: Cuadro de Operacionalización de variables.

III. RESULTADOS.

Se muestran y discuten, a continuación, los resultados obtenidos a través de los ensayos realizados sobre mezclas de concreto con diferentes porcentajes de reemplazo de agregado natural por agregado reciclado obtenido de escombros, las propiedades evaluadas son en estado fresco y en estado endurecido.

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido	Porcentaje retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje Pasante
4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.36	2.01	0.20	0.20	99.80
16	1.18	1.84	0.18	0.39	99.61
30	0.6	2.24	0.22	0.61	99.39
50	0.3	515.54	51.72	52.33	47.67
100	0.15	337.23	33.83	86.16	13.84
200	0.75	105.61	10.59	96.75	3.24
BC	0	32.35	3.24	100.00	0
		996.82	100		

Tabla N° 9: Granulometría de Agregado Fino

# Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje Pasante
4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.36	273.00	18.21	18.21	81.79
16	1.18	529.27	35.30	53.52	46.48
30	0.6	402.97	26.88	80.40	19.60
50	0.3	227.42	15.17	95.57	4.43
100	0.15	40.19	2.68	98.25	1.75
200	0.075	18.26	1.22	99.46	0.53
BC	0	8.01	0.53	100	0
		1499.12	100		

Tabla N° 10: Granulometría de Agregado Fino de escombros

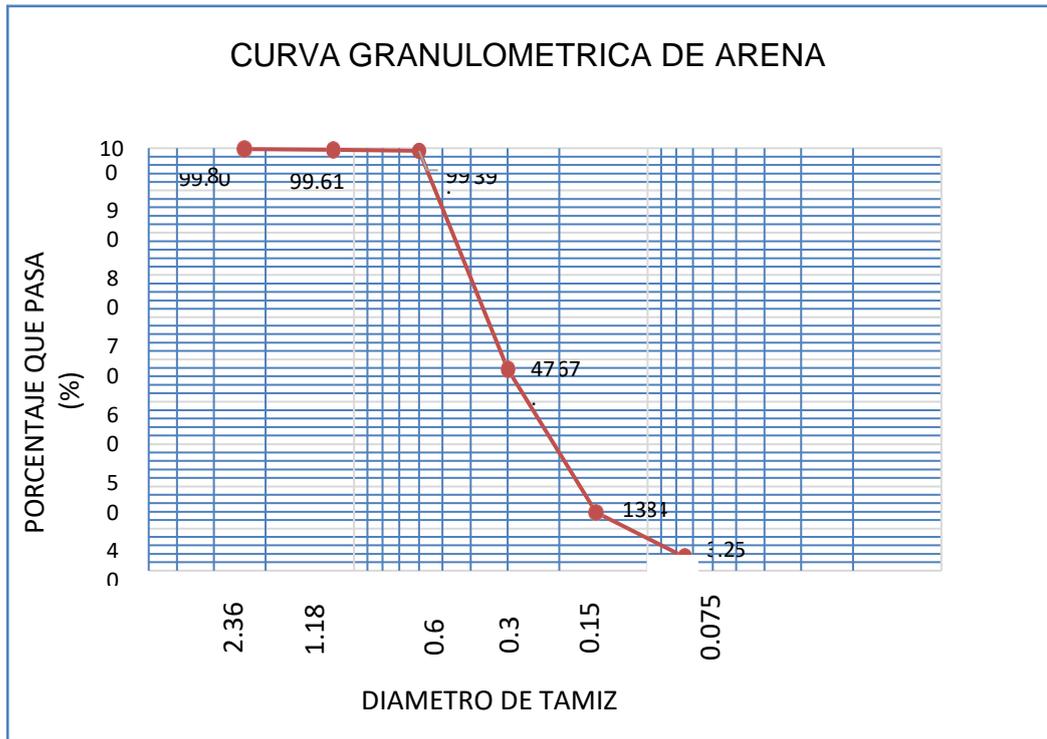


FIG N° 7: Curva granulométrica del escombro

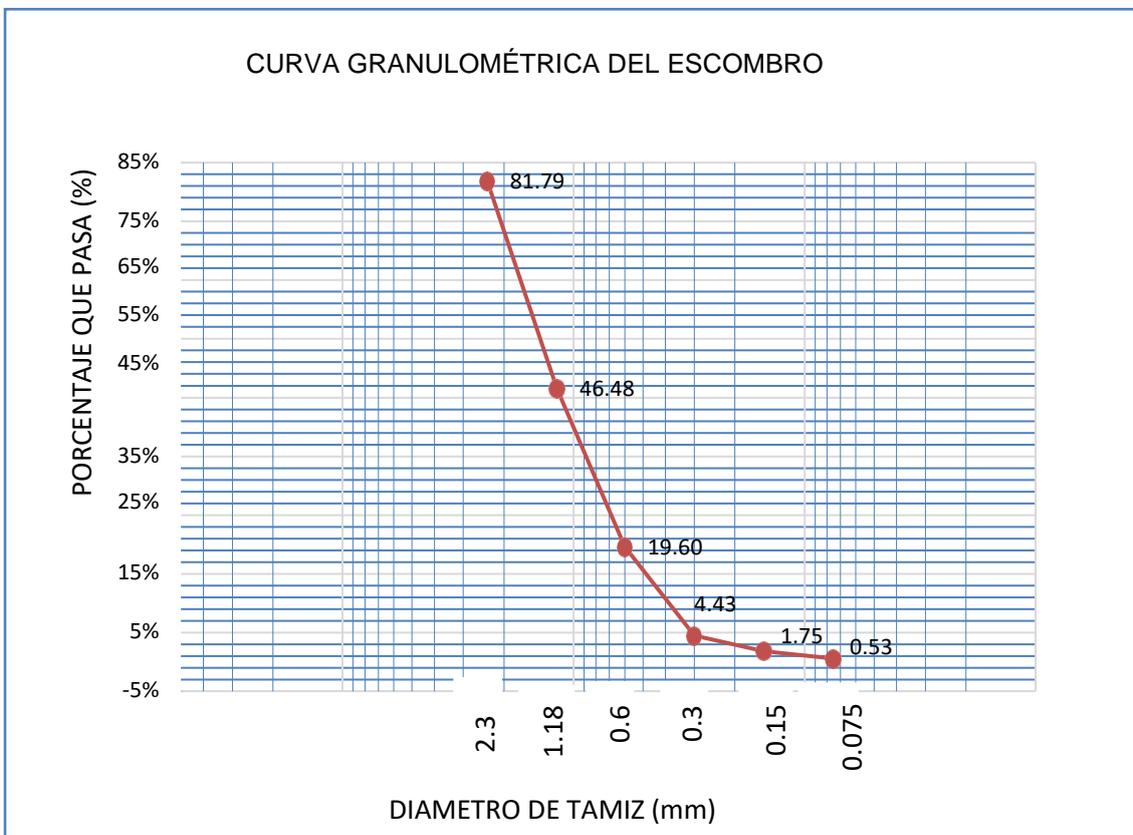


Figura N° 8: Curva granulométrica de arena fina

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

	Numero de Probeta	Porcentaje de escombro (%)	Fuerza (N)	Resistencia a la compresión (N/mm ²)	F prom (N)	f'c prom (N/mm ²)	f'c prom (Kg/cm ²)
	1	0	491	27.79	488.30	27.63	281.78
	2		505.98	28.63			
	3		467.91	26.48			
	1	10	449.65	25.45	447.18	25.31	258.06
	2		463.37	26.22			
	3		428.51	24.25			
	1	20	483.28	27.35	480.62	27.20	277.33
	2		498.03	28.18			
	3		460.56	26.06			
	1	30	494.52	27.98	491.80	27.80	283.52
	2		509.62	28.82			
	3		471.27	26.61			
	1	40	515.85	27.15	513.02	26.94	274.68
	2		531.6	27.24			
	3		491.6	26.42			
	1	50	483.24	24.49	475.29	26.45	269.75
	2		479.48	26.47			
	3		463.15	28.4			

