

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la compresión del concreto $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$,
sustituyendo al agregado grueso en 5% y 10% por residuos
de acrílico Huaraz 2020.**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor(es):

Daniel Abel Norabuena Romero

Asesor(a) – Código ORCID

Segundo Moncada Fernández – (0000-0002-1553-5273)

Huaraz – Perú

2021

Palabras clave

Tema	Uso del acrílico
Especialidad	Tecnología del concreto

Keywords

Subject	Use of acrylic
Specialty	Concrete technology

Línea de investigación	Construcción y Gestión de la construcción
Área	Ingeniería, Tecnología
Subarea	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería de la Construcción

Resistencia a la compresión del concreto $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$,
sustituyendo al agregado grueso en 5% y 10% por residuos
de acrílico Huaraz 2020.

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar el efecto de sustituir agregado grueso en 5% y 10% por residuos deacrílico en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, el cual trató de minimizar la sobreexplotación de las canteras en nuestra localidad, para ello se utilizó la metodología experimental de tipo aplicada: ya que se utilizó las herramientas o conocimientos para solucionar un problema y básica: porque generó un nuevo conocimiento, sobre la sustitución del agregado por nuevos componentes, se trabajó con una población finita los cuales fueron sustituidos en 0%, 5% y 10%, el agregado grueso por residuo deacrílico, la muestra fue conformada por 27 probetas, las cuales pasaron por la prueba de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, y así se pudo saber el efecto de sustituir el agregado grueso por residuo deacrílico, tratando de comprobar la hipótesis de que al sustituir el agregado grueso en 5% y 10% por residuo deacrílico mantendría la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, de lo cual se obtuvo los resultados de que las probetas con sustitución del residuo deacrílico tuvieron menos resistencia a la compresión, de lo que dio como resultado que este tipo de concreto puede ser utilizable para una resistencia menor controlando el uso de agua, ya que elacrílico es un material no absorbente.

Abstract

The objective of this research work was to determine the effect of substituting coarse aggregate in 5% and 10% with acrylic residues on the compressive strength of concrete $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, which tried to minimize the overexploitation of the quarries in our locality, for this the experimental methodology of the applied type was used: since the tools or knowledge were used to solve a problem and basic: because it generated new knowledge, about the replacement of the aggregate by new components, we worked with a finite population which were replaced in 0%, 5% and 10%, the coarse aggregate by acrylic residue, the sample was made up of 27 specimens, which passed through the compression resistance test at 7, 14 and 28 days, and thus it was possible to know the effect of replacing the coarse aggregate with acrylic residue, trying to verify the hypothesis that by replacing the coarse aggregate in 5% and 10% with acrylic residue would maintain the compressive strength of concrete $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, from which the results were obtained that the specimens with replacement of the acrylic residue had less compressive strength, from which it was concluded that this type of Concrete can be usable for less resistance by controlling the use of water, since acrylic is non-absorbent material.

Índice

Palabras clave	i
Título de la Investigación	ii
Resumen	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA	17
III. RESULTADOS	19
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	46
V. CONCLUSIONES.....	48
VI. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
AGRADECIMIENTOS	53
ANEXOS Y APENDICE	54

Índice de tablas

Tabla N°1. Porcentajes máximos de sustancias dañinas	10
Tabla N°2. Técnicas e instrumentos de investigación	18
Tabla N°3. Peso específico por desplazamiento del residuo de acrílico	19
Tabla N°4. Datos de ensayo de peso unitario del residuo de acrílico	20
Tabla N°5. Granulometría del agregado fino	21
Tabla N°6. Granulometría del agregado grueso	22
Tabla N°7. Contenido de humedad del agregado grueso	24
Tabla N°8. Contenido de humedad del agregado fino	25
Tabla N°9. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino	26
Tabla N°10: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	26
Tabla N°11: Datos de ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino ...	27
Tabla N°12: Datos de ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso	28
Tabla N°13: Contenido de aire atrapado	29
Tabla N°14: Volumen unitario de agua	30
Tabla N°15: Relación agua cemento	30
Tabla N°16: Peso del agregado por unidad de volumen de concreto	31
Tabla N°17: Tabla de datos de los agregados a usar en diseño de mezcla	33
Tabla N°18: Relación agua cemento de los materiales sustituidos	40
Tabla N°19. Resistencia a la compresión del concreto patrón	42
Tabla N°20. Resistencia a la compresión con sustitución de 5% de residuo de acrílico	42
Tabla N°21. Resistencia a la compresión con sustitución de 10% de residuo de acrílico	42

Índice de Figuras

Figura N°1. Restos de acrílico	12
Figura N°2. Monómero del poliácido acrílico	13
Figura N°3. Acrilato y metacrilato de acrílico	13
Figura N°4. Polimerización vinílica de radicales libres	13
Figura N°5. Curva granulométrica del agregado fino	22
Figura N°6. Curva granulométrica del agregado grueso	23
Figura N°7. Relación agua y cemento con sustitución	41
Figura N°8. Resistencia a la compresión del concreto patrón	43
Figura N°9. Resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 5% de residuo de acrílico	43
Figura N°10. Resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 10% de residuo de acrílico	44
Figura N°11. Comparación del concreto patrón vs el experimental	45

I. INTRODUCCIÓN

En actualidad al hablar de construcción, es tratar de ubicar de donde podemos sacar los agregados, encontrándonos que en la actualidad existe sobre explotación de canteras, llegando a afectar el recorrido y el cauce del río, por lo cual se trató de dar una solución o alternativa para aminorar el uso de los agregados y sustituirlos por otros, como es el caso de esta investigación, que trata sobre el uso del residuo de acrílico en sustitución del agregado grueso en el concreto, para lo cual se controló el porcentaje de sustitución por el agregado grueso que es de 5% y 10% en comparación con muestras de concreto patrón, siendo sometidos al ensayo de resistencia a la compresión.

Es por ello que se planteó este trabajo de investigación, para aminorar la sobre explotación de canteras aledañas a nuestra localidad, las que vienen afectando a nuestro entorno natural.

Es por ello que se estudió a autores internacionales, tales como Bosa y Molina (2015), en su trabajo de investigación titulado tuvo por objetivo general determinar la resistencia a la flexión y compresión de “COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DE UN CONCRETO TRANSLÚCIDO ELABORADO A PARTIR DE UN ACRÍLICO (POLI EPÓXIDO) Y UN CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO PORTLAND DE 300 PSI (21 MPA, 210 KG/CM²)”, un concreto translúcido que fue creado a partir del acrílico en comparación con el concreto convencional de 300 psi (21 MPa 210 kg/cm²), para lo cual utilizo una metodología de tipo experimental aplicada, con lo que obtuvo los resultados de que en las viguetas de concreto translúcido a pesar de presentar un comportamiento de falla frágil estuvieron por encima de los resultados de las viguetas de concreto convencional de 300 psi y con lo que llegó a la conclusión de que el diseño de mezcla para el concreto traslucido en las tres presentaciones obtuvo mejoras en la resistencia comparados con el cemento convencional. El concreto traslucido que presentó mayor resistencia en compresión fue elaborado con piedra blanca.

También según Catalan (2013), en su trabajo de investigación “ESTUDIO

DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN HORMIGONES GRADO H15, H20 Y H30” tuvo como objetivo general estudiar de qué manera influye la adición de vidrio en la resistencia del hormigón, de grado H15, H20 y H30, para lo cual utilizó una metodología de tipo experimental, con lo que obtuvo como resultado que el hormigón que contenía en su mezcla al vidrio, continua sin alteración en sus propiedades, así como en estado fresco y endurecido, obteniendo así un pequeño incremento de la resistencia en la mezcla con 10% de sustitución de vidrio, con lo que concluyó que no se observó variación significativa en la resistencia en comparación con los hormigones patrones, con lo que es factible la inclusión de vidrio en el hormigón.

Así mismo Guayanay y Morales (2013), en su proyecto de investigación “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE HORMIGÓN CON INCLUSIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN HORMIGONES DE RESISTENCIA NORMAL”, tuvieron por objetivo general analizar el comportamiento en la resistencia a la compresión de una mezcla de hormigón de 28 Mpa, en la cual se reemplazará el 10% y 20% del agregado fino y grueso por vidrio, así también se realizó una mezcla más donde se sustituyó arena y ripio por el vidrio en un 10%, para lo cual utilizaron la metodología de tipo experimental, con lo que obtuvieron como resultado, que el concreto que tenía el 10% de vidrio en sustitución de arena, mostró menos alteración de la resistencia a la compresión, y bajo costo de producción, llegando a la conclusión que al usar como agregado al vidrio, se requiere una rectificación en la adición de agua, ya que el vidrio viene a ser un elemento que no absorbe.

Además en el ámbito Nacional según Pinedo (2019), en su trabajo de investigación titulado “ESTUDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$, CON LA ADICIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, 2018”, tuvo por objetivo primordial comprobar si sus probetas con aumento de plástico reciclado PET mejora su resistencia a la compresión, para lo cual utilizó una metodología de tipo experimental, con lo que obtuvo que la resistencia a la compresión del

concreto patrón sin adición de PET a los 28 días es de 220 kg/cm², la resistencia que contiene plástico PET reciclado adicionado de 5%, 10% y 15% obtuvieron 191 kg/cm², 168.25 kg/cm² y 151.31 Kg/cm² respectivamente y llegando la conclusión que el concreto con adición de plástico reciclado PET posee características favorables para uso en la construcción en concreto no estructurales y a su vez es una forma de mitigación ambiental de desechos plásticos.

Así como Cortez (2017), en su trabajo de investigación titulado "ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F'C = 175 KG/CM² SUSTITUYENDO EL AGREGADO GRUESO CON VIDRIO TRITURADO TIPO SODO CÁLCICO", tuvo por objetivo general precisar de qué manera influye el vidrio triturado tipo sodo cálcico reemplazando al agregado grueso en el ensayo a la resistencia a compresión del concreto de f'c = 175 kg/cm², para lo cual utilizó una metodología del tipo aplicada, con nivel de investigación descriptivo, correlacional, explicativo, con método científico deductivo, inductivo, medición, experimenta, con un diseño de investigación experimental, puro, con lo que obtuvo los resultados que al adicionar 20% de vidrio se incrementó la resistencia dando como resultado 197 kg/cm². Con lo que determino que la adición del vidrio triturado tipo sodo cálcico mejora la resistencia a la compresión del concreto, obteniendo un incremento de 177 kg/cm² a 197 kg/cm², en los 28 días de edad.

También Intor (2015), en su trabajo de investigación titulado "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C =175 KG/CM² CON FIBRAS DE POLIPROPILENO", tuvo por finalidad Precisar la resistencia a la compresión del concreto f'c = 175 kg/cm² con fibra de polipropileno, para lo cual utilizó una metodología descriptiva, no experimental y transversal, con lo que obtuvo los resultados de que la proporción en la adición de polipropileno por el peso de cemento mejoró los resultados en el ensayo a la compresión del concreto f'c = 175 kg/cm² a edades de 7, 14 y 28 días. Llegando a la conclusión de que, al adicionar la fibra de polipropileno por peso de cemento, a comparación de la mezcla patrón con las proporciones, de 0.25%, 0.60% y 1.00% a los 7 días es de

0.97%, 2.88% y 3.80%, a los 14 días es de 1.59%, 3.25% y 3.92%, a los 28 días es de 1.59%, 4.19% y 6.02%, respectivamente.

Y por último en el ámbito local según Brito y Foronda (2019), en su trabajo de investigación titulado “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F'C = 210$ KG/CM² SUSTITUYENDO EL CEMENTO A UN 23% POR ADITIVO SÚPER PLASTIFICANTE”, tuvo por objetivo general reducir el uso del cemento adicionando aditivos súper plastificantes, para lo que se propuso conseguir una resistencia de 210 kg/cm², utilizando una metodología de tipo experimental, con lo que obtuvo como resultados una resistencia superior a lo propuesta, observando que al usar menos cemento con sustitución del aditivo fue propicio, con lo que llegó a la conclusión de que existe una reducción en el costo de producción del concreto, cuando se usa el aditivo, sin que sufra variación a la resistencia del concreto y a sus propiedades físicas.

Así mismo según Matienzo (2018), en su trabajo de investigación titulado “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO $F'C = 210$ KG/CM², SUSTITUYENDO AL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE UN 8% POR EL POLVO DE LA CONCHA DE ABANICO Y 12% POR LAS CENIZAS DE LA CASCARA DE ARROZ – 2017”, tuvo como finalidad general determinar la resistencia del concreto 210 kg/cm² sustituyendo el cemento en un 8% por polvo de concha de abanico y 12% por cenizas de la cascara de arroz, para lo cual utilizó una metodología de tipo aplicada explicativa, con lo que obtuvo como resultados que las cenizas obtenidas de las cascara de arroz muestran un 90.55% en la adición de óxidos y que el polvo de la concha de abanico un 98.58%, al reemplazar el cemento por el 20% de la mezcla de las cenizas de las cascara de arroz y el polvo de las conchas de abanico obteniendo las resistencias de 52.82%, 81.08% y 99.49% a los 7, 14 y 28 días respectivamente de curado y con lo que llegó a la conclusión de que las cenizas de las cascara de arroz y el polvo de las conchas de abanico se pueden usar como puzolana en proporciones menores al 20%.

Como también Jordan y Viera (2014), en su trabajo de investigación, “ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO RECICLADO DE OBRA”, tuvo por objeto comprender el proceso de transformación de cómo se comporta el concreto estructuralmente elaborado con agregados reciclados, para la cual utilizaron la metodología de tipo experimental, con lo cual obtuvieron como resultado que los testigos hechos de concreto reciclado obtuvieron resistencia superior a los 7 días y para los 14 y 28 días la resistencia fue menos que la resistencia patrón, llegando a concluir que la alteración de la resistencia a la compresión del concreto está en función a los diferentes porcentajes usados como agregado de concreto reciclado.