Tabla N° 11: Resistencia a la compresión

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Numero de Probeta	Porcentaje de escombro (%)	Ancho (mm)	Promedio de Ancho (mm)	Altura (mm)	Promedio de Altura (mm)	Carga máxima (KN)	Carga máxima Promedio (KN)
1	Nulo	41.7	41.53	39.5	40.3	3.24	3.18
2		41.2		40.2		3.77	
3		41.7		41.2		2.52	
1	10	41.2	41.43	39.8	40.5	2.85	2.72
2		41.4		41.8		2.59	
3		41.7		39.9		2.73	
P1	20	39.9	41.13	39.3	39.63	3.69	3.56
2		42.6		39.1		3.77	
3		40.9		40.5		3.23	
1	30	42.8	43.63	41.4	41.43	3.33	3.51
2		44.0		42.3		3.86	
3		44.1		40.6		3.34	
1	40	42.3	41.58	37.05	37.55	1.75	1.98
2		42.45		38.3		2.17	
3		40		37.3		2.02	
1	50	43.4	43.53	41	42.2	1.64	2.12
2		43.5		41		1.93	
3		43.7		44.6		2.80	

Tabla N° 12: Resistencia a la flexión.

Porcentaje %	Pprom (N)	σ_{max} (Pa)	σ (Mpa)
0	3176.67	7064653.76	7.06
10	2723.33	6011281.71	6.01
20	3563.33	8274482.76	8.27
30	3510.00	7030452.78	7.03
40	1980.00	5065847.15	5.07
50	2123.33	4108618.98	4.11

Tabla N° 13: Resumen de Ensayo a Flexión

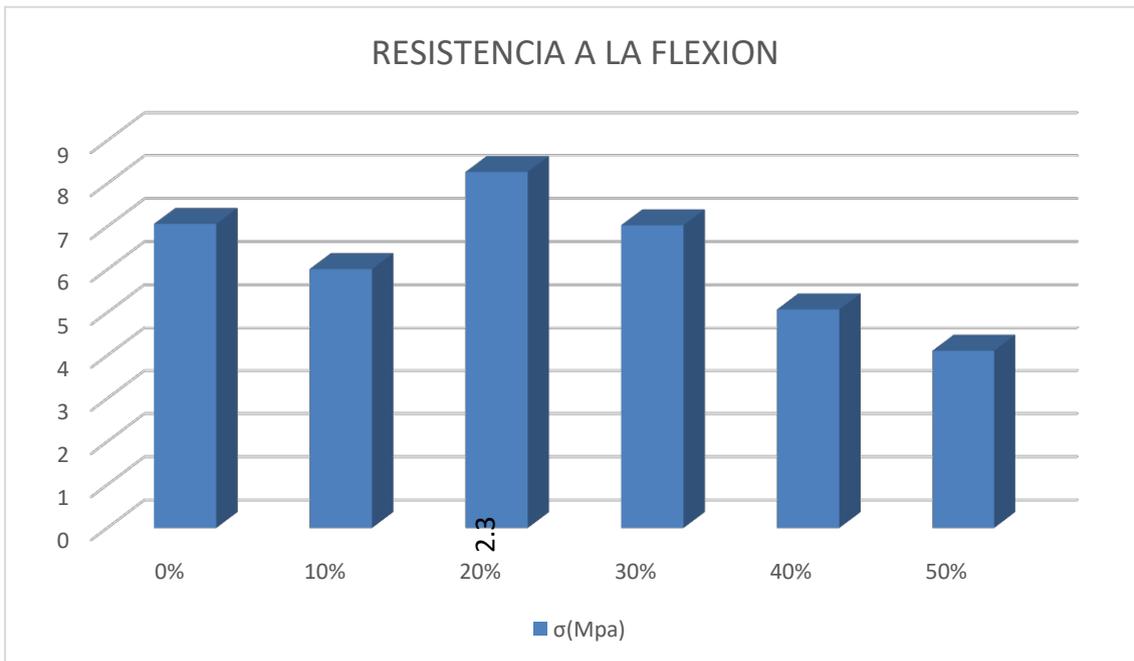


Figura N° 9: Resistencia a la flexión.

ENSAYO DE ARQUÍMEDES

Datos experimentales

	PROBETAS AL 0%		
	S(gr)	D(gr)	M(gr)
N1	189.47	353.62	354.84
N2	177.91	340.18	342.20
N3	184.86	347.93	350.64
N4	153.37	287.70	288.90
N5	153.59	288.39	290.30
N6	150.42	279.62	281.77
N7	151.60	281.30	283.23
N8	156.62	295.54	296.88

Tabla N° 14: Tabla de Pesos de Probetas Patrón

	PROBETAS AL 10%		
	S(gr)	D(gr)	M(gr)
10% 1	144.40	275.52	277.83
10% 2	147.65	286.24	288.43
10% 3	157.28	298.57	300.01
10% 4	151.09	285.71	287.70
10% 5	130.59	270.27	272.06
10% 6	106.40	253.16	255.10
10% 7	150.42	282.01	283.73
10% 8	144.69	284.37	286.45

Tabla N° 15: Tabla de Pesos de Probetas al 10%

	PROBETAS AL 20%		
	S(gr)	D(gr)	M(gr)
20% 1	184.35	355.84	358.67
20% 2	186.66	357.63	360.50
20% 3	183.89	350.04	352.52
20% 4	184.43	354.41	356.82
20% 5	181.94	350.85	352.94
20% 6	178.96	349.41	351.96
20% 7	175.01	350.12	352.65
20% 8	161.10	338.24	340.67

Tabla N° 16: Tabla de Pesos de Probetas al 20%

	PROBETAS AL 30%		
	S(gr)	D(gr)	M(gr)
30% 1	138.78	273.89	276.14
30% 2	155.34	299.35	301.48
30% 3	160.3	303.74	305.81
30% 4	144.49	278.55	280.57
30% 5	137.38	269.19	271.61
30% 6	136.3	265.8	267.87
30% 7	139.85	268.6	270.38
30% 8	128.31	254.91	257.13

Tabla N° 17: Tabla de Pesos de Probetas al 30%

	PROBETAS AL 40%		
	S(gr)	D(gr)	M(gr)
40% 1	172.38	345.37	347.58
40% 2	142.34	273.97	274.61
40% 3	179.20	350.88	351.46
40% 4	177.71	351.33	353.90
40% 5	137.28	276.57	280.31
40% 6	145.00	290.16	294.06
40% 7	142.30	282.17	286.01
40% 8	142.62	271.31	273.29

Tabla N° 18: Tabla de Pesos de Probetas al 40%

	PROBETAS AL 50%		
	S(gr)	D(gr)	M(gr)
50% 1	147.34	290.84	292.41
50% 2	144.90	284.72	286.08
50% 3	124.82	253.78	257.17
50% 4	134.41	260.16	263.62
50% 5	122.49	229.07	231.18
50% 6	114.79	236.27	238.47
50% 7	121.47	229.07	231.18
50% 8	126.54	289.31	291.95

Tabla N° 19: Tabla de Pesos de Probetas al 50%

ANÁLISIS DE DATOS:

PROBETAS AL 0%:

ABSORCION	POROSIDAD	DENSIDAD	GRAVEDAD ESPECIFICA	VOLUMEN DE P. A	VOLUMEN DE P.C	VOLUMEN GLOBAL
$(M-D)*100/D$	$(M-D)*100/(M-S)$	$D/(M-S)$	$D/(D-S)$	M-D	D-S	M-S
0.3450	0.7377	2.1384	2.1543	1.22	164.15	165.37
0.5938	1.2295	2.0706	2.0964	2.02	162.27	164.29
0.7789	1.6347	2.0987	2.1336	2.71	163.07	165.78
0.4171	0.8854	2.1228	2.1417	1.20	134.33	135.53
0.6623	1.3971	2.1095	2.1394	1.91	134.80	136.71
0.8511	1.6368	2.1288	2.1642	2.15	129.20	131.35
0.9143	1.4662	2.1371	2.1689	1.93	129.70	131.63
0.7689	0.9554	2.1071	2.1274	1.34	138.92	140.26
0.6861	0.7377	2.1384	2.1543	1.22	164.15	165.37
0.4534	1.2295	2.0706	2.0964	2.02	162.27	164.29
0.2923	0.6279	2.1479	2.1615	0.84	132.93	133.77

Tabla N° 20: Tabla de Propiedades al 0%

Tabla N° 21: Tabla de Volúmenes de las probetas al 10%

% VOLUMEN DE P.A	% VOLUMEN DE P.C
100*V.PA/VG	100*V. PC/VG
0.7377	99.2623
1.2295	98.7705
1.6347	98.3653
0.8854	99.1146
1.3971	98.6029
1.6368	98.3632
1.4662	98.5338
0.9554	99.0446

PROBETAS AL 10%:

ABSORCION	POROSIDAD	DENSIDAD	GRAVEDAD ESPECIFICA	VOLUMEN DE P.A	VOLUMEN DE P.C	VOLUMEN GLOBAL
(M-D)*100/D	(M-D)*100/(M-S)	D/(M-S)	D/(D-S)	M-D	D-S	M-S
0.9222	1.7312	2.0649	2.1013	2.31	131.12	133.43
0.8416	1.5556	2.0332	2.0654	2.19	138.59	140.78
0.5305	1.0089	2.0918	2.1132	1.44	141.29	142.73
0.7648	1.4542	2.0915	2.1223	1.99	134.62	136.61
0.7266	1.2619	1.9105	1.9349	1.79	139.68	141.47
0.8413	1.3021	1.7025	1.7249	1.94	146.77	148.71
0.6731	1.2943	2.1154	2.1431	1.73	131.59	133.31
0.8031	1.4645	2.0060	2.0358	2.08	139.68	141.76
0.9222	1.7312	2.0649	2.1013	2.31	131.12	133.43

Tabla N° 22: Tabla de propiedades al 10 %

% VOLUMEN DE P.A	% VOLUMEN DE P.C
100*V.PA/VG	100*V. PC/VG
1.7312	98.2688
1.5556	98.4444
1.0089	98.9911
1.4542	98.5458
1.2619	98.7381
1.3021	98.6979
1.2943	98.7057
1.4645	98.5355

Tabla N° 23: Tabla de Volúmenes al 50%

Tabla N° 24: Tabla de propiedades al 20%

PROBETAS AL 20%:

ABSORCION	POROSIDAD	DENSIDAD	GRAVEDAD ESPECIFICA	VOLUMEN DE P.A	VOLUMEN DE P.C	VOLUMEN GLOBAL
(M-D)*100/D	(M-D)*100/(M-S)	D/(M-S)	D/(D-S)	M-D	D-S	M-S
0.9623	1.6235	2.0413	2.0750	2.83	171.49	174.32
0.9710	1.6509	2.0573	2.0918	2.87	170.97	173.84
0.8573	1.4707	2.0758	2.1067	2.48	166.15	168.63
0.8228	1.3980	2.0559	2.0850	2.41	169.98	172.39
0.7208	1.2222	2.0517	2.0771	2.09	168.91	171.00
0.8831	1.4740	2.0197	2.0499	2.55	170.45	173.00
0.8754	1.4260	1.9709	1.9994	2.53	175.11	177.64
0.8695	1.3536	1.8836	1.9095	2.43	177.14	179.57

% VOLUMEN DE P.A	% VOLUMEN DE P.C
100*V.PA/VG	100*V.PC/VG
1.6235	98.3765
1.6509	98.3491
1.4707	98.5293
1.3980	98.6020
1.2222	98.7778
1.4740	98.5260
1.4260	98.5740

Tabla N° 25: Tabla de volúmenes al 20%

Tabla N° 26: Tabla de propiedades al 30%

PROBETAS AL 30%:

ABSORCION	POROSIDAD	DENSIDAD	GRAVEDAD ESPECIFICA	VOLUMEN DE P.A	VOLUMEN DE P.C	VOLUMEN GLOBAL
$(M-D)*100/D$	$(M-D)*100/(M-S)$	$D/(M-S)$	$D/(D-S)$	M-D	D-S	M-S
1.0934	1.6380	1.9940	2.0272	2.25	135.11	137.36
0.9470	1.4575	2.0485	2.0788	2.13	144.01	146.14
0.9071	1.4226	2.0874	2.1176	2.07	143.44	145.51
0.9652	1.4844	2.0469	2.0778	2.02	134.06	136.08
1.1966	1.8029	2.0054	2.0422	2.42	131.81	134.23
1.0366	1.5733	2.0202	2.0525	2.07	129.50	131.57
0.8821	1.3637	2.0578	2.0862	1.78	128.75	130.53
1.1592	1.7233	1.9788	2.0135	2.22	126.60	128.82

% VOLUMEN DE P.A	% VOLUMEN DE P.C
$100*V.PA/VG$	$100*V.PC/VG$
1.6380	98.3620
1.4575	98.5425
1.4226	98.5774
1.4844	98.5156
1.8029	98.1971
1.5733	98.4267
1.3637	98.6363
1.7233	98.2767

Tabla N° 27: Tabla de volúmenes al 30%

PROBETAS AL 40%:

ABSORCION	POROSIDAD	DENSIDAD	GRAVEDAD ESPECIFICA	VOLUMEN DE P.A	VOLUMEN DE P.C	VOLUMEN GLOBAL
$(M-D)*100/D$	$(M-D)*100/(M-S)$	$D/(M-S)$	$D/(D-S)$	M-D	D-S	M-S
0.9369	1.2614	1.9713	1.9965	2.21	172.99	175.20
0.3420	0.4839	2.0713	2.0814	0.64	131.63	132.27
0.2420	0.3367	2.0369	2.0438	0.58	171.68	172.26
1.0710	1.4587	1.9941	2.0236	2.57	173.62	176.19
1.9799	2.6148	1.9336	1.9855	3.74	139.29	143.03
1.9679	2.6164	1.9466	1.9989	3.90	145.16	149.06
1.9925	2.6720	1.9634	2.0173	3.84	139.87	143.71
1.0685	1.5153	2.0763	2.1082	1.98	128.69	130.67

Tabla N° 28: Tabla de propiedades al 40%

% VOLUMEN DE P.A	% VOLUMEN DE P.C
$100*V.PA/VG$	$100*V.PC/VG$
1.2614	98.7386
0.4839	99.5161
0.3367	99.6633
1.4587	98.5413
2.6148	97.3852
2.6164	97.3836
2.6720	97.3280
1.5153	98.4847

Tabla N° 29: Tabla de volúmenes al 40%

Tabla N° 30: Tabla propiedades al 50%

PROBETAS AL 50%:

ABSORCION	POROSIDAD	DENSIDAD	GRAVEDAD ESPECIFICA	VOLUMEN DE P.A	VOLUMEN DE P.C	VOLUMEN GLOBAL
(M-D)*100/D	(M-D)*100/(M-S)	D/(M-S)	D/(D-S)	M-D	D-S	M-S
0.8694	1.0822	2.0048	2.0268	1.57	143.50	145.07
0.7693	0.9633	2.0167	2.0363	1.36	139.82	141.18
2.1513	2.5614	1.9175	1.9679	3.39	128.96	132.35
2.1419	2.6779	2.0135	2.0689	3.46	125.75	129.21
1.4830	1.9406	2.1075	2.1492	2.11	106.59	108.69
1.5002	1.7795	1.9104	1.9450	2.20	121.47	123.67
1.4797	1.9185	2.0880	2.1289	2.10	107.60	109.71
1.4718	1.5984	1.7490	1.7774	2.64	162.77	165.41