Conceptualización

Concreto:

De las revisiones anteriores de los distintos autores se presenta el marco teórico; según Sánchez (2001) definió el concreto como una mezcla de componentes aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), siendo este un componente que se usa como relleno (agregados o áridos), agua y algunas veces aditivos, que al estar en estado endurecido conforman un todo macizo (piedra artificial) y pasado algún tiempo puede resistir considerables esfuerzos de compresión.

Según Rivva (2000) nos dice que el concreto es un material de construcción con mucho uso. Para la obtención de un buen concreto depende de manera primordial del estudio de los componentes y de la habilidad profesional del ingeniero encargado, el concreto no es muy conocido en varios de sus siete aspectos: materiales, naturaleza, propiedades, análisis de proporciones, control de calidad e inspección, proceso de colocado en obra, y mantenimiento de los elementos estructurales.

Estados del concreto

También nos dice que el estado fresco; es el material o la masa mientras se encuentra en estado fluido, es decir desde el momento en que se mezclan todos

los materiales hasta el comienzo del fraguado de la masa. El estado fraguado; es el estado cuando la mezcla comienza a ponerse rígido, al dejar de estar flexible, esto se presenta después de la compactación y mientras se da el acabado y el estado endurecido; se presenta cuando el concreto termina el fraguado, donde empieza a obtener resistencia y procede a endurecerse, como paso final.

Propiedades de concreto

Así mismo nos dice que las propiedades del concreto, en estado fresco, como es la trabajabilidad, es una propiedad de suma importancia en muchos usos del concreto. Es la trabajabilidad con la cual se mezclan los componentes y la masa obtenida es manejable, transportada y colocada sin perder homogeneidad. En la Cohesividad nos dice que, gracias a esta cualidad, se puede manejar la segregación en la etapa del manejo de la mezcla. Cuando la mezcla no es demasiado plástica, ni demasiado viscosa, se puede decir que la mezcla que posee el grado óptimo de cohesividad. Que la exudación es cuando aparece una cantidad de agua en la superficie de la mezcla, mayormente por la sedimentación de los sólidos. Esto comienza cuando el concreto es puesto y consolidado en los encofrados hasta cuando se fragua. Y la segregación es cuando se produce la desunión de los diferentes componentes del concreto, es decir cuando el agregado grueso se separa del mortero. La segregación ocasiona que el concreto sea de poca resistencia, poco durable, haciendo que aminore la resistencia y también la vida útil del concreto.

Estados del concreto

En el estado endurecido la resistencia es la capacidad que posee el concreto al resistir la fuerza a compresión que se ejerce sobre este. La mayoría de las veces es determinada por la resistencia última de una probeta. El concreto aumenta su resistencia en un largo tiempo, la medida común es realizar la prueba de compresión a los 28 días. La durabilidad es cuando el concreto es resistente a la intemperie, a los químicos y al desgaste, a los que será expuesto en su vida útil.

Componentes del concreto

Según Pasquel (1998). Los componentes para la elaboración del concreto en la tecnología del concreto actual se determina para este elemento cuatro elementos: Cemento, agua, agregados y aditivos los cuales vienen a ser elementos activos y el aire viene a ser elemento pasivo. Sin embargo, la conceptualización tradicional considera a los aditivos como elementos opcionales, en la práctica actual estos son considerados un material normal, por tal motivo está justificado la conveniencia de su uso en perfeccionar las condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, dándonos un resultado más económico si se prioriza el economizar la mano de obra, equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparación e incluso en el uso menor del cemento.

También nos dice que el cemento es un conglomerante conformado de la unión de caliza y arcillas calcinadas y después molidas, teniendo la propiedad de solidificarse después de estar en unión con el agua. Obteniendo como resultado del molido de estas rocas al Clinker, convirtiéndose en cemento al adicionarle una mínima porción de yeso, para obtener la propiedad del fraguado al añadirle agua y endurecerse después.

Composición química

Según Riva (2000). Nos dice que la composición del cemento está conformada de Cal + Arcilla (sílice y alúmina), elementos que cambian entre los siguientes límites:

- ✓ 58 a 66% de óxido de calcio (CaO), como resultado de la cocción de piedra caliza que se encuentran en la naturaleza como carbonato de calcio (CaCO_2).
- ✓ 19 a 26% de sílice (óxido silicoso SiO_2).
- ✓ 3 a 6% de Alúmina (Al_2O_3).
- ✓ 4 a 7% de óxido de hierro (Fe_2O_3) que es agregado como fundente.

Tipos de cemento

Según Pasquel (1998). Nos dice que el cemento tipo I se usa, fundamentalmente en las obras de concreto en común, cuando en ellas no mencionen el uso de otro cemento. Ejm.: Edificios, estructuras de industrias, conjuntos habitacionales. Las de tipo II son de mesurada resistencia a los sulfatos este cemento portland se usa en obras de concreto en general y obras que se exponen moderadamente a agentes sulfatados o cuando se necesite moderado calor de hidratación, si es que así es solicitado. Ejm: Puentes, tuberías de concreto. Los de tipo III son las de mayor resistencia inicial, empleado cuando urge que la estructura de concreto soporte carga cuanto antes o sea primordial quitar el encofrado (sacar los moldes que dan forma al hormigón) a los pocos días de vaciar el concreto. Las de tipo IV son empleados en instalaciones donde se solicite un bajo calor de hidratación. En su fraguado, no deben obtenerse dilataciones. Las de tipo V son usados donde se solicite una mayor resistencia a la acción concentrada o mayor exposición a los sulfatos. Ejm: Canales, alcantarillados, construcciones portuarias. Y el cemento puzolánico que contiene abundante resistencia a los medios agresivos. Son usadas en edificaciones expuestas a la acción del mar.

Agua

También nos dice que el agua es un elemento primordial a la hora de la elaboración del concreto, ya que cumple una tarea de mucha importancia al mezclarse con el concreto dándole la característica de fraguar y endurecer para solidificarse como uno con los agregados. Mayormente se refiere a su función en cuanto a la proporción de cantidad para suministrar una relación agua/cemento que esté de acuerdo con las solicitudes de trabajabilidad y la resistencia, no obstante, no solo su cantidad que es primordial, sino asimismo su calidad química y física, lo cual lo separa en agua de mezclado y agua de curado.

En el gua de mezclado nos dice que es cuando se coloca junto con los agregados y el cemento, dado que es necesario afianzar una pasta hidratada, con una fluidez que brinde la lubricación conveniente de la mezcla cuando se mantiene

en estado plástico. Pudiendo ser agua de hidratación que viene a ser parte del agua de la mezcla que reacciona químicamente con el cemento para unirse en la etapa sólida del gel y agua evaporable que es la que excedente en la mezcla; esta puede desvanecerse a un mínimo porcentaje de humedad relativa. El agua que se evapora puede encontrarse en tres maneras diferentes, de acuerdo a que distancia se encuentre de la superficie del gel.

Sobre el agua de curado nos dice que se determina como el grupo de condiciones que se necesitan para que al hidratarse la pasta, se transforme sin inconvenientes, hasta que el cemento esté hidratado y la mezcla del concreto llegue a su máximo nivel potencial.

Agregados

También nos dice que los agregados son componentes inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento con los cuales conforman la estructura resistente. Estos toman posesión de un aproximado de las tres cuartas partes del volumen total. Que se pueden clasificar en agregados por su procedencia, por su gradación y por su densidad.

Clasificación de los agregados

Por la procedencia los clasifica en: agregados naturales que son los originados por procesos geológicos de la naturaleza que ocurrieron durante miles de años y que se obtienen extrayéndolos, seleccionándolos y procesándolos para mejorar su uso en la utilidad de concreto. Y en agregados artificiales que se originan por un procedimiento de transformación de los materiales naturales, que dan origen a elementos secundarios que por un proceso más son habilitados para usarse en la elaboración del concreto.

Por su gradación nos dice que es la repartición volumétrica de las partículas. Se determinó de manera conveniente la clasificación entre agregados grueso y fino de acuerdo a las partículas grandes y a las pequeñas de 4.75 mm (Malla # 4). El agregado fino es el material que pasa el tamiz 3/8" quedando recolectado en la

malla N° 200, siendo el más común la arena que proviene del resultado de la desintegración de las rocas.

Por su densidad nos dice que se clasifican en agregados con peso específico normal que están entre 2.50 a 2.75, ligeros de pesos específicos menores a 2.5, y agregados con pesos específicos son mayores a 2.75.

La norma técnica peruana nos dice que los requisitos de los agregados para el concreto por granulometría de agregados finos y gruesos, según la norma ASTM c-33, y NTP 400.037 deben obedecer a las gradaciones establecidas en NTP 400.012, respectivamente.

También nos dice que las sustancias dañinas no deben exceder los porcentajes máximos siguientes:

Tabla N° 1: Porcentajes máximos de sustancias dañinas

DESCRIPCIÓN	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
Partícula deleznable	3%	5%
Materiales más finos que el tamiz N° 200	5%	1%
Carbón y lignito	0.50%	0.50%

Fuente: NTP 400.37

Acrílico

Historia

Según Evonik (2020). El Acrílico es el polímero de metil metacrilato, o más conocido como PMMA.

Es un Termoplástico sólido muy transparente. En su estado natural es incoloro, no obstante, se puede pigmentar para conseguir una variedad de colores. También se puede dejar sin pigmento para obtener una lámina transparente.

Nos dice que, en 1933 la compañía Röhm & Haas introdujo un vidrio acrílico transparente duro y a prueba de roturas bajo la marca PLEXIGLAS®. Este producto dio un nuevo impulso a muchos sectores de la industria debido a sus propiedades vítreas y pronto desempeñó un papel importante en los objetos

cotidianos, el acristalamiento y los letreros de neón. Hoy en día, el uso de PLEXIGLAS® en la vida diaria, la arquitectura y el diseño es evidente.

Ya en 1901, el Dr. Otto Röhm había escrito una disertación titulada "Productos de polimerización de ácidos acrílicos". Desde entonces, había estado pensando en una forma de hacer que este material fuera comercialmente útil. Cuando la joven empresa fundada para productos enzimáticos en 1907 obtuvo suficientes ganancias para permitir los gastos de investigación, Röhm formó un equipo de investigación a partir de 1910 con el objetivo de la síntesis y polimerización de ácidos acrílicos y luego metacrílicos. El equipo verificó sistemáticamente todo tipo de propiedades de los acrílicos y desarrolló un material transparente similar al caucho, llamado LUGLAS como vidrio de seguridad para parabrisas. Este producto fue el núcleo de la química acrílica de Röhm & Haas.

Después de 1933, el nuevo material disfrutó rápidamente de un uso generalizado. Pero el uso en aplicaciones civiles, por ejemplo, para fundas de instrumentos, vasos de reloj y cubiertos pronto retrocedió. Esto se debió a que PLEXIGLAS® se utilizó en particular en la industria de armamentos para las ventanas de las cabinas de los aviones. Este uso causó un crecimiento en auge de la empresa. Entre 1933 y 1943 el personal se multiplicó por diez. Para mantener la producción en altos niveles, también se contrataron trabajadores forzados. Debido a la gran demanda y la influencia del gobierno nazi, se planearon nuevos sitios de producción en Worms y Mittenwalde, cerca de Berlín.

Después de la Segunda Guerra Mundial, se desarrollaron nuevos usos civiles debido a la excelente resistencia a la intemperie, larga vida útil, alta resistencia a la rotura, propiedades superiores de transmisión de luz, procesamiento simple y bajo peso del producto. Ejemplos de usos fueron publicidad iluminada, techos de vidrio y diseño de fachadas. En las décadas de 1960 y 1970 se agregaron aplicaciones en instalaciones sanitarias y ventanas de invernaderos.

Hoy, los productos PLEXIGLAS® se utilizan en una amplia gama de aplicaciones. Se pueden emplear en muebles, tecnología de comunicación,

construcción de ferias comerciales, en el campo de la industria aeroespacial, optoelectrónica y la construcción de acuarios de agua de mar. Los compuestos de moldeo PLEXIGLAS® sirven como material de partida para todas las aplicaciones de moldeo por inyección y extrusión. Además de las láminas, varillas y tubos PLEXIGLAS®, juegan un papel importante en la cartera de metacrilatos de polimetilo.

Al adquirir el 100 por ciento de American CYRO Industries en 2005, el negocio de vidrio acrílico de Evonik Industries se fortaleció sustancialmente. El polimetilmetacrilato se produce bajo la etiqueta ACRYLITE® y se vende en todo el continente americano. A mediados de 2007 se estableció una empresa conjunta con una empresa taiwanesa, seguida de la producción de PLEXIGLAS® para aligerar módulos en pantallas de computadora. La materia prima necesaria se producirá en una instalación compuesta para metilmetacrilatos y especialidades de metacrilato en Shanghai.



Figura N° 1: Restos de acrílico
Fuente: Elaboración propia

Composición química

Según Mariano (2011). El PMMA se origina del ácido acrílico y de su

polimerización. El ácido acrílico es la materia primordial que se usa en la elaboración de ésteres acrílicos y como monómero para ácidos y sales poliacrílicos. El polímero acrilato más simple es el poliácido acrílico, cuyo monómero es:

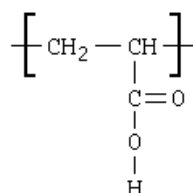


Figura N° 2: Monómero del poliácido acrílico
Fuente: Mariano (2011)

Nos comenta que el poliácido acrílico absorbe grandes porciones de agua. Por lo tanto, es usado como principal elemento absorbente en la fabricación de pañales. El ácido acrílico origina, entre otros ésteres, al acrilato de metilo y al metacrilato de metilo.

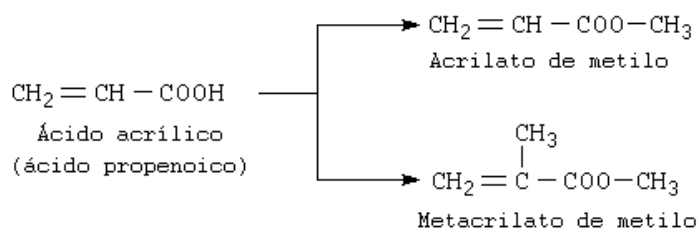


Figura N° 3: Acrilato y metacrilato de acrílico
Fuente: Mariano (2011)

El acrilato de metilo y el metacrilato de metilo se polimerizan dando origen al poliácrilato de metilo y polimetacrilato de metilo respectivamente.

El Polimetacrilato de metilo (más conocido como PMMA) o plexiglás es un polímero vinílico, conformado de la polimerización vinílica de radicales libres a partir del monómero metil metacrilato.



Figura N° 4: Polimerización vinílica de radicales libres
Fuente: Mariano (2011)

Propiedades

También nos habla sobre sus propiedades del acrílico, que se origina del ácido acrílico y de la polimerización de este. El PMMA es un tipo de plástico (o también Termoplástico), duro, resistente, transparente, con muy buenas propiedades visuales de alto índice de refracción, teniendo una durable resistencia a la vejez y a la exposición de la intemperie. La resistencia a la rotura con que cuenta en comparación con el cristal es siete veces mayor a iguales espesores, siendo este mucho más resistente a los impactos. En la horticultura presenta menos pagos por rotura y poco gasto en los mantenimientos de los invernaderos.

También que es un elemento liviano que cuenta con una densidad de 1.19 Kg/m³, muestra una excelente resistencia mecánica y estabilidad. Siendo este muy ligero soporta sobrecargas de 70 Kg/m², lo cual es de suma importancia para aquellos lugares de fuertes nevadas. La transparencia que posee este plástico se encuentra entre el 85% y el 92%, dejando pasar la mayoría de los rayos UV y su capacidad de difusión es casi nulo. Posee alta opacidad a las radiaciones, en las noches, del suelo.

Así mismo nos comenta que el coeficiente de conductividad térmica que posee el PMMA es 0,16 KCal/m.h.°C a comparación del vidrio que es de 0,64 KCal/m.h.°C, lo que dificulta en los invernaderos el enfriarse por las noches. Su vida útil es más en comparación del poliéster.

Por otro lado, los inconvenientes, el primordial es su precio alto, que unido al modelo de estructura solicitada hacen que las fabricaciones con este elemento, sea muy costoso. El metacrilato es muy fácil de rallar con cualquier tipo de objeto, por tal motivo habrá que considerar esto como un factor negativo.

Realidad Problemática

Con lo que se pudo analizar la realidad problemática, a nivel mundial se ve la alta producción del acrílico, ya sea en Estados Unidos o en Japón, por el alto consumo que le damos, en nuestro día a día en casa, medios de transporte o en el

ámbito de la salud, entre otros, dejando muchos sobrantes o restos de los trabajos realizados, los cuales, al no ser debidamente reciclados, producen contaminación ambiental.

En el ámbito nacional debido a las construcciones masivas que se dan en nuestra actualidad, se viene sobre explotando canteras para seguir realizando construcciones, causando un impacto ambiental, pero también tenemos mucha producción del acrílico, que, al ser usado para la fabricación de artículos, deja muchos desechos, los cuales podrían ser usados como agregados.

En el ámbito local, por la construcción de viviendas y obras del estado en ejecución, se ve la sobre explotación de canteras cercanas a los mismos, los cuales vienen afectando el recorrido y el cauce de los ríos, por tal motivo se pretende dar uso al residuo de acrílico como alternativa de agregado y tratar de evitar este impacto ambiental.

Justificación

De lo anterior se puede justificar la investigación a nivel científico, porque es un trabajo de investigación que usó el método científico, además utilizó la generación del conocimiento para la solución de un problema real, luego a nivel social se aportó al sector construcción con este estudio, ya que se obtuvo un concreto útil de los residuos de acrílico, porque influye directamente en la calidad de vida del día a día de la población, a nivel ambiental se trata de concientizar el reciclado y reutilizar este material que se viene dejando de lado, como desperdicio o basura de los que trabajan con acrílicos, afectando al medio ambiente, a nivel económico se usó este material para producir una mezcla de concreto que contenga buena resistencia, y trabajabilidad, minimizando los costos en agregado.

Problema

Con lo que se pudo formular el problema a solucionar ¿Cuál es el efecto de sustituir al agregado grueso en 5% y 10% por residuos de acrílico, en la resistencia

a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?, para ello se planteó la siguiente hipótesis la sustitución de agregado grueso en 5% y 10% por residuos de acrílico mantiene la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, planteándose así el objetivo general de determinar el resultado de sustituir agregado grueso en 5% y 10% por residuos de acrílico en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, de lo cual se desprendió los objetivos específicos, como el de caracterizar el residuo de acrílico a usar en la mezcla de concreto, diseñar la mezcla de concreto patrón y del concreto experimental, determinar la resistencia obtenida del concreto patrón y experimental al sustituir agregado grueso y evaluar el efecto de sustituir agregado grueso por residuo de acrílico.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Según Baena (2017), Define al tipo de investigación como objeto del estudio de un problema destinado a la acción. Esta investigación nos brinda hechos nuevos si proyectamos debidamente bien nuestro estudio, de tal manera que lleguemos a estar seguros en los actos que obtendremos como resultados, los nuevos resultados pueden ser útil y estimable para la teoría, es por ello que la investigación es de tipo aplicada, además definieron al diseño de investigación experimental como la que se da mediante el trabajo de una variable experimental no comprobada, en situaciones estrictamente controladas, con la finalidad de demostrar por qué causa o de que manera se presenta una situación o hecho dado en el estudio, es por ello que la presente investigación tuvo como variable experimental al residuo de acrílico, el cual se estudió en porcentajes controlados de sustitución por el agregado grueso.

2.2. Población, muestra y muestreo

Según Hernández, Fernandez y Baptista (2014), define a la población como el conjunto de todos los casos que se igualan con determinadas características, en nuestra investigación la población fue de tipo finita, ya que se contó con probetas de concreto, los cuales fueron sustituidos en 5% y 10% el agregado grueso por residuo de acrílico (Metil Metacrilato).

Según Baena (2017), la muestra es una parte que representa al universo en estudio, la cual se puede obtener por diferentes maneras que comprenden dos grandes grupos, el muestreo probalístico y el no probalístico, que en nuestra investigación estuvo constituido por 27 probetas de muestreo probalístico:

2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla N° 2: Técnicas e instrumento de investigación

VARIABLES	TÉCNICA	INSTRUMENTO	FUENTE
variable independiente			bibliotecas virtuales,
Residuo de acrílico	observación	formato de laboratorio	encargado del laboratorio USP
variable dependiente			
Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm ²	observación	formato de laboratorio	encargado del laboratorio USP

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto

2.4. Procesamiento y análisis de la información

Según Niño (2011), definió al procesamiento de datos, como el proceso por el cual se registran los datos de manera ordenada, los cuales se tuvo que pasar por las etapas de organización, codificación y tabulación. Para ello se utilizó en el presente trabajo la estadística descriptiva, que nos sirvió para compilar la información, en tablas, diagramas, entre otros y nos permitió el análisis detallado de la información, para la comprobación de la hipótesis se utilizó la estadística inferencial.

III. RESULTADOS

3.1 Caracterización del residuo de acrílico que se utilizó en la mezcla de concreto

Material experimental

El material con que se realizó esta investigación fue con residuo de acrílico, la cual se obtuvo de un taller publicitario de la ciudad de Huaraz.

Para la caracterización se realizó el recojo o recolección de todos los residuos de acrílico, los cuales son desechados, luego se procedió a realizar el retiro de su plástico protector en algunos y de otros, vinil pegado, luego fueron limpiados con paños para retirar el polvo y residuos diminutos de acrílico, por último, se trituró a mano con ayuda de alicate y martillo hasta quedar triturado, obteniendo partículas pequeñas entre 3 a 6 mm., para luego ser usadas en el concreto experimental.

Peso específico del residuo de acrílico

Esto es la relación que existe entre el peso del material y su volumen, a diferencia del peso unitario, porque no registra el volumen que ocupa los vacíos del material. Es fundamental registrar el valor obtenido, con la finalidad de poder realizar el diseño de mezcla correspondiente.

Tabla N° 3: Peso específico por desplazamiento del residuo de acrílico.

Peso específico del residuo de acrílico		
Peso de material	20.8	gramos
Vol. De Desplazamiento	17	gramos/cm ³
Peso específico	$D = P/V = 20.8/18$	
Peso específico del acrílico	1.22	

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

Peso unitario del residuo de acrílico

Se procedió a hallar el peso unitario seco suelto y compactado del residuo de acrílico para obtener un mejor diseño de mezcla.

- Se tomó 6 muestras, 3 para peso unitario suelto y 3 para peso unitario compactado.
- En tres recipientes se llenó un tercio de cada uno, se procedió a apisonar con la barra de metal compactadora, dándole 25 golpes uniformemente distribuidos, luego se llenó el segundo tercio del molde y se procedió a compactar de la misma manera mediante 25 golpes uniformemente distribuidos. Finalmente se llenó el molde, golpeándolo 25 veces con la barra de metal, lo que sobró se retiró pasando enraizando con la regla.
- Finalmente se calculó el peso unitario compactado y suelto:

Tabla N° 4: Datos de ensayo de peso unitario del residuo de acrílico

Tipo de peso	Peso unitario suelto			Peso unitario compactado		
	01	02	03	01	02	03
Peso de molde + muestra	4500	4500	4520	4690	4695	4680
Peso de molde	3420	3420	3420	3420	3420	3420
Peso de muestra	1080	1080	1100	1270	1275	1260
Volumen de molde	2776	2776	2776	2776	2776	2776
Peso unitario	389	389	396	457	459	454
Peso Unitario Prom.	391 kg/m3			457 kg/m3		

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

3.2 Diseño de mezcla del concreto patrón y del concreto experimental

Ensayos de agregados (Grueso y Fino)

Los agregados se recolectaron de la localidad de Tacllan, distrito de Huaraz, Provincia de Huaraz, Región Ancash.

Ensayo de granulometría (N. T. P. 400.012)

La NTP nos dice que es el procedimiento por el cual el agregado se separa pasando por una serie de tamices que van sucesivamente de una abertura mayor hacia una menor, para así poder registrar cómo se distribuyó los tamaños de las partículas.

Para el agregado fino:

- 1) Se procedió a secar la muestra por 24 hs. a una temperatura constante de $110^{\circ} \pm 5C^{\circ}$
- 2) Después de retirar del horno se procedió a pesar la muestra.
- 3) Para la distribución de las partículas, se procedió a utilizar los tamices: 3/8", N° 4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.
- 4) Se procedió a retirar los tamices con las muestras retenidas, las cueles fueron pesadas cada una.
- 5) Se realizó los cálculos de: % retenido, % retenido acumulado y % que pasa, para luego calcular el módulo de fineza:

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido parcial}}{100}$$

Tabla N° 5: Granulometría del agregado fino.

Tamiz		Peso Reten.	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr)	Parcial	Acumulado	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	257.60	4.04	4.04	95.96
N° 8	2.360	710.40	11.15	15.20	84.80
N° 16	1.180	1166.50	19.31	33.51	66.49
N° 30	0.600	1210.20	19.00	52.51	47.49
N° 50	0.300	1514.60	23.78	76.28	23.72
N° 100	0.150	1432.70	22.49	98.78	1.22
N° 200	0.075	68.00	1.07	99.84	0.16
Plato		10.00	0.16	100.00	0.00
Total		6370.00	100.00		

Tamaño máximo nominal : N° 4
Módulo de fineza : 2,8
Humedad : 5.67%

Fuente: Elaboración – Laboratorio de suelos USP – Huaraz

MF = 2.8

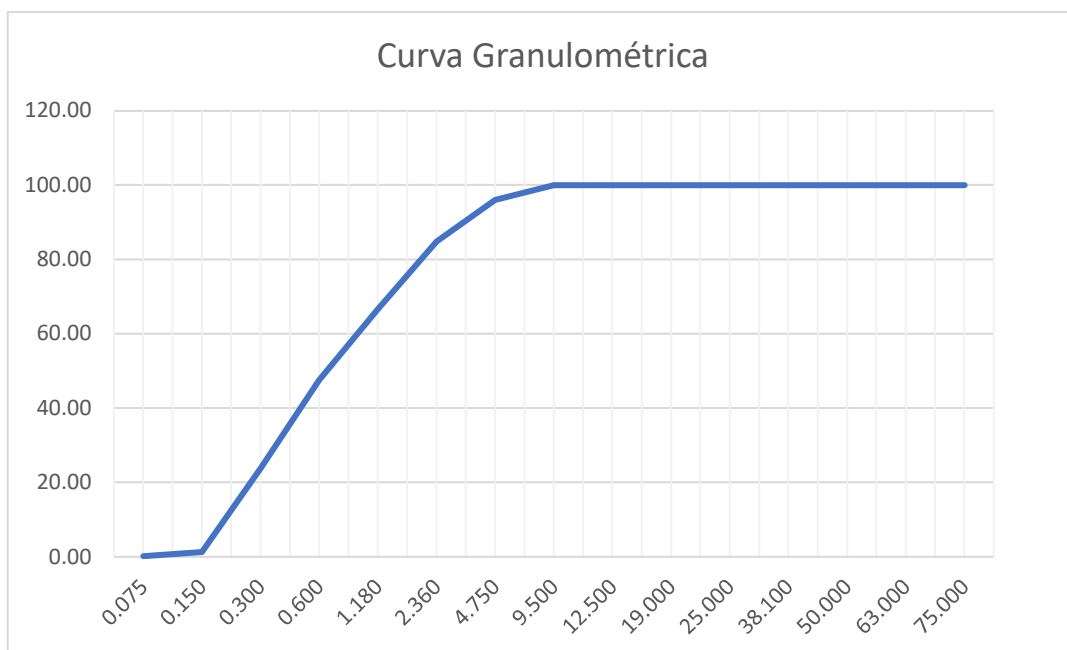


Figura N° 5: Curva granulométrica del agregado fino.
Fuente: Elaboración – Laboratorio de mecánica de suelos USP – Huaraz

Para el agregado grueso:

- 1) Se secó la muestra por 24 horas a temperatura constante de $110^{\circ} \pm 5C^{\circ}$
- 2) Después de retirar del horno se procedió a pesar la muestra.
- 3) Para la distribución de las partículas, se procedió a utilizar los tamices: 1 1/2", 1/4", 1/2", 3/8", 1/4" y N° 4.
- 4) Se procedió a retirar los tamices con las muestras retenidas, las cueles fueron pesadas cada una.
- 5) Se determinó el tamaño máximo nominal (T.M.N.), identificando el primer retenido.