% VOLUMEN DE P.A	% VOLUMEN DE P.C
100*V.PA/VG	100*V.PC/VG
1.0822	98.9178
0.9633	99.0367
2.5614	97.4386
2.6779	97.3221
1.9406	98.0594
1.7795	98.2205
1.9185	98.0815
1.5984	98.4016

Tabla N° 31: Tabla de volúmenes al 50%

IV. DISCUSIÓN.

En la tabla N°11 se puede observar que en los ensayos de resistencia a la Compresión los resultados se mantuvieron en un rango de valores ascendentes teniendo como base la del 10%, de agregado reciclado la excepción es la del reemplazo de 40% y 50 %, la cual tuvo una resistencia compresión muy bajo en comparación con la del 0%. Todas las probetas presentaron la fractura homogénea, por lo que no fue necesario descartar ningún resultado. En esta grafica podemos observar que tiende a aumentar la resistencia a la compresión conforme adicionamos más agregado reciclado en reemplazo del agregado natural, pero solo hasta el 30 %, ya que luego disminuye la resistencia a la compresión, hasta llegar a tener una menor resistencia a la compresión que el concreto patrón, esto quizás se debe a que las probetas de 40% y 50 % no tuvieron un adecuado curado, ya que fueron dejadas en las gabereras unos 4 días y luego se pusieron en agua para su respectivo curado de siete días, este pudo ser el factor del que sus resistencias a la compresión disminuyan.

Podemos observar que la gráfica no tiene una tendencia lineal, por tal motivo no se puede decir que, a más porcentaje de escombros, habrá mayor módulo de rotura.

Así mismo puede observar que en la fuerza aplicada a cada probeta se mantuvo en un rango de valores teniendo como base la del 0%, la excepción es la del reemplazo de 40% y 50 %, las cuales soportaron fuerzas muy bajas en comparación con la del 0%.

En la figura N°07 podemos observar que la gráfica no tiene una tendencia lineal, por tal motivo no se puede decir que, a más porcentaje de escombros, el mortero soporta una mayor fuerza para flexionarse.

El módulo de rotura es una característica intrínseca del material; es decir dos probetas que son fabricadas bajo el mismo proceso, diferenciándose únicamente en el ancho o en la altura tendrán el mismo módulo de rotura, aunque la fuerza necesaria para romperlas será mucho, mayor en las que tengan la mayor altura o el mayor ancho, por tal motivo nuestros módulos de rotura de las 3 probetas que se hicieron por cada tipo de porcentaje se diferencian porque en las gabereras donde

fueron hechas no tienen las dimensiones iguales, por eso se recurrió a sacar un promedio de las tres para poder obtener un único módulo de rotura para cada porcentaje de adición.

El ensayo de fluidez se realizó con el propósito de evaluar la capacidad del concreto en deformarse bajo la acción de su propio peso, además de observar la posibilidad de segregación del concreto que afectaría directamente a la trabajabilidad. Según la norma NTP 334.155 específica que el rango de valores de fluidez debe ser 110 ± 5 cm, como se puede observar en la gráfica los valores que se encuentran dentro de dicho rango representan a concreto con una adición del 20, 30 y 40%.

Sin embargo, cuando el concreto presenta una adición del 50% de escombros, la fluidez ya no se encuentra dentro del rango permitido; dicha característica es importante tomar en cuenta porque permite saber que un concreto con la cantidad mencionada de escombros podría tener un flujo insuficiente para pasar a través de refuerzos en estructuras.

Por otra parte, cuando el concreto presenta una adición del 10% de escombros, la fluidez también presenta una variación fuera de rango; dicha variación permite saber que existirá una gran posibilidad que el mortero presente segregación, disminuyendo la resistencia a esfuerzos aplicados.

Absorción:

A través de la gráfica nos damos cuenta de que a mayor porcentaje de agregado reciclado la muestra aumenta su porcentaje de absorción. La absorción es una de las propiedades físicas de los áridos reciclados que presenta una mayor diferencia con respecto a los áridos naturales. La absorción de las arenas recicladas es en todos los casos superior a la de las arenas naturales, debido a la cantidad de pasta de cemento, porosa, que acumulan. Mientras que la absorción de la arena natural suele oscilar entre el 0 y el 0.7%, la absorción de la arena reciclada puede alcanzar valores de hasta el 1.26 o 1.5%. Las fracciones más finas presentan mayor absorción que las fracciones más gruesas, debido a que en las primeras se concentra un mayor porcentaje de pasta de cemento adherida. En la mayoría de los casos la absorción del árido fino reciclado es elevada, superior según se establece la norma.

Porosidad:

La porosidad se ve incrementada a medida que aumenta la cantidad de árido reciclado, además también depende de la granulometría del agregado reciclado los cuales oscilan frecuentemente entre 0.5 y 5% dependiendo de las condiciones además de las composiciones.

Densidad:

La densidad de las muestras se debe a que la densidad de las arenas recicladas es inferior a la de las arenas naturales. Debido fundamentalmente a la pasta de cemento que queda adherida a los granos. Dado que es habitual la pre saturación del árido reciclado previa a su utilización, es frecuente la determinación de la densidad en condiciones de saturación con la superficie seca. La arena reciclada presenta valores esperables de este parámetro por debajo de 2,30 g/cm³. En general, la densidad de los áridos reciclados es ligeramente superior en las fracciones más gruesas que en las más finas. No obstante, la dispersión que se observa en los resultados es muy elevada. Entre los factores que influyen en la densidad de las arenas recicladas pueden destacarse las técnicas de procesamiento utilizadas en la producción de esta, la densidad del árido con el que fue fabricado el mortero de origen y la calidad de dicho mortero de origen.

Gravedad específica:

La gravedad específica va de acuerdo con la densidad, prácticamente se relaciona con la misma y es por eso que depende del volumen de poros que tiene la muestra; es decir es inversamente proporcional a la cantidad de agregado reciclado.

Volumen de poros:

Estos van en aumento conforme se implementa el agregado reciclado debido a que el agregado genera espacios ya que este agregado presenta alta porosidad con respecto al agregado natural; además el volumen de poros varía de forma directamente proporcional con la porosidad.

Las diversas probetas muestran variaciones en algunos casos considerables con respecto a otra de su misma proporción esto es debido a que las muestras tuvieron diferentes condiciones de curado en algunos casos con lo cual género que las probetas obtuvieran un mayor o menor grado de porosidad, este caso podemos ver claramente en las muestras de 40 % y 50 % donde su grado de porosidad va

desde 0.33-2.92, 0.96-2.59; lo cual se debió a las condiciones de curado además del tiempo que estuvieron sumergidas en agua lo cual por cuestiones de tiempo en algunos casos no estuvieron homogéneos.

Algunas probetas al momento de retirarlas de su molde presentaban ligeras fallas las cuales fueron completamente descartadas debido a que generaría cambios abruptos en el análisis de los datos.

En la gráfica de “variación con respecto a la muestra patrón” nos damos cuenta claramente que a medida que aumentemos el agregado reciclado aumentará la porosidad, absorción, pero disminuirá la gravedad específica y la densidad. Lo cual nos indica que si utilizamos esta muestra en campo nos indicaría que para la mezcla se necesitaría una cantidad superior de agua que una normal, lo cual se debe a que el agregado reciclado presenta cantidades de cemento adheridas en cada grano y que a su vez este necesita una cantidad mucho mayor de agua para seguir endureciendo Para el reemplazo de agregado fino por el reciclado se deben tomar en cuenta ciertos parámetros uno de los cuales es la finura que debe estar parecida a la del árido natural. Además, se debe tomar en cuenta que para una mejor obtención de datos de debe medir el calor de hidratación ya que de este depende las resistencias ASTM C186.

Según la Japanese Industrial Standards nuestra muestra de árido reciclado estaría en la clase L, lo cual nos indica que debido a la densidad que se encuentra entre 2 y 2.5, la absorción menor a 13 indica que la cantidad de cloruros es mínima y que nuestro mortero no necesita mayores aditivos con lo cual indica que el árido es apto para cualquier uso

Los resultados de la resistencia a los ataques de los sulfatos y cloruros, en algunos datos se vieron influenciados debido a que las probetas no tuvieron un secado uniforme además algunas de ellas estuvieron expuestas a otras condiciones que alteran ligeramente los resultados.

Para evitar eso se debe secar las probetas en un horno a $110^{\circ}\text{C} \pm 5$, lo cual ayudara significativamente en la determinación de los pesos secos. Los pesos saturados se deben tomar 24 horas después de ponerlos en agua.

V. CONCLUSIONES

Tabla N° 32: Tabla de los promedios de las propiedades del concreto a los distintos porcentajes.

	PROMEDIO DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS			
	ABSORCION	POROSIDAD	DENSIDAD	GRAVEDAD ESPECIFICA
	$(M-D)*100/D$	$(M-D)*100/(M-S)$	$D/(M-S)$	$D/(D-S)$
0%	0.5882	1.2429	2.1141	2.0293
10%	0.7629	1.3841	2.0020	2.0301
20%	0.8703	1.4524	2.0195	2.0493
30%	1.0234	1.5582	2.0299	2.0620
40%	1.2001	1.6199	1.9992	2.0319
50%	1.4833	1.8152	1.9759	2.0125

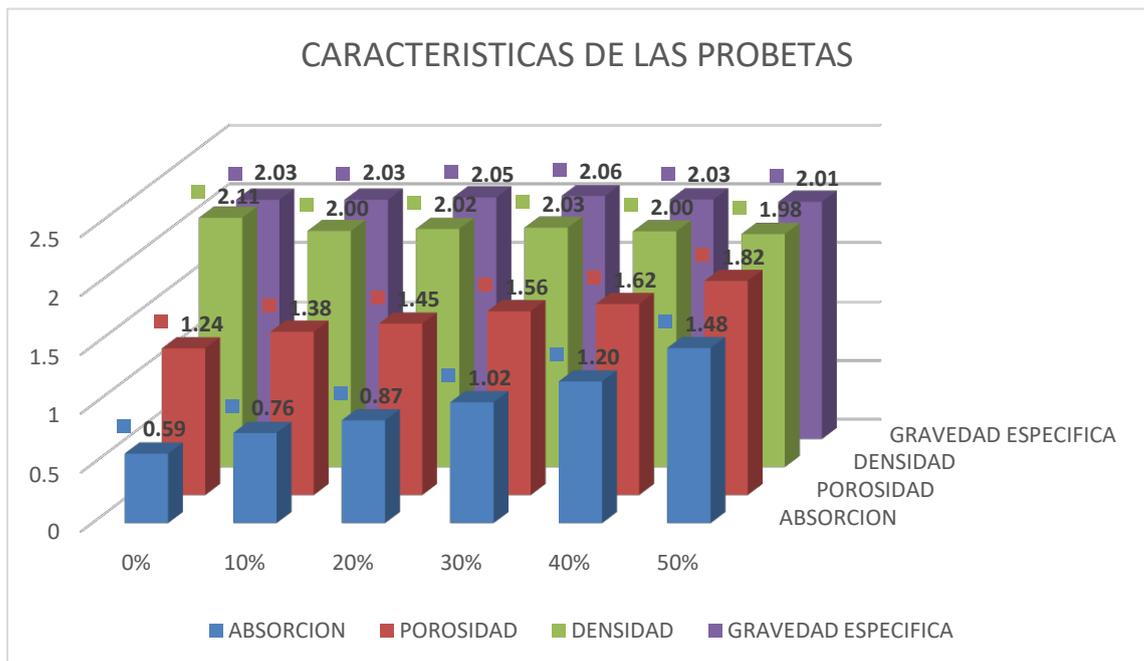


Figura N°10: Promedio de las características de las probetas.

Tabla N° 33: Tabla de promedios de los volúmenes

#PROBETA	PROMEDIO DE VOLUMEN DE POROS	
	% VOLUMEN DE P.A	% VOLUMEN DE P.C
	$100 \cdot V.PA/VG$	$100 \cdot V.PC/VG$
0%	1.2429	98.7571
10%	1.3841	98.6159
20%	1.4524	98.5476
30%	1.5582	98.4418
40%	1.6199	98.3801
50%	1.8152	98.1848

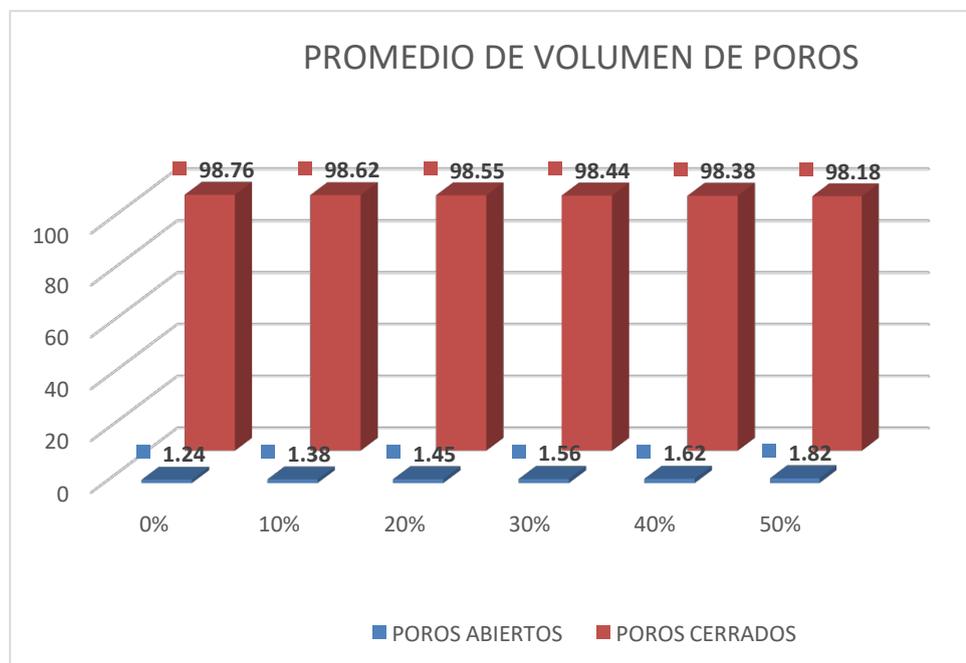


Figura N°11: Promedio de los volúmenes de las probetas.