Tabla N° 6: Granulometría del agregado grueso

Tamiz		Peso Reten.	% Retenido	% Retenido	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr)	Parcial	Acumulado	
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	2372.40	31.26	31.26	68.74

1/2"	12.500	3780.60	49.81	81.07	18.93	Tamaño máximo nominal : 3/4"
3/8"	9.500	942.30	12.42	93.49	6.51	
N° 4	4.750	462.20	6.09	99.58	0.42	
N° 8	2.360	32.00	0.42	100.00	0.00	Humedad : 0.62%
N° 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00	
N° 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00	
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00	
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00	
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00	
Plato		0.00	0.00	100.00	0.00	
Total		7589.50	100.00			

Fuente: Elaboración – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

TMN = 3/4"

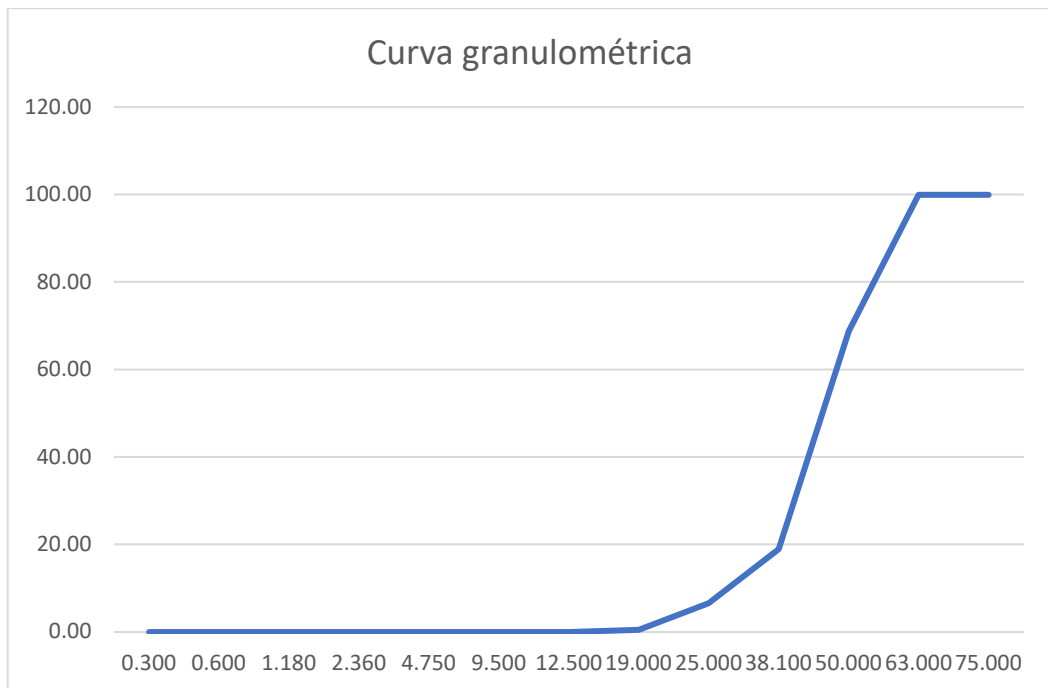


Figura N° 6: Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaboración – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

Contenido de humedad (N. T. P. 339.185)

Procedimiento mediante el cual se determinó el contenido de agua existente en los agregados, con la finalidad de no afectar el diseño de mezcla realizado.

- 1) Se procede a pesar 2 recipientes en una balanza eléctrica, dándonos los datos exactos.
- 2) Se procede a colocar las muestras en los recipientes, para pesarlos y registrarlos.
- 3) Se colocó los recipientes con las muestras al horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- 4) Luego se sacó cada muestra seca del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- 5) Se procedió a pesar las muestras con sus recipientes y se registró.
- 6) Se procedió a realizar el cálculo de cada una de las muestras, el peso suelto seco, peso del agua y se obtuvo el porcentaje de humedad de cada muestra y el promedio que representa.

$$w\% = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso seco}} \times 100 = \frac{Wh - ws}{ws} \times 100$$

Donde:

$W\%$ = Contenido de humedad del suelo

Wh = Peso de la muestra húmeda

Ws = Peso de la muestra seca.

Tabla N° 7: Contenido de humedad del agregado grueso

Agregado Grueso			
N° tarro		12	15
Peso Tarro + Suelo Humedo	(g)	1096.00	1094.00
Peso Tarro + Suelo seco	(g)	1090.20	1088.30
Peso de agua	(g)	5.80	5.70
Peso del Tarro	(g)	163.00	163.00
Peso del Suelo seco	(g)	927.20	925.30
Contenido de humedad	(%)	0.63	0.62
humedad promedio	(%)	0.62	

Fuente: Elaboración – Laboratorio de mecánica de suelos USP – Huaraz

Tabla N° 8: Contenido de humedad del agregado fino

Agregado Fino			
N° tarro		33	15
Peso Tarro + Suelo Húmedo	(g)	734.00	732.00
Peso Tarro + Suelo seco	(g)	703.40	701.60
Peso de agua	(g)	30.60	30.40
Peso del Tarro	(g)	165.00	165.00
Peso del Suelo seco	(g)	538.40	536.60
Contenido de humedad	(%)	5.68	5.70
humedad promedio	(%)	5.67	

Fuente: Elaboración – Laboratorio de mecánica de suelos USP – Huaraz

Pesos Unitarios (N. T. P. 400.017)

Se procedió a establecer el peso unitario seco suelto y el peso compactado para seguir con el desarrollo de una manera adecuada el diseño de mezcla.

- Se tomó 6 muestras, 3 para peso unitario suelto y 3 para peso unitario compactado, tanto para el agregado fino como para el grueso.
- Se llenó un tercio del recipiente, se procedió a apisonar con la barra compactadora dándole 25 golpes uniformemente distribuidos, luego se agregó el segundo tercio del molde y se procede a compactar de la misma manera mediante 25 golpes uniformemente distribuidos. Finalmente se llenó el molde, golpeándolo 25 veces con la barra compactadora, lo sobrante se enraza utilizando la barra compactadora.
- Finalmente se calculó el peso unitario compactado y suelto:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado

G = Peso del agregado más el molde

T = Peso del molde

V = volumen del molde

Tabla N° 9: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Tipo de peso	Peso Unitario Suelto			Peso unitario compactado		
	01	02	03	01	02	03
Peso de molde + muestra	7205	7212	7215	7980	7975	7974
Peso de molde	3420	3420	3420	3420	3420	3420
Peso de muestra	3785	3792	3795	4560	4555	4554
Volumen de molde	2776	2776	2776	2776	2776	2776
Peso unitario	1363	1366	1367	1643	1641	1640
Peso Unitario Prom.	1366 kg/m ³			1641 kg/m ³		

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

Tabla N° 10: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Tipo de peso	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
	01	02	03	01	02	03
Peso de molde + muestra	27720	27730	27720	29580	29585	29588
Peso de molde	7380	7380	7380	7380	7380	7380
Peso de muestra	20340	20350	20340	22200	22205	22208
Volumen de molde	13724	13724	13724	13724	13724	13724
Peso unitario	1482	1483	1482	1618	1618	1618
Peso Unitario Prom.	1482 kg/m ³			1618 kg/m ³		

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

Peso específico y porcentaje de absorción (N. T. P. 339.022 y 339.021)

Para agregado fino

- Se seleccionó una parte de la muestra de agrado fino, luego se dejó secar la muestra a una temperatura de 100 °C.
- Se dejó reposar el agregado por 24 horas.
- Pasado las 24 horas, se secó en una hornilla removiendo la muestra.
- En el cono metálico se llenó 3 capas de agregado fino, las cuales en cada capa se procedió a golpear 25 veces con la varilla, luego retiramos el cono para comprobar si la muestra está en estado saturado superficialmente seco.
- Se procedió a pesar 500g de muestra para luego llenar a la fiola, luego se eliminó el aire con la bomba de vacíos.

- Después se procedió a agitar la fiola que contenía el agregado fino, aproximadamente 20 minutos.
- Finalmente se colocó el material de la fiola en una tara y lo ponemos en el horno por 24 horas.

Tabla N° 11: Datos de ensayo de gravedad específica y absorción del agregado fino

Peso específico y absorción del agregado fino	
P. material saturado superficialmente seco (aire)	300.0
Peso de frasco + agua	673.4
P. material + agua + material	973.4
Peso de material + agua en el frasco	865.8
Volumen de masa + volumen de vacío	107.6
Peso material seco en horno	296.2
Volumen de masa	103.80
Absorción (%)	1.28
Absorción Promedio (%)	1.28
Peso específico de masa	2.79

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

Para el agregado grueso

- Se procedió a separar una muestra representativa del agregado, de la cual se rechazó el material que pasó por el tamiz N° 4, luego se procedió a lavar y sumergir en el balde durante 24 horas.
- Transcurrido ese tiempo, se tomó la muestra secándola parcialmente con un paño hasta eliminar el agua superficialmente.
- Con la balanza ya calibrada, se procede a pesar la muestra para ser registrada.
- Después se introdujo en la canastilla y se sumergió, para ser registrado a temperatura ambiente.
- Luego se llevó al horno a una temperatura de 110 °C por 24 horas.
- Pasado ese tiempo, se procedió a pesar y a ser registrado.

Tabla N° 12: Datos de ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso

Peso específico y absorción del agregado grueso			
P. material saturado superficialmente seco (aire)	945.4	944.8	945.1
P. material saturado superficialmente seco (agua)	693.6	693.5	693.5
Volumen de masa + volumen de vacíos	251.8	251.3	251.6
Peso de material seco en el horno	898.6	898.2	898.1
Volumen de masa	205.0	204.7	204.6
Absorción (%)	5.21	5.19	5.23
Absorción promedio (%)	5.21		
Peso específico de masa	3.76		

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

Para esta investigación se usó cemento sol tipo I, teniendo como peso específico igual a 3.15 gr/cm^3 .

Caracterización de la muestra de adición

Desencofrado y curado de los cilindros de concreto

Para las muestras se usaron cilindros de 15 cm. de diámetro y 30 cm. De alto, las cuales se limpiaron antes y se les untó petróleo para un mejor desencofrado. Para cada prueba se confeccionaron 3 probetas por cada diseño según nuestra norma.

Realizada la mezcla se procedió a vaciar en los moldes, entre capas, la primera a 1/3 del molde dándole 25 golpes, después se le lleno hasta los 2/3 de molde con 25 golpes los cuales no llegaron a la primera capa, luego se llenó hasta el total del molde, siguiendo el paso anterior.

Pasado 24 horas, se realizó el desencofrado de las muestras de concreto, los cuales fueron debidamente curados en una poza a temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$.

Diseño de la mezcla

Para el diseño de la muestra patrón se usará el método ASCI que sigue de la siguiente manera:

a. Selección de la Resistencia Promedio

La resistencia a la compresión es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días de curado.

b. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado

La norma NTP 400.37 nos indica: que el tamaño máximo viene a ser todo el material del agregado grueso que pasa por el menor tamiz.

c. Determinación del Asentamiento

El asentamiento viene a ser la medida de la consistencia del concreto, que hace referencia al grado de fluidez de la mezcla e indica qué tan fluido o seco está la mezcla del concreto.

d. Contenido de Aire

Este se podrá calcular en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso, de acuerdo a la información contenida en la siguiente tabla:

Tabla N° 13: Contenido de aire atrapado

Tamaño Máximo Nomina del Agregado grueso.	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
4"	0.2%

Fuente: Enrique Riva López

e. Contenido de Agua

Para hallar el contenido de agua en un m³ de concreto, se realizó en base a las condiciones de trabajabilidad, el Tamaño Máximo de los agregados y en algunas ocasiones por el tipo de cemento:

Tabla N° 14: Volumen unitario de agua

Agua en lt./m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Fuente: Enrique Riva López

f. Relación Agua Cemento

Se procederá a hallar en función a la resistencia de compresión requerida o de acuerdo a los requisitos de durabilidad.

Tabla N° 15: Relación agua cemento

f _c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: Enrique Riva López

g. Contenido de Cemento

Para hallar el contenido de cemento se hará en función de la relación Agua/Cemento y el agua obtenida.

$$\text{Cemento (Kg)} = \frac{\text{Peso del agua (Kg)}}{\text{Relacion A/C}}$$

h. Peso del Agregado Grueso

Se halla mediante la siguiente tabla, donde influye el tamaño máximo nominal

del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino.

Tabla N° 16: Peso del agregado por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del agregado fino (b/b0)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Enrique Riva López

i. Volumen Absoluto

Teniendo conocimiento de los pesos del cemento, agua, agregado grueso y el volumen del aire, se procederá a hallar la suma de los volúmenes absolutos de estos materiales.

Para poder hallar el volumen del agregado fino, se restará de la unidad, la adición de los volúmenes absolutos ya conocidos.

j. Cálculo del Peso del Agregado Fino

Para obtener el peso del agregado fino, se procederá a multiplicar el volumen absoluto del agregado fino por el peso específico de este mismo.

k. Presentación del Diseño en Estado Seco

También llamado valores de diseño, son los datos obtenidos hasta el momento del cemento, agregado grueso, agregado fino y el agua.

l. Corrección por Humedad de los Agregados

Las proporciones obtenidas de los componentes que unifican el metro cúbico de concreto, debe ser corregida en base a las condiciones del agregado fino y grueso,

con la finalidad de poder hallar los valores reales que serán usados en obra.

$$\text{Peso seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

m. Aporte de Agua a la Mezcla

Se determina mediante la suma de lo obtenido del agregado grueso y el fino con la siguiente fórmula:

$$\frac{(\%w - \%abs) \times \text{Agregado seco}}{100}$$

n. Agua Efectiva

Se obtiene del contenido de agua menos el aporte de agua de la mezcla.

o. Proporcionamiento del Diseño

Es el procedimiento mediante el cual las cantidades obtenidas, se colocan en proporción a la unidad de cemento.

Para nuestro caso sería:

Datos:

Cemento sol Tipo I

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Pe = 3.15 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Slump} = 3''$$

$$Pe \text{ Agua} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

Agregados

Tabla N° 17: Tabla de datos de los agregados a usar en diseño de mezcla

Agregados	Fino	Grueso
Perfil	-----	angular
Peso unitario (kg/m ³)	1366	1482
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1641	1618
Peso específico (kg/m ³)	2.79	3.76
Módulo de fineza	2.8	
Tamaño Máximo Nominal	-----	3/4"
% Absorción	1.28	5.21
% de humedad	5.67	0.62

Fuente: Elaboración propia

1) Resistencia a la compresión requerida

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

2) Contenido de aire

$$\text{TMN} = 3/4'' \rightarrow \text{aire} = 2\%$$

3) Contenido de agua

$$\text{TMN} = 3/4'', \text{ Slump} = 3'' \rightarrow a = 205 \text{ lt/m}^3$$

4) Relación a/c por resistencia

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow a/c = 0.684$$

5) Contenido de cemento

$$205 / C = 0.684 \rightarrow C = 299.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Factor C.} = 299.71 / 42.5 = 7.05 \text{ bls}$$

6) Peso del agregado grueso

$$\text{Peso a.g.} = (b/b_0) \times \text{Peso u.s.c.}$$

$$\text{Peso a.g.} = 0.62 \times 1618 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso a.g.} = 1003.16 \text{ kg/m}^3$$

7) Volumen absoluto

$$\text{Cemento} = 299.71 / (3.15 \text{ gr/cm}^3 \times 1000) = 0.095 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 205 / (1000 \text{ kg/m}^3) = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 2/100 = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. A grueso} = 1003.16 \text{ kg} / (3.76 \times 1000) = 0.267 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 0.095 + 0.205 + 0.02 + 0.267 = 0.587 \text{ m}^3$$

8) Volumen del agregado fino

$$V = 1 - 0.58 = 0.413 \text{ m}^3$$

$$V.a.f. = 0.413 \times 2.79 \times 1000 = 1152.27 \text{ kg/m}^3$$

9) Presentación del diseño en estado seco

$$\text{Cemento} = 299.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 1152.27 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 1003.16 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ lt./m}^3$$

10) Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Agregado fino} = 1152.27 \times [(5.67 / 100) + 1] = 1217.604 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1003.16 \times [(0.62 / 100) + 1] = 1009.38 \text{ kg}$$

11) Aporte de agua en la mezcla

$$\text{Agregado fino} = [(5.67 - 1.28) \times 1217.604] / 100 = 53.453 \text{ lt.}$$

$$\text{Agregado grueso} = [(0.62 - 5.21) \times 1009.38] / 100 = -46.331 \text{ lt.}$$

$$\text{Suma del total} = 53.453 - 46.331 = 7.122 \text{ lt.}$$

12) Agua efectiva

$$\text{Agua} = 205 - (7.122) = 197.878 \text{ lt./m}^3$$

$$\text{Relación agua/cemento diseño} = 205 / 299.71 = 0.684$$

$$\text{Relación agua / cemento corregido} = 197.878 / 299.71 = 0.660$$

13) Proporcionamiento del diseño

$$\text{Cemento} = 299.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. Fino} = 1217.604 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. Grueso} = 1009.38 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 197.878 \text{ lt./m}^3$$

Quedándonos como proporción

$$\text{Cemento} = 1$$

$$\text{A. Fino} = 4.06$$

$$\text{A. Grueso} = 3.37$$

$$\text{Agua} = 28.07 \text{ Lt./bl.}$$

Proporciones en Volumen

$$1\text{m}^3 = 35.31\text{pie}^3$$

$$1 \text{ bl. Cemento} = 42.5 \text{ kg}$$

Peso por pie³

$$\text{Cemento} = 42.5 \text{ kg/pie}^3$$

$$\text{A. fino} = 172.55 \text{ kg/pie}^3$$

$$\text{A. grueso} = 143.255 \text{ kg/pie}^3$$

$$\text{Agua} = 28.07 \text{ Litros}$$

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
1	4.22	3.39	28.07

Diseño de mezcla: Sustitución del 5% del agregado grueso por residuo de acrílico.

En este diseño se empleó el método ACI, siendo la resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 a los 28 días de curado.

1) Resistencia a la compresión requerida

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

2) Contenido de aire

$$\text{TMN} = 3/4'' \rightarrow \text{aire} = 2\%$$

3) Contenido de agua

$$\text{TMN} = 3/4'', \text{ Slump} = 3'' \rightarrow a = 205 \text{ lt/m}^3$$

4) Relación a/c

$$\text{Agua/cemento por teoría} \quad a/c = 0.684$$

$$\text{Agua/cemento por corrección} \quad a/c = 0.660$$

5) Contenido de cemento

$$205 / C = 0.684 \rightarrow C = 299.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Factor C.} = 299.71 / 42.5 = 7.05 \text{ bls}$$

6) Volumen absoluto

$$\text{Cemento} = 0.095 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\text{A. f.} = 0.413 \text{ m}^3$$

$$\text{A. g. anterior} = 0.267 \text{ m}^3 - (5\% \text{ v.a.g.}) = 0.267 - (0.267 \times (5/100))$$

$$\text{A.g} = 0.254$$

$$\text{Acrílico} = 0.013$$

7) Presentación del diseño en estado seco

$$\text{Cemento} = 299.710 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 1152.77 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 955.04 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Acrílico} = 15.860 \text{ kg/m}^3$$

8) Corrección por humedad

$$\text{A. fino} = 1217.604 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = 960.961 \text{ kg}$$

9) Aporte de agua en la mezcla

$$\text{Agregado fino} = 53.453 \text{ lt.}$$

$$\text{Agregado grueso} = -44.108 \text{ lt.}$$

$$\text{Suma del total} = 53.453 - 44.108 = 9.345 \text{ lt.}$$

$$\text{Agua efectiva} = 205 - 9.345 = 195.655 \text{ Lt.}$$

10) Agua efectiva

$$\text{Agua} = 205 - 9.345 = 195.655 \text{ Lt.}$$

$$\text{Relación a/c experimental} = 195.655 / 299.71 = 0.650$$

11) Pesos corregidos por humedad de los agregados

$$\text{Cemento} = 299.710 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 195.655 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 1217.604 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 960.961 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Acrílico} = 15.860 \text{ kg/m}^3$$

12) Proporciones en peso

Cemento = 1

Agua = 27.75 Lt./bl.

A. Fino = 4.06

A. Grueso = 3.21

Acrílico = 0.05

Diseño de mezcla: Sustituyendo el 10% del agregado grueso por residuo de acrílico.

En este diseño se empleó el método ACI, siendo la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a los 28 días de curado.

1) Resistencia a la compresión requerida

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

2) Contenido de aire

$$\text{TMN} = 3/4'' \rightarrow \text{aire} = 2\%$$

3) Contenido de agua

$$\text{TMN} = 3/4'', \text{ Slump} = 3'' \rightarrow a = 205 \text{ lt/m}^3$$

4) Relación a/c

$$\text{Agua/cemento por teoría} \quad a/c = 0.684$$

$$\text{Agua/cemento por corrección} \quad a/c = 0.660$$

5) Contenido de cemento

$$205 / C = 0.684 \rightarrow C = 299.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Factor C.} = 299.71 / 42.5 = 7.05 \text{ bls}$$

6) Volumen absoluto

$$\text{Cemento} = 0.095 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\text{A. f.} = 0.413 \text{ m}^3$$

$$\text{A. g. anterior} = 0.267 \text{ m}^3 - (10\% \text{ v.a.g.}) = 0.267 - (0.267 \times (10/100))$$

$$\text{A.g} = 0.240$$

$$\text{Acrílico} = 0.027$$

7) Presentación del diseño en estado seco

$$\text{Cemento} = 299.710 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 1152.77 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 902.40 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Acrílico} = 32.94 \text{ kg/m}^3$$

8) Corrección por humedad

$$\text{A. fino} = 1217.604 \text{ kg}$$

$$\text{A. grueso} = 907.995 \text{ kg}$$

9) Aporte de agua en la mezcla

$$\text{Agregado fino} = 53.453 \text{ lt.}$$

$$\text{Agregado grueso} = -41.677 \text{ lt.}$$

$$\text{Suma del total} = 11.776 \text{ lt.}$$

10) Agua efectiva

$$\text{Agua} = 205 - 11.776 = 193.224 \text{ Lt.}$$

$$\text{Relación a/c experimental} = 193.224 / 299.71 = 0.645$$

11) Pesos corregidos por humedad de los agregados

Cemento = 299.710 kg/m³

Agua efectiva = 193.224 kg/m³

Agregado fino = 1217.604 kg/m³

Agregado grueso = 907.995 kg/m³

Acrílico = 32.940 kg/m³

12) Proporciones en peso

Cemento = 1

Agua = 27.41 Lt./bl.

A. Fino = 4.06

A. Grueso = 3.03

Acrílico = 0.11

Relación de Agua Cemento

Tabla N° 18: Relación agua cemento de los materiales sustituidos

Concreto	Teoría	Corregido Inicial	Corregido Final
Patrón	0.684	0.660	0.660
Sustitución R. Acrílico 5%	0.684	0.660	0.650
Sustitución R. Acrílico 10%	0.684	0.660	0.645

Fuente: Elaboración propia

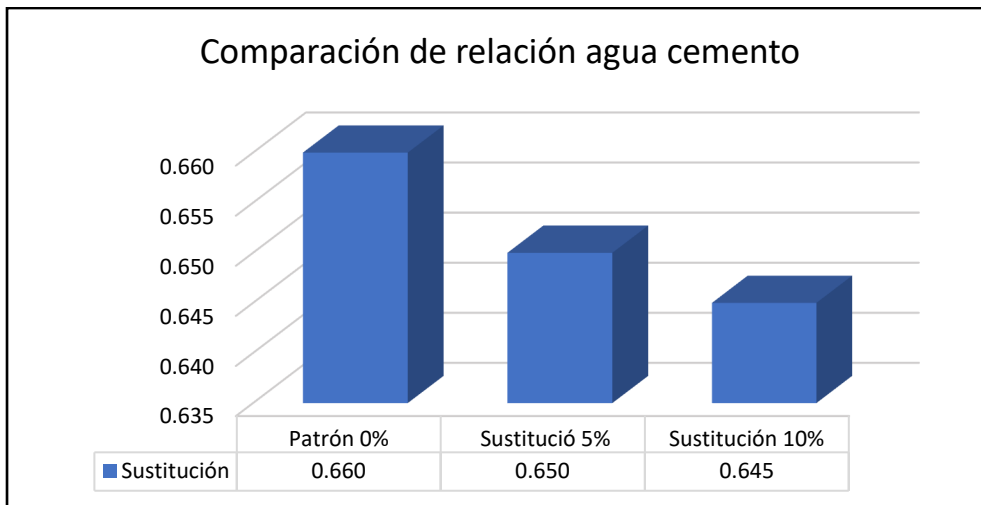


Figura N° 7: Relación de agua y cemento con sustitución
Fuente: Elaboración propia

De la imagen podemos deducir que la menor relación de agua cemento viene a ser la mezcla con sustitución del 10% de residuo de acrílico.

3.2 Determinación de la resistencia a compresión del concreto patrón y experimental

Las pruebas de la resistencia a la compresión se realizaron a la muestra patrón como a la muestra con sustitución de residuo de acrílico.

Para este ensayo se prepararon 27 probetas, para realizar la prueba de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, siendo ensayadas 9 probetas para cada edad.