Tabla N° 34: Tabla de comparación

	VARIACION CON RESPECTO A LA PROBETA PATRON			
	ABSORCION	POROSIDAD	DENSIDAD	GRAVEDAD ESPECIFICA
	100*PROBETA/SUMISTRO			
10%	129.7042	111.3638	94.6955	100.0403
20%	147.9600	116.8554	95.5254	100.9861
30%	173.9903	125.3726	96.0146	101.6092
40%	204.0312	130.3353	94.5632	100.1279
50%	252.1862	146.0513	93.4633	99.1743

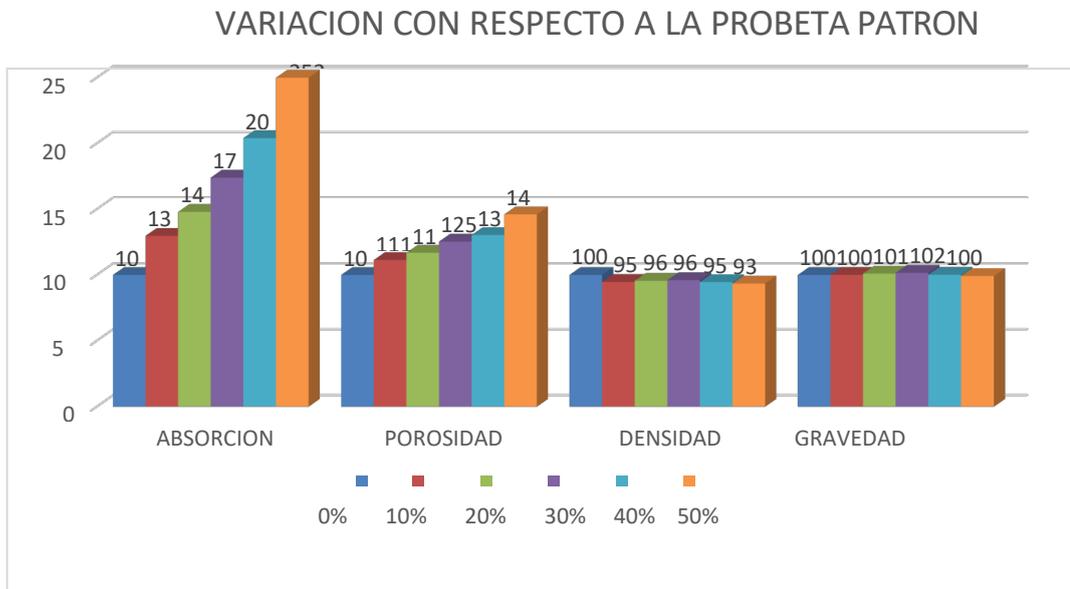


Figura N°12: variación con respecto a la probeta patrón

Tabla N° 35: Tabla de ensayo a la fluidez

PROBETA	LECTURAS (mm)						
	N°	0%	10%	20%	30%	40%	50%
1		224.05	215.18	210.09	207.08	204.89	198.17
2		224.06	218.29	211.13	207.06	205.03	199.01
3		223.83	218.25	210.10	206.94	205.03	199.02
4		225.01	216.22	213.02	208.01	206.05	197.83
PROMEDIO		224.24	216.99	211.09	207.27	205.25	198.51

Tabla N° 36: Tabla de promedios de la fluidez a distintos porcentajes

ESCOMBRO (%)	FLUIDEZ (%)
0	124.24
10	116.99
20	111.08
30	107.27
40	105.25
50	98.51

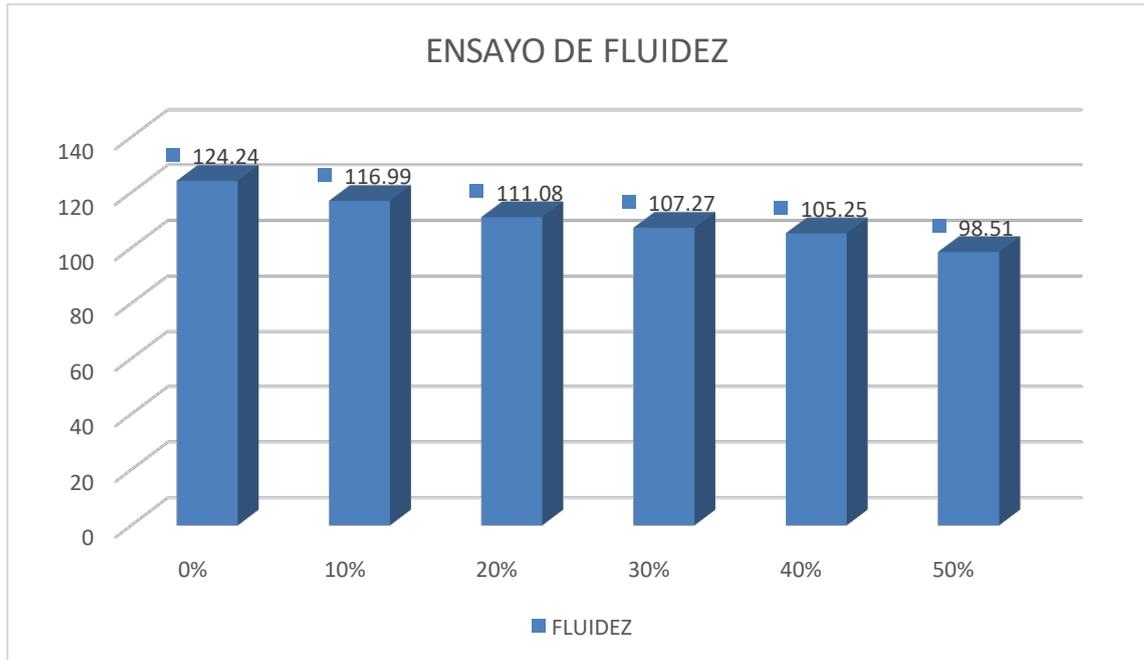


Figura N°13: Ensayo a la fluidez.

Tabla N° 37: Tabla de ensayo a la resistencia de los sulfatos

Probeta		Pesos Saturados			Pesos Secos		
% escombro	Probeta seleccionada	Antes de ensayo	Después de ensayo	Variación de peso	Antes de ensayo	Después de ensayo	Variación de peso
0	1	281.78	280	1.78	279.63	278	1.63
	2	283.25	282	1.25	281.32	280	1.32
	3	296.87	296	0.87	295.53	295	0.53
10	1	277.85	274	3.85	275.54	272	3.54
	2	353.89	350	3.89	351.32	350	1.32
	1	358.67	356	2.67	355.84	353	2.84
20	4	356.84	352	4.84	354.43	350	4.43
	5	352.95	350	2.95	350.86	348	2.86
	6	351.94	348	3.94	349.39	344	5.39
30	3	305.81	303	2.81	303.74	301	2.74
	4	280.57	276	4.57	278.55	270	8.55
	6	267.87	262	5.87	265.8	261	4.8

40	1	342.53	342	0.53	341.54	339	2.54
	2	347.55	347	0.55	345.34	345	0.34
	3	274.62	273	1.62	273.98	273	0.98
50	2	286.08	286	0.08	284.75	283	1.72
	3	257.17	257	0.17	253.78	252	1.78
	5	334.93	333	1.93	330.83	330	0.83

Tabla N° 38: Tabla de comparaciones de pesos.

Probeta	Pesos Saturados	Pesos Secos
%	Variación de peso	Variación de peso
0	1.30	1.16
10	3.47	2.57
20	3.91	4.23
30	4.42	5.36
40	0.90	1.29
50	0.73	1.44