Las probetas patrones fueron realizadas con un diseño de mezcla convencional, por el método del ACI, del mismo modo este diseño se utilizó para la confección de las probetas con sustitución de residuo de acrílico, debido a que nuestra investigación trata de analizar el efecto de sustituir este material por un porcentaje de agregado grueso.

Los resultados que se obtuvieron de la prueba de resistencia a la compresión realizados a los cilindros de concreto confeccionadas con sustitución del acrílico, así como la muestra patrón, se hizo en los ambientes del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro Filial Huaraz.

Tabla N° 19: Resistencia a la compresión del concreto patrón

N°	Fecha		Edad Días	FC kg/cm ²	FC/F'C (%)
	Moldeo	Rotura			
1	14/02/2020	21/02/2020	7	161.0	76.7
2	14/02/2020	21/02/2020	7	162.3	77.3
3	14/02/2020	21/02/2020	7	162.9	77.6
4	14/02/2020	28/02/2020	14	182.8	87.0
5	14/02/2020	28/02/2020	14	184.7	87.9
6	14/02/2020	28/02/2020	14	190.5	90.7
7	14/02/2020	13/03/2020	28	214.0	101.9
8	14/02/2020	13/03/2020	28	217.1	103.4
9	14/02/2020	13/03/2020	28	221.3	105.4

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

Tabla N° 20: Resistencia a la compresión con sustitución de 5% residuo de acrílico

N°	Fecha		Edad Días	FC kg/cm ²	FC/F'C (%)
	Moldeo	Rotura			
1	14/02/2020	21/02/2020	7	122.9	58.5
2	14/02/2020	21/02/2020	7	134.5	64.1
3	14/02/2020	21/02/2020	7	134.4	64.0
4	14/02/2020	28/02/2020	14	157.9	75.2
5	14/02/2020	28/02/2020	14	154.5	73.6
6	14/02/2020	28/02/2020	14	153.6	73.1
7	14/02/2020	13/03/2020	28	183.5	87.4
8	14/02/2020	13/03/2020	28	197.5	94.0
9	14/02/2020	13/03/2020	28	187.1	89.1

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

Tabla N° 21: Resistencia a la compresión con sustitución de 10% residuo de acrílico

N°	Fecha		Edad Días	FC kg/cm ²	FC/F'C (%)
	Moldeo	Rotura			
1	14/02/2020	21/02/2020	7	62.1	29.5
2	14/02/2020	21/02/2020	7	59.2	28.2
3	14/02/2020	21/02/2020	7	65.9	31.4
4	14/02/2020	28/02/2020	14	90.8	43.2
5	14/02/2020	28/02/2020	14	89.0	42.4
6	14/02/2020	28/02/2020	14	85.6	40.8
7	14/02/2020	13/03/2020	28	125.6	59.8
8	14/02/2020	13/03/2020	28	121.0	57.6
9	14/02/2020	13/03/2020	28	124.4	59.2

Fuente: Elaboración propia – Laboratorio mecánica de suelos USP – Huaraz

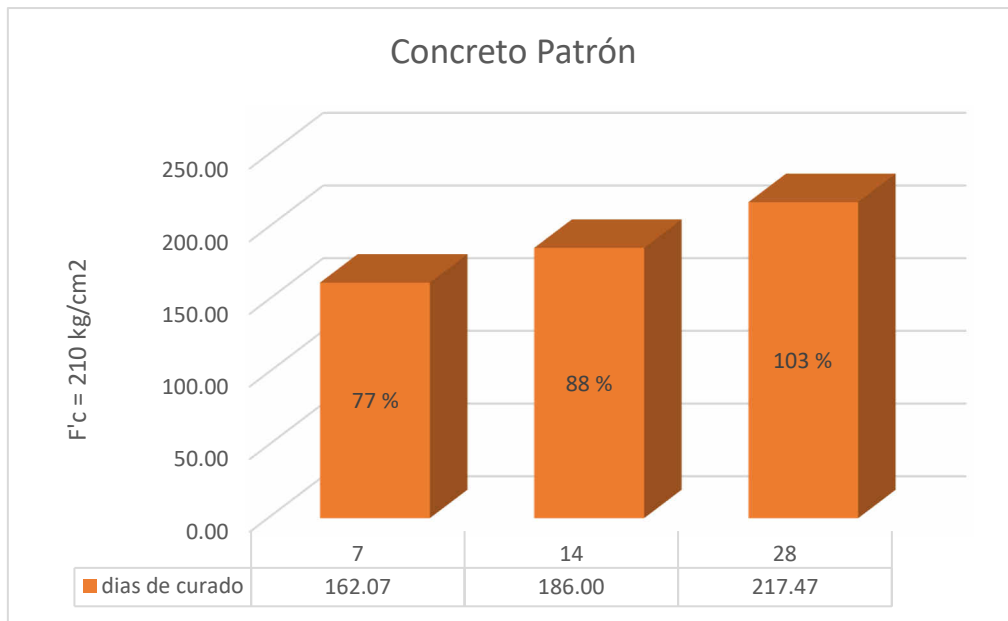


Figura N° 8: Resistencia a la compresión del concreto patrón
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 8 podemos analizar que la resistencia a la compresión de la probeta patrón a los 7 días tiene una resistencia promedio de 77%, también se observa que a los 14 días tiene una resistencia promedio de 88% y a los 28 días tiene una resistencia promedio de 103%.

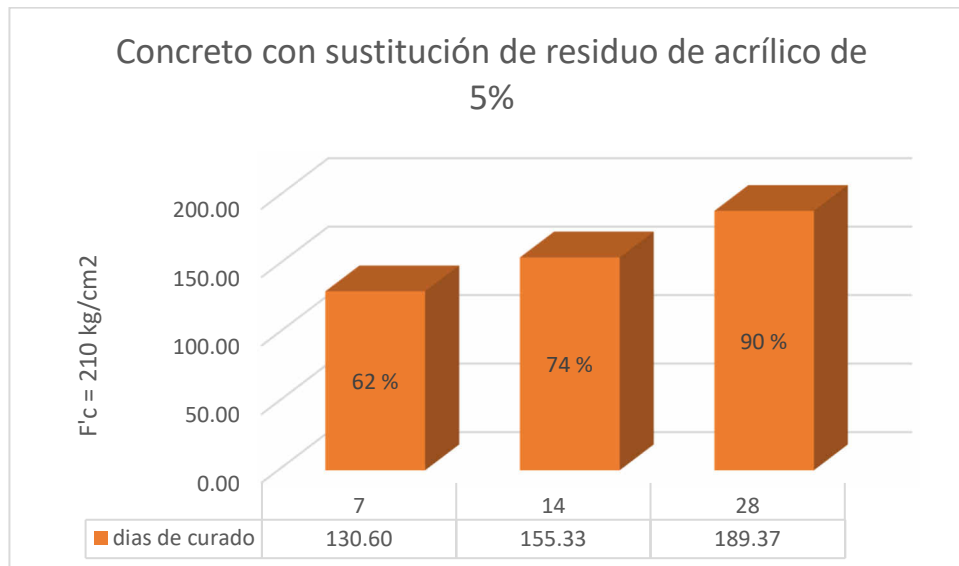


Figura N° 9: Resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 5% de residuo de acrílico
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 9 se puede ver que la resistencia a la compresión del concreto experimental con sustitución del 5% de residuo de acrílico por agregado grueso, tiene una resistencia promedio del 62% a los 7 días de curado, así mismo a los 14 días tiene una resistencia promedio de 74% y a los 28 días tiene una resistencia promedio de del 90%.

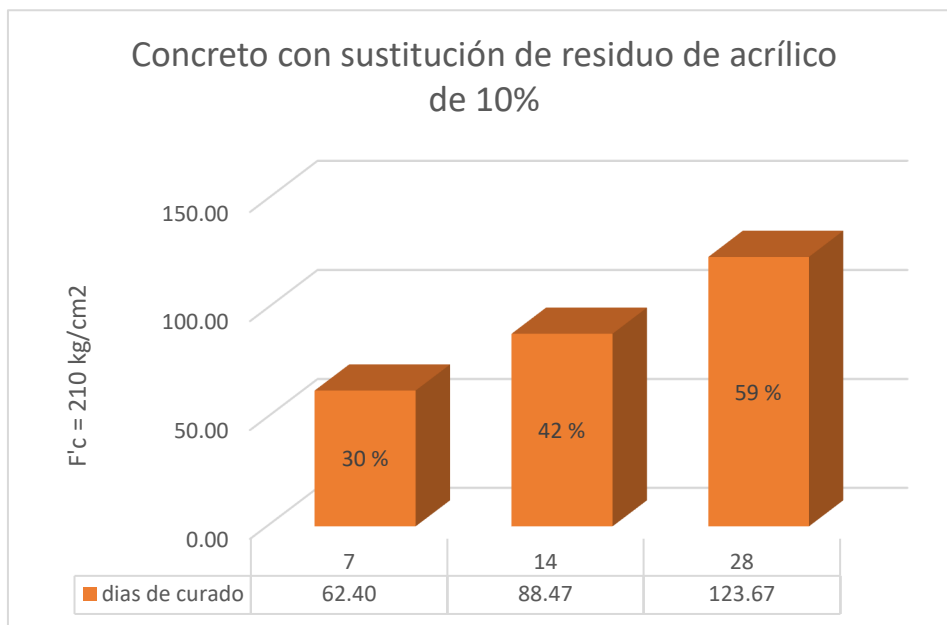


Figura N° 10: Resistencia a la compresión del concreto con sustitución del 10% de residuo de acrílico
Fuente: Elaboración propia

En la imagen anterior, en la resistencia a la compresión del concreto experimental con sustitución del 10% de residuo de acrílico por agregado grueso, se muestra que la resistencia promedio a los 7 días es de 30%, así como la resistencia promedio a los 14 días es de 42% y del 59% a los 28 días de curado.

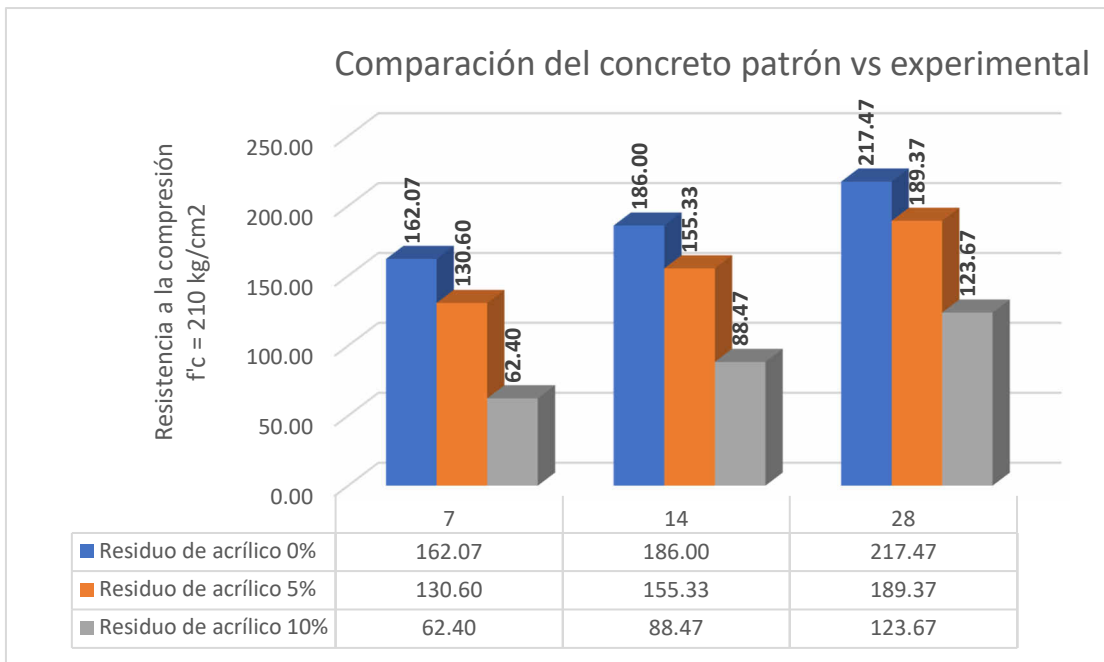


Figura N° 11: Comparación del concreto patrón vs el experimental
Fuente: Elaboración propia

Se observa que la resistencia a la compresión con sustitución por residuo de acrílico del 5% tiene mayor resistencia que el que tiene 10% de sustitución, el cual nos indica que, a mayor sustitución de residuo de acrílico, menor será la resistencia a la compresión.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se realizó la comparación de resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo al agregado grueso en 5% y 10%, por residuo de acrílico de lo cual nos permite deducir lo siguiente.

Al diseñar la mezcla experimental en comparación con la mezcla patrón, pudimos observar que, al adicionar más residuo de acrílico a la mezcla, disminuye el uso del agua, ya que el acrílico es un material que no absorbe.

Al experimentar el ensayo a la compresión de las muestras de concreto a los 7 días nos permitió identificar, que mientras más se incremente el porcentaje de sustitución del agregado grueso por residuo de acrílico, disminuye la resistencia a la compresión, obteniendo los siguientes resultados: 162.07 kg/cm^2 , 130.60 kg/cm^2 y 62.40 kg/cm^2 , que corresponde respectivamente al concreto patrón, al concreto experimental con sustitución del 5% y al del concreto experimental con sustitución del 10%, se observó que las resistencias de la muestra experimental a comparación con la muestra patrón es mucho menor.