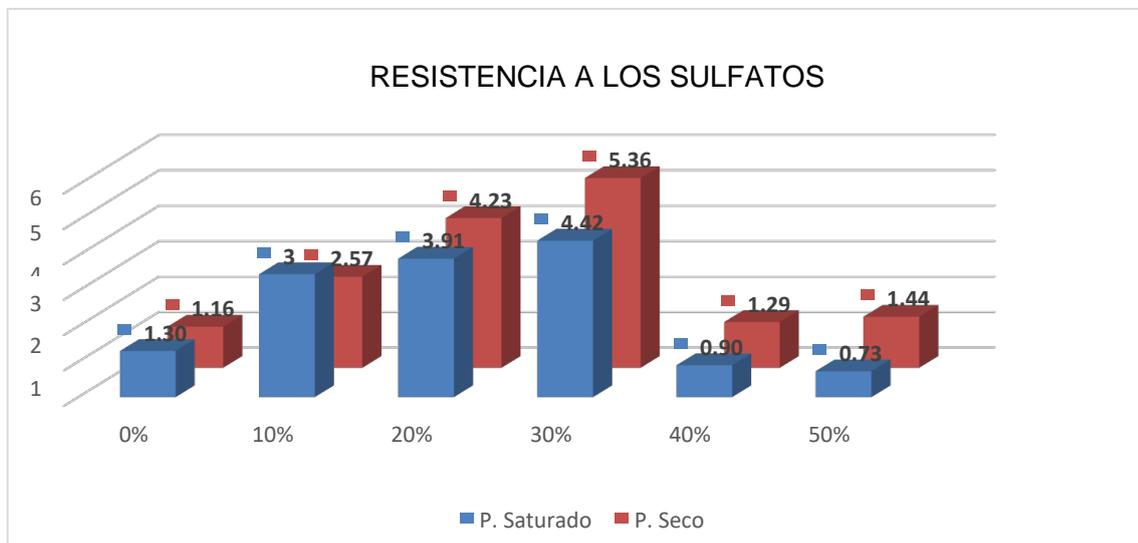


Figura N°14: Resistencia a los sulfatos

Tabla N° 39: Tabla de ensayo de resistencia a la base fuerte

Probeta		Pesos			Pesos Secos		
% escombro	Probeta seleccionada	Antes de ensayo	Después de ensayo	Variación de peso	Antes de ensayo	Después de ensayo	Variación de peso
0	1	290.28	289	1.28	288.37	286	2.37
	2	288.17	287	1.17	287.33	285	2.33
10	1	293.95	293.54	0.41	292.37	289.52	2.86
	2	288.41	288	0.41	286.22	284	2.22
20	1	360.5	359	1.5	357.63	356	1.63
	2	352.5	352	0.5	350.02	347	3.02
30	1	276.14	275	1.14	273.89	271	2.89
	2	301.48	300	1.48	299.35	298	1.35
40	1	280.31	279	1.31	276.57	276	0.57
	2	294.05	292	2.05	290.15	289	1.15
50	1	292.41	292	0.41	290.84	288	2.84
	2	263.62	262	1.62	260.16	259	1.16

*Tabla N° 40: Tabla de comparaciones de pesos del ensayo de
resistencia a la base fuerte*

Probeta	Pesos Saturados	Pesos Secos
%	Variación de peso	Variación de peso
0	1.22	2.35
10	0.41	2.54
20	1.00	2.32
30	1.31	2.12
40	1.68	0.86
50	1.02	2.00

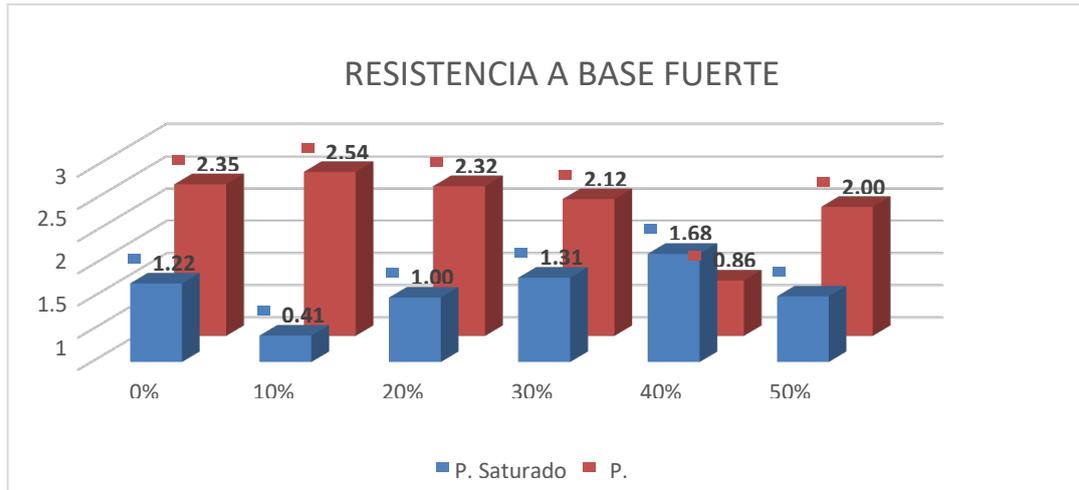


Figura N°15: Promedio de los volúmenes de las probetas.

Se concluye que el porcentaje óptimo de escombros con respecto al ensayo de compresión es del 30% debido a que es el valor más aproximado al valor que brinda la norma. El valor indicado de dicho concreto será muy fluido por ende la trabajabilidad del mortero se verá afectada con lo cual la resistencia disminuirá por el aumento de cantidad de poros.

Se concluye que el concreto ideal para resistencias a la flexión es la de adición de 30% de escombros, la cual nos da un módulo de rotura mayor que la probeta patrón.

Se puede usar en todo tipo de edificaciones, pero en zonas donde no se necesiten altas resistencias al intemperismo además acerca de su uso se puede usar para losas, muros, prefabricados y corrido de cornisas ya que estas no necesitan un concreto de altas resistencias.

En nuestro caso no varío significativamente debido al proceso de curado, sin embargo, se debe añadir un aditivo plastificante para un mejor comportamiento, el % de variación es menor al 5% solo en el 30% pero a medida que se incrementa el porcentaje de reemplazo disminuirá su resistencia.

Se concluye que para un mejor reemplazo el análisis granulométrico debe coincidir en gran medida con la del agregado natural, si en caso no coincide se evaluará el M.F que según estudios realizados en Universidad Politécnica de Valencia no habría cambios significativos, en nuestro caso para una mejor elección del % ideal evaluamos también las propiedades físicas del concreto.

VI. RECOMENDACIONES.

Para una mayor homogenización de resultados las muestras deben estar sujetas a mismas condiciones; es decir hechas en el mismo día y con los mismos materiales, para determinar el peso seco (si las muestras no van a ser empleadas en otro experimento) se pone en el horno por un día a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Para obtener el peso saturado hay que dejar las muestras en agua por al menos 24 horas, todas al mismo tiempo; evitar que el agua presente impurezas.

Para obtener el peso sumergido debemos implementar bien nuestro equipo considerando que la muestra debe estar completamente sumergida y además se debe considerar que la balanza a utilizar en todos los casos debe ser una de 0.01 gr de precisión.

Tratar de que el agregado reciclado no esté expuestos a muchos agentes contaminantes ya que esto generara una debilidad ante los sulfatos y cloruros muy alta. Tratar de que todo el agregado reciclado a utilizar se tamiza en un solo día para así evitar que esté presente alteraciones en su composición.

Para el ensayo de Resistencia a los sulfatos y a la base fuerte se debe tener cuidado que la solución no se precipite para lo cual es recomendable usar algún motor que brinde movimiento al agua, en nuestro caso empleamos una compresora de aire, brindándole el movimiento requerido para evitar la precipitación de la solución.

Para investigaciones futuras se recomienda añadir aditivos plastificantes al concreto reciclado, ya que el concreto reciclado a medida que aumenta el % de árido aumenta la cantidad de absorción, por experiencia personal y sugerencia de Ingenieros con alta experiencia se debe añadir el aditivo EUCO 1038.

Si bien es cierto es usado el concreto reciclado para pavimentos, pero para reforzar su resistencia a la flexión se recomienda usar fibra drimix ya que podría llevar a la larga un mayor costo beneficio.



Se recomienda elaborar diseños de mezcla a diferentes resistencias, pero con los diferentes tipos de cementos ya que en la presente tesis solo se elaboró con el cemento tradicional Tipo I.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahibola, T. (2016). *Concreto agregado residual de alto rendimiento incorporando micro sílice y fibra macro sintética*.

Asencio, A. (2014). "Efecto de los agregados de concreto residual en la resistencia a la compresión". *Cajamarca, Cajamarca, Trujillo*.