Se observó que las muestras tanto patrón como las experimentales a los 14 días de curado, obtuvieron los siguientes resultados en el ensayo a compresión: 186.00 kg/cm^2 , 155.33 kg/cm^2 y 88.47 kg/cm^2 , correspondiente respectivamente al concreto patrón, al concreto con sustitución de residuo de acrílico del 5% y del 10%, observándose que los resultados de las muestras experimentales son menores a comparación con la muestra patrón.

A los 28 días de curado, los resultados que se obtuvieron de los ensayos a compresión del concreto patrón como de los experimentales son: 217.47 kg/cm^2 , 189.37 kg/cm^2 y 123.67 kg/cm^2 , correspondientes respectivamente del concreto patrón, al concreto con sustitución del 5% y del 10%; que en porcentaje vendrían a ser: 103%, 90% y 59%, de donde observamos que, a mayor

sustitución del agregado grueso por residuo de acrílico, menor será la resistencia a la compresión.

En el estudio de resistencia a la compresión con adición de plástico reciclado según Pinedo (2019), concluyó que a más porcentaje de plástico reciclado PET que contenga el concreto, será menor la resistencia a la compresión del mismo, de lo cual siendo el acrílico un tipo de plástico mucho más resistente que el PET, se coincide con dicho autor analizando los resultados obtenidos de las pruebas de los ensayos de compresión.

V. CONCLUSIONES

De todos los resultados y análisis obtenidos, se concluye que el residuo de acrílico es un material que no contiene ni absorbe agua, el cual nos conduce a la utilización de menos agua, para el diseño de mezcla, con un peso específico de 1.22.

En la relación agua cemento utilizada en diseño del concreto patrón fue de $a/c = 0.660$ y al sustituir al agregado grueso en 5% por el residuo de acrílico fue de $a/c = 0.650$ y al sustituir en 10% fue de $a/c = 0.645$, concluyendo que como el acrílico no es absorbente y no contiene agua, a mayor sustitución de agregado grueso por residuo de acrílico esta disminuye su relación agua cemento.

Para el concreto patrón se obtuvo un asentamiento del $3\frac{1}{2}$ " , para el concreto experimental con residuo de acrílico de 5% se obtuvo un asentamiento de 3" y para el concreto con sustitución del 10% se obtuvo $2\frac{3}{4}$ " , observando que la resistencia a la compresión del concreto tiende a disminuir a mayor sustitución del agregado grueso por el residuo de acrílico.

La resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días fue de 217.47 kg/cm^2 y del concreto experimental con sustitución del agregado grueso por el residuo de acrílico en 5% y 10% fue de 189.37 kg/cm^2 y 123.67 kg/cm^2 respectivamente, dándonos como resultado en porcentaje de 90% y 59% con respecto a los 210 kg/cm^2 .

Después de estudiar y analizar los resultados de esta investigación, el concreto con sustitución del agregado grueso por residuo de acrílico en 5% posee características para ser usado en concretos estructurales y el de 10% en concretos no estructurales, así también podríamos contribuir con el medio ambiente, dándole un uso a este tipo de material.

El residuo de acrílico no funcionó como agregado grueso, ya que no cumple con los parámetros correspondientes para ser usado como tal.

VI. RECOMENDACIONES

Debido a que la resistencia a la compresión del concreto experimental con sustitución del agregado grueso por residuo de acrílico es menor, se podría realizar pruebas adicionando aditivos o que contenga más tiempo de curado, para mejorar la resistencia a la compresión.

Del estudio realizado de nuestro concreto experimental con sustitución del agregado grueso en 5% por residuo de acrílico, podría ser usado en elementos no estructurales.

También se podría ampliar los estudios del concreto en el ensayo de resistencia a la flexión, con el objeto de comprobar si el residuo de acrílico en el concreto puede darnos mejores resultados en la resistencia a la flexión.

Para un concreto de buena calidad, se debe hacer un estudio al detalle de los componentes a emplearse en la mezcla, ya que depende de las dosificaciones adecuadas para el cumplimiento del objetivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria, Tercera Edición, Ciudad de Mexico - Mexico.
- Bosa Babativa, D., & Molina Aley, J. S. (2015). *Comparación de la resistencia a la flexión y compresión de un concreto traslúcido elaborado a partir de un acrílico (Poli epóxido) y un concreto elaborado con cemento portland de 300 psi (21 MPa, 210 kg/cm²)*. (Tesis de Pregrado), Univeridad la Gran Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3510>.
- Brito Alvaron, H. L., & Forona Santillán, L. S. (2019). *Resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo el cemento a un 23% por aditivo súper plastificante*. (Tesis de Pregrado), Universidad Cesar Vallejo, Huaraz, Perú. Recuperdo de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43282>.
- Catalan Arteaga C. J. (2013). *Estudio de la influencia del vidrio molido en hormigones grado H15, H20 y H30*. (Tesis de Pregrado), Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, Recuperado de cybertesis. uach. cl (Doctoral dissertation, tesis/uach/2013/bmfcic357e/doc/bmfcic357e. pdf).
- Cortez Peñaloza, E. L. (2017). *Estudio de la resistencia a la compresion de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo el agregado grueso con vidrio triturado tipo sodo calcico*. (Tesis de Pregrado), Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/252>.
- Evonik Industries AG, R. S. (08 de Enero del 2020). *Historia del Acrílico*. Essen, Alemania. Recuperado de <https://corporate.evonik.com/>: <https://history.evonik.com/sites/geschichte/en/inventions/plexiglas/pages/default.aspx>.
- Guayanay Juca C. A. & Morales Mediavilla A. L. (2016). *Análisis del comportamiento de hormigón con inclusión de vidrio reciclado en hormigones de resistencia*

- normal*. (Tesis de Pregrado), Universidad Central del Ecuador, Ecuador, Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7398>.
- Intor Vásquez, C. E. (2015). *Resistencia A La Compresión Del Concreto $F'_{C}=175$ Kg/Cm² Con Fibras De Polipropileno*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1537>.
- Jordan Saldaña J. C. & Viera Caballero N. (2014). *Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú, Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2084>.
- Mariano. (27 de Mayo de 2011). *Polimetacrilato de metilo*. Recuperado de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/polimetacrilato-de-metilo.html>.
- Matienco Maguiña, J. G. (2018). *Resistencia a la compresión de un concreto $f'_{c} = 210$ kg/cm² sustituyendo al cemento por la combinación de un 8% por el polvo de la concha de abanico y 12% por las cenizas de la cascara de arroz*. (Tesis de Pregrado), Universidad San Pedro, Chimbote, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.usanpedro.pe/handle/USANPEDRO/5476>
- Mendoza, I., & Chávez, S. (2017). *Residuos de construcción y demolición como agregado de concreto hidráulico nuevo*. Revista de ingeniería civil ECORFAN. Volumen 1. Cusco, Perú.
- Niño Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la Investigación*. Ediciones de la U, Primera edición, Bogotá, Colombia.
- Norma Técnica Peruana 339.022, 339.021. (2002). *Análisis, peso específico y absorción de los agregados fino y grueso*.
- Norma Técnica Peruana 339.185. (2001). *Análisis de contenido de humedad de los agregados*.

- Norma Técnica Peruana 400.012. (s.f.). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso.*
- Norma Técnica Peruana 400.017. (1999). *Ensayo de peso unitario para los agregados fino y grueso.*
- Ochoa Díaz, R. (2019). Estudio del comportamiento de concreto asfáltico con residuos siderúrgicos como agregados. *Retos en la formación de ingenieros en la era digital* (pág. 12). Congreso latinoamericano de ingeniería, Cartagena de indias, Colombia.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas De Tecnología Del Concreto En El Perú.* Colegio de Ingenieros del Perú, Segunda Edición, Lima, Perú.
- Pinedo Pérez, J. R. (2019). *Estudio de resistencia a la compresión del concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$, con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018.* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3458>.
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza Y Materiales Del Concreto.* ACI Perú, Primera Edición, Lima Perú.
- Hernández, Fernandez y Baptista. (2014). *metodología de la investigación.* Editorial McGraw-Hill, Sexta Edición, Mexico D.F., Mexico.
- Sánchez De Guzmán, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero.* Bhandar editores Ltda, Quinta Edición, Bogota, Colombia.
- Serrano Guzmán, M. F., & Pérez Ruiz, D. D. (2011). *Concreto preparado con residuos industriales: resultado de alianza empresa universidad.* Revista Educación en Ingeniería, N° 11, Colombia. Recuperado de: <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/116>.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por brindarme la vida, cuidarme en este tiempo difícil, guiar mis pasos, por darme una familia preciosa y permitirme haber logrado esta meta en mi vida profesional.

A mis Padres

Por el gran amor que me brindan, así como las enseñanzas y consejos, que siempre llevo presente, por los valores que me inculcaron, así como la perseverancia de lograr y cumplir las metas que me propongo, los amo con todo el corazón.

A mi Esposa e Hija

Por estar siempre a mi lado con tanto amor y preocupación, por ser el motivo de que cada día sea mejor y un ejemplo para mi pequeña Lucía, gracias por ser parte de este nuevo logro y de la felicidad de mi día a día.

A mis Hermanos

Por estar siempre a mi lado en todo momento, por ser parte de mis alegrías y compartir nuestras dificultades como grandes amigos, por apoyarme en cada momento en mi carrera profesional, los quiero a cada uno con todo el corazón.

A mi Universidad y docentes

Por ser el pilar como parte formadora de mis conocimientos en mi carrera profesional; a mis docentes por la paciencia, dedicación y enseñanza que me dieron en cada lección en el salón de clases.


ANEXOS Y APENDICE

Anexo A: Certificación de laboratorio



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS : "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"					
SOLICITA : Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.					
DISTRITO : HUARAZ			HECHO EN : USP -HUARAZ		
PROVINCIA : HUARAZ			FECHA : 25/07/2020		
PROG. (KM.) :			ASESOR		
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA :					
MUESTRA : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO					
PROF. (m) :					
AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		12	15		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1096.0	1094.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1090.2	1088.3		
PESO DE AGUA	(g)	5.80	5.70		
PESO DEL TARRO	(g)	163.00	163.0		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	927.20	925.3		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0.63	0.62		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			0.62	
AGREGADO FINO					
Nº TARRO		33	12		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	734.0	732.0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	703.4	701.6		
PESO DE AGUA	(g)	30.60	30.40		
PESO DEL TARRO	(g)	165.00	165.0		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	538.40	536.6		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	5.68	5.7		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			5.67	



 UNIVERSIDAD SAN PEDRO

 FILIAL - HUARAZ

 FACULTAD DE INGENIERIA

 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y

 ENSAYO DE MATERIALES

 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio

 CIP: 116544

 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810
Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telefono: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

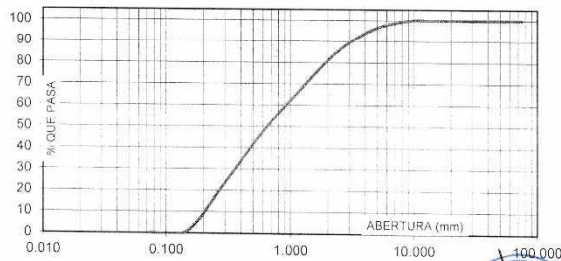
SOLICITA : **Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.**
 TESIS : "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Sustituyendo al
 Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 25/07/2020 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	6370
PESO SECO LAVADO	6360.00
PESO PERDIDO POR LAVADO	10.00

TAMIZ No	ABERT. (mm.)	PESO RETEN (gr)	% RETENIDO		% QUE PASA
			PARCIAL	ACUMULADO	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	257.60	4.04	4.04	95.96
N° 8	2.360	710.40	11.15	15.20	84.80
N° 16	1.180	1166.50	18.31	33.51	66.49
N° 30	0.600	1210.20	19.00	52.51	47.49
N° 50	0.300	1514.60	23.78	76.28	23.72
N° 100	0.150	1432.70	22.49	98.78	1.22
N° 200	0.075	68.00	1.07	99.84	0.16
PLATO		10.00	0.16	100.00	0.00
TOTAL		6370.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 4
 MODULO DE FINEZA : 2.8
 HUMEDAD : 5.67%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

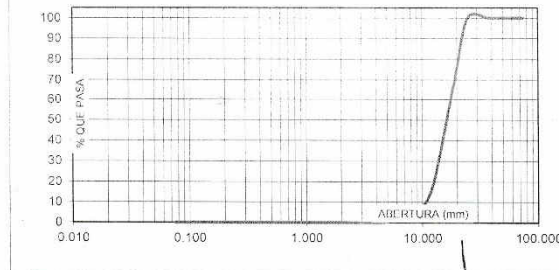
SOLICITA : **Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.**
 TESIS : "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 25/07/2020 CANTERA : TACLLAN MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	7589.5
PESO SECO LAVADO	7589.50
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No 3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	2372.40	31.26	31.26	68.74
1/2"	12.500	3780.60	49.81	81.07	18.93
3/8"	9.500	942.30	12.42	93.49	6.51
N° 4	4.750	462.20	6.09	99.58	0.42
N° 8	2.360	32.00	0.42	100.00	0.00
N° 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		7589.50	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"
 HUMEDAD : 0.62%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 FUNDACIONES
 Ing. Elizabeth María Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : **Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.**
 TESIS : "Resistencia a la Compresion del Concreto $P_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : AGREGADO FINO
 FECHA : 25/07/2020

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de frasco+ agua
 C = A + B : Peso frasco + agua +material
 D : Peso de material+agua en el frasco
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio
 F : Peso Material seco en horno
 G= E- (A - F) : Volumen de masa

300.0		
673.4		
973.4		
865.8		
107.6		
296.2		
103.8		
1.28		
1.28		

ABSORCION (%) : $((A-F/F) \times 100)$
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

PROMEDIO

2.75		
2.79		
2.85		

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

2.75
2.79
2.85



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUARAZ - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.
 TESIS : "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : TACLLAN
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO
 FECHA : 25/07/2020

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios
 D : Peso de material seco en el horno
 E = C - (A - D) : Volumen de masa

945.4	944.8	945.1
693.6	693.5	693.5
251.8	251.3	251.6
898.6	898.2	898.1
205.0	204.7	204.6
5.21	5.19	5.23
5.21		

ABSORCION (%) : $((A-D/D) \times 100)$
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO

3.57	3.57	3.57
3.75	3.76	3.76
4.38	4.39	4.39

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

3.57
3.76
4.39



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 FUNDACIONES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.