Bedoya, C. (2015). *Concrete with recycled aggregates as urban sustainability project*. Revista: Ingeniería de Construcción, N° 30(02), Pág. 9-108.
Recuperado de:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-2050732015000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Blas, F. (2017). Correo. Recuperado de: <https://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/informalidad-en-construcciones-%20incrementa-el-riesgo-en-trujillo-775048/>

Buchanan, L., Lee, J., Peçanha, S., & Lai, R. (2017). *The New York Times*. Recuperado de <https://www.nytimes.com/es/interactive/ciudad-de-mexico-destruccion-danos-estructuras-sismo-roma-condesa/>

Castillo, R. (2011). *Study of the addition of calcined clays in the durability of concrete*. Revista Ingeniería de Construcción, 26(04), Pág. 25 - 40.
Recuperado de:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732011000100002&lng=es&nrm=iso

Cemex. (2019). *¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto?*. Artículos de Construcción. Recuperado de:
<https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->

Chiappe, G. (2015). *La mula*. Recuperado de:
<https://redaccion.lamura.pe/2015/09/17/lima-no-esta-preparada-para-hacer->

frente-a-un-terremoto-de-gran-intensidad/gabrielachiappe/

Corral, R. (2013). *Chloride corrosion of embedded reinforced steel on concrete elaborated from recycled coarse aggregates and supplementary cement materials*. *Revista Ingeniería de Construcción*, 28(01), pág. 21 - 35.

Recuperado de:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732013000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Dia, S. (2017). *El Telégrafo*. Recuperado de:
<https://www.letelegrafo.com.ec/noticias/702/51/la-tragedia-de-abril-incendio-en-el-desempeno-de-la-economia-nacional>

El Universal. (2010). Recuperado de:
https://web.archive.org/web/20100117090500/http://deportes.eluniversal.com/2010/01/12/int_ava_palacio-presidencial_12A3281131.

Falen, J. (2017). *El Comercio*. Recuperado de:
<https://elcomercio.pe/peru/afrentaria-peru-sismo-gran-magnitud-noticia-%20459815/>

Garzón, L. (2004). *Construdata*. Recuperado de:
<https://www.construdata.com/BancoConocimiento/T/torrespetonasiascreto/torrespetonasiascreto.asp>

Hernández, B. (2016). *Propiedades físicas y mecánicas de concreto con agregado grueso reciclado pre- tratado*. México.

Hernández, J. (2017). *Distritos vulnerables por un eventual sismo en Lima*. PERU21. Recuperado de <https://peru21.pe/lima/son-distritos-vulnerables-eventual-sismo-gran-magnitud-lima-376760>

Javier, P. (2011). *El hormigón reciclado, alternativa para reconstruir edificios en Haití*. *Tendencias de la Ingeniería*. Recuperado de:
<https://www.tendencias21.net/El-hormigon-reciclado-alternativa-para->

[reconstruir-edificios-en-Haiti_a5604.html](#)

Jordán, J. (2014). *Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra*. Chimbote, Ancash, Perú.

Kroll, A. (2017). *Archdaily*. Recuperado de <https://www.archdaily.pe/pe/866961/clasicos-de-la-arquitectura-torres-petronas-cesar-pelli>

Lara, M. (2017). *"Influencia del concreto reciclado en el comportamiento estructural de un Modelo de vivienda económica con muros de ductilidad limitada - Nuevo Chimbote, 2017"*. Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

López, F. (2008). *Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural sobre sus propiedades físicas y mecánicas*. Gijón, España.

Martínez, P. (2017). *La Razón*. Recuperado de: http://www.la-razon.com/mundo/resumen-mexico-terremotos-2017_0_2844915503.html

Pérez, N. (2018). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un agregado de concreto reciclado*.

Ruiz, D. (2015). *Performance of cantilever reinforced concrete beams with fibers loaded with cyclic forces*. *Revista Ingeniería de Construcción*, 30(01), Pág. 17 - 31. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-50732015000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Sahoo, K. (2016). *Studies on Concrete Made of Recycled Materials for Sustainability*.

Sandoval, P. (2016). *El Comercio*. Recuperado de: https://elcomercio.pe/lima/construyen-30-mil-casas-informales-ano-lima-%20275698/?ref_contenido



Ureste, M. (2017). *Animal Politico*. Obtenido de
<https://www.animalpolitico.com/2017/10/cifras-oficiales-sismo-19s/>

Zibell, M. (2016). *BBC*. Obtenido de
https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160417_ecuador_terremoto_p_reparacion_il

ANEXOS.

1. FÓRMULAS USADAS EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN:

- a. Fórmula para hallar la resistencia a la compresión:

$$f_c = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área (Probeta)}}$$

Donde:

F: Fuerza aplicada para la rotura

A: Área de la probeta empleada

- b. Fórmula para hallar el módulo de rotura en el ensayo de flexión de probetas de sección rectangular

$$\sigma_{max} = \frac{3PL}{2BH^2}$$

Donde:

P: Fuerza aplicada

L: Longitud del spam

B: Ancho de la probeta de sección rectangular.

H: Altura de la probeta de sección rectangular.

2. Fórmula para hallar la fluidez en los morteros con escombro:

$$\text{FLUIDEZ} = ((D_{\text{final}} - D_{\text{inicial}}) / D_{\text{inicial}}) * 100\%$$

Donde:

D_{final}: Diámetro del mortero con escombro después del ensayo de fluidez (mm).

D_{inicial}: Diámetro del mortero con escombro antes del ensayo de fluidez (mm).

3. FIGURAS DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES:

3.1. Instrumentos.



Figura N° 16: Balanza

3.2. Materiales.



Figura N°17: Cemento Tipo I



Figura N°18: Agregado reciclado



Figura N° 19: Arena Fina



Figura N° 20: Mallas de Tamizado

3.3. Equipos:



Figura N° 21: Equipo para ensayo de Granulometría

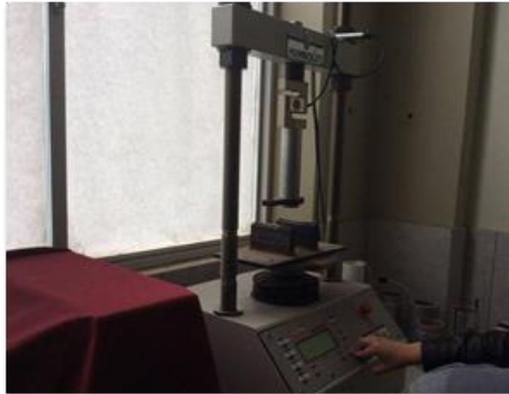


Figura N° 22: Equipo para el ensayo de Flexión



Figura N° 23: Equipo para el ensayo de Arquímedes

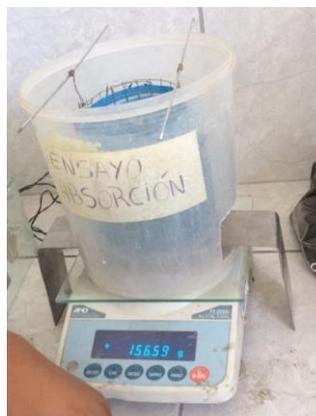


Figura N° 24: Equipo para el Ensayo de Sulfatos – Bases



Figura N° 25: Equipo para el ensayo de Fluidez

3.4. ENSAYOS

A. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Figura N° 126: Ensayo de Resistencia a la Compresión



Figura N° 27: Rotura de probetas

B. ENSAYO DE ARQUÍMEDES



Figura N° 28: Ensayo de Arquímedes



Figura N° 29: Ensayo de Arquímedes



Figura N° 30: Ensayo de Arquímedes

C. ENSAYO DE RESISTENCIA A LOS SULFATOS



Figura N° 31: Realización del ensayo de NAO

D. ENSAYO DE RESISTENCIA A LOS BASE FUERTE



Figura N° 32: Realización del ensayo de NaOH



Figura N° 33: Probetas con Fenolftaleína