TESIS : "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"

LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 25/07/2020

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7205	7212	7215
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3785	3792	3795
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1363	1366	1367
Peso unitario prom.	1366 Kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7980	7975	7974
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4560	4555	4554
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1643	1641	1640
Peso unitario prom.	1641 Kg/m ³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUARAZ - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 FUNDACIONES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.
TESIS : "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$. Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : TACLLAN
MATERIAL : AGREGADO GRUESO
FECHA : 25/07/2020

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	27720	27730	27720
Peso de molde	7380	7380	7380
Peso de muestra	20340	20350	20340
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1482	1483	1482
Peso unitario prom.	1482 Kg/m ³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	29580	29585	29588
Peso de molde	7380	7380	7380
Peso de muestra	22200	22205	22208
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1618	1618	1618
Peso unitario prom.	1618 Kg/m ³		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MATERIAS DE SUELOS Y
 MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

PESOS UNITARIOS ACRILICO

SOLICITA : Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.
TESIS : "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"
LUGAR : HUARAZ
CANTERA : -----
MATERIAL : ACRILICO
FECHA : 25/07/2020

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	4500	4500	4520
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	1080	1080	1100
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	389	389	396
Peso unitario prom.	391 Kg/m³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	4690	4695	4680
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	1270	1275	1260
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	457	459	454
Peso unitario prom.	457 Kg/m³		


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO - HUANUCO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 LAB. DE MECANICA DE SUELOS
 Y ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Jesús Ernesto Sotelo Montes
 CIV-70761
 JEFE

PESO ESPECIFICO

(ACRILICO)

SOLICITA: **Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.**

TESIS: "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$. Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"

LUGAR : HUARAZ

CANTERA : -----

MATERIAL : ACRILICO

FECHA: 25/07/2020

PESO DE MATERIAL	20.8	gramos
VOL. DESPLAZAMIENTO	17	gramos Cm3

PESO ESPECIFICO	$D = P/V = 20,8/18$
-----------------	---------------------

PESO ESPECIFICO ACRILICO	1.22
--------------------------	------

OBSERVACIONES:


UNIVERSIDAD SAN PEDRO-FILIAL HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LAB. DE INVESTIGACION DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES
Jesús Ernesto Sotelo Montes
CIP: 70761
JEFE

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. NORABUENA ROMERO DANIEL ABEL
TESIS : Resistencia a la compresión del concreto $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo al agregado grueso en 5% y 10% por residuos de acrílico.
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 14/02/2020

ESPECIFICACIONES

El presente diseño se realizará utilizando el método ACI.
La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días.

MATERIALES

A) Cemento

Sol Tipo I
Peso específico 3.15

B) Agua

Potable de la zona

C) Agregado Fino

Cantera: Tacllan

Peso específico de masa 2.79
Peso unitario suelto 1366 kg/m^3
Peso unitario compactado 1641 kg/m^3
Contenido de humedad 5.67
Absorción 1.28
Módulo de fineza 2.8

D) Agregado Grueso

Cantera: Tacllan

Piedra perfil angular
Tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}''$
Peso específico de masa 3.76
Peso unitario suelto 1482 kg/m^3
Peso unitario compactado 1618 kg/m^3
Contenido de humedad 0.62
Absorción 5.21



SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

Siguiendo las especificaciones, para que la mezcla tenga una consistencia plástica, le corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto de asentamiento de 3" a 4" sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es 205 Lt/m³.

RELACION AGUA - CEMENTO

Relación agua - cemento por teoría 0.684
 Relación agua - cemento por corrección 0.660

FACTOR DE CEMENTO

FC $205 / 0.684 = 299.71 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bls/m}^3$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento 299.71 kg/m³
 Agua efectiva 197.878 Lt/m³
 Agregado fino 1217.604 kg/m³
 Agregado grueso 1009.38 kg/m³

PROPORCIONES EN PESO

	299.71	1217.604	1009.38	
	299.71	299.71	299.71	
	1	4.06	3.37	28.07 Lt/bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

Cálculos 1 m³: 35.31 pie³
 1 bolsa de cemento 42.5 kg

Peso por pie cúbico:

Cemento = 42.5 kg/pie³
 A. Fino = 172.55 kg/pie³
 A. Grueso = 143.225 kg/pie³
 Agua = 28.07 Litros

Cemento	A. Fino	A. Grueso	Agua
1	4.22	3.39	28.07



DISEÑO DE MEZCLA
(5% DE SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO POR RESIDUO DE ACRÍLICO)

SOLICITA : BACH. NORABUENA ROMERO DANIEL ABEL
TESIS : Resistencia a la compresión del concreto $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo al agregado grueso en 5% y 10% por residuos de acrílico.
LUGAR : HUARAZ – ANCASH
FECHA : 14/02/2020

ESPECIFICACIONES

El presente diseño se realizará utilizando el método ACI.
La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días.

MATERIALES

E) Cemento

Sol Tipo 1
Peso específico 3.15

F) Agua

Potable de la zona

G) Agregado Fino

Cantera: Taellan
Peso específico de masa 2.79
Peso unitario suelto 1366 kg/m^3
Peso unitario compactado 1641 kg/m^3
Contenido de humedad 5.67
Absorción 1.28
Módulo de fineza 2.8

H) Agregado Grueso

Cantera: Taellan
Piedra perfil angular
Tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}''$
Peso específico de masa 3.76
Peso unitario suelto 1482 kg/m^3
Peso unitario compactado 1618 kg/m^3
Contenido de humedad 0.62
Absorción 5.21



SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

Siguiendo las especificaciones, para que la mezcla tenga una consistencia plástica, le corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto de asentamiento de 3" a 4" sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es 205 Lt/m³.

RELACION AGUA – CEMENTO

Relación agua – cemento por teoría	0.684
Relación agua – cemento por corrección	0.660
Relación agua – cemento experimental	0.650

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.095
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Aire.....	(m ³)	0.020
A. Fino.....	(m ³)	0.413
A. Grueso.....	(m ³)	0.254
Acrílico.....	(m ³)	<u>0.013</u>
		1.000 m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	299.710 kg/m ³
Agua efectiva.....	195.655 kg/m ³
A. Fino.....	1152.77 kg/m ³
A. Grueso.....	955.040 kg/m ³
Acrílico.....	15.860 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	299.710 kg/m ³
Agua efectiva.....	195.655 kg/m ³
A. Fino.....	1217.604 kg/m ³
A. Grueso.....	960.961 kg/m ³
Acrílico.....	15.860 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

299.710	1217.604	960.961	15.860	195.655
299.710	299.710	299.710	299.710	

C	A. F.	A. G.	ACRI.	A
1	4.06	3.21	0.05	27.75 Lts/bl.



DISEÑO DE MEZCLA
(10% DE SUSTITUCIÓN DEL AGREGADO GRUESO POR RESIDUO DE ACRÍLICO)

SOLICITA : BACH. NORABUENA ROMERO DANIEL ABEL
TESIS : Resistencia a la compresión del concreto $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo al agregado grueso en 5% y 10% por residuos de acrílico.
LUGAR : HUARAZ – ANCASH
FECHA : 14/02/2020

ESPECIFICACIONES

El presente diseño se realizará utilizando el método ACI.
La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días.

MATERIALES

A) Cemento

Sol Tipo I
Peso específico 3.15

B) Agua

Potable de la zona

C) Agregado Fino

Cantera: Taallan

Peso específico de masa 2.79
Peso unitario suelto 1366 kg/m^3
Peso unitario compactado 1641 kg/m^3
Contenido de humedad 5.67
Absorción 1.28
Módulo de fineza 2.8

D) Agregado Grueso

Cantera: Taallan

Piedra perfil angular
Tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}''$
Peso específico de masa 3.76
Peso unitario suelto 1482 kg/m^3
Peso unitario compactado 1618 kg/m^3
Contenido de humedad 0.62
Absorción 5.21



SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO

Siguiendo las especificaciones, para que la mezcla tenga una consistencia plástica, le corresponde un asentamiento de 3" a 4"

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto de asentamiento de 3" a 4" sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es 205 Lt/m³.

RELACION AGUA - CEMENTO

Relación agua - cemento por teoría	0.684
Relación agua - cemento por corrección	0.660
Relación agua - cemento experimental	0.645

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.095
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Aire.....	(m ³)	0.020
A. Fino.....	(m ³)	0.413
A. Grueso.....	(m ³)	0.240
Acrílico.....	(m ³)	<u>0.027</u>
		1.000 m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	299.710 kg/m ³
Agua efectiva.....	193.224 kg/m ³
A. Fino.....	1152.77 kg/m ³
A. Grueso.....	902.40 kg/m ³
Acrílico.....	32.940 kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	299.710 kg/m ³
Agua efectiva.....	193.224 kg/m ³
A. Fino.....	1217.604 kg/m ³
A. Grueso.....	907.995 kg/m ³
Acrílico.....	32.940 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

299.710	1217.604	907.995	32.940	193.224
299.710	299.710	299.710	299.710	

C A. F. A. G. ACRI. A

1 4.06 3.03 0.11 27.41 Lts/bl.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.

TESIS : "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"

FECHA: 25/07/2020

F' C : 210 kg/cm2

Nº	TESTIGO	PROGRESIV.	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	CONCRETO PATRON	-	3"	14/02/2020	21/02/2020	7	161.0	76.7
2	CONCRETO PATRON	-	3"	14/02/2020	21/02/2020	7	162.3	77.3
3	CONCRETO PATRON	-	3"	14/02/2020	21/02/2020	7	162.9	77.6
4	CONCRETO PATRON	-	3"	14/02/2020	28/02/2020	14	182.8	87.0
5	CONCRETO PATRON	-	3"	14/02/2020	28/02/2020	14	184.7	87.9
6	CONCRETO PATRON	-	3"	14/02/2020	28/02/2020	14	190.5	90.7
7	CONCRETO PATRON	-	3"	14/02/2020	13/03/2020	28	214.0	101.9
8	CONCRETO PATRON	-	3"	14/02/2020	13/03/2020	28	217.1	103.4
9	CONCRETO PATRON	-	3"	14/02/2020	13/03/2020	28	221.3	105.4

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.




 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - TRINIDAD
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELOS Y
 MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.

TESIS: "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$. Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"

FECHA: 25/07/2020

f_c : 210 kg/cm²

Nº	TESTIGO	PROGRESIV.	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/ f_c
	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm ²	(%)
1	SUSTITUCION ACRILICO 5%	-	3"	14/02/2020	21/02/2020	7	122.9	58.5
2	SUSTITUCION ACRILICO 5%	-	3"	14/02/2020	21/02/2020	7	134.5	64.1
3	SUSTITUCION ACRILICO 5%	-	3"	14/02/2020	21/02/2020	7	134.4	64.0
4	SUSTITUCION ACRILICO 5%	-	3"	14/02/2020	28/02/2020	14	157.9	75.2
5	SUSTITUCION ACRILICO 5%	-	3"	14/02/2020	28/02/2020	14	154.5	73.6
6	SUSTITUCION ACRILICO 5%	-	3"	14/02/2020	28/02/2020	14	153.6	73.1
7	SUSTITUCION ACRILICO 5%	-	3"	14/02/2020	13/03/2020	28	183.5	87.4
8	SUSTITUCION ACRILICO 5%	-	3"	14/02/2020	13/03/2020	28	197.5	94.0
9	SUSTITUCION ACRILICO 5%	-	3"	14/02/2020	13/03/2020	28	187.1	89.1

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FICHA - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MATERIALES DE SUELOS
 ENSAYOS DE MATERIALES

 Ing. Elizabeth Maiza Ambrosio
 CIP: 116944
 JEFE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: Bach. NORABUENA ROMERO, Daniel Abel.

TESIS: "Resistencia a la Compresion del Concreto $f_c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$, Sustituyendo al Agregado Grueso en 5% y 10% por Residuos de Acrilico"

FECHA: 25/07/2020

FC: 210 kg/cm²

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIV. KM.	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/cm ²	FC/F' C (%)
1	SUSTITUCION ACRILICO 10%	-	3"	14/02/2020	21/02/2020	7	62.1	29.5
2	SUSTITUCION ACRILICO 10%	-	3"	14/02/2020	21/02/2020	7	59.2	28.2
3	SUSTITUCION ACRILICO 10%	-	3"	14/02/2020	21/02/2020	7	65.9	31.4
4	SUSTITUCION ACRILICO 10%	-	3"	14/02/2020	28/02/2020	14	90.8	43.7
5	SUSTITUCION ACRILICO 10%	-	3"	14/02/2020	28/02/2020	14	89.0	42.4
6	SUSTITUCION ACRILICO 10%	-	3"	14/02/2020	28/02/2020	14	85.6	40.8
7	SUSTITUCION ACRILICO 10%	-	3"	14/02/2020	13/03/2020	28	125.6	59.8
8	SUSTITUCION ACRILICO 10%	-	3"	14/02/2020	13/03/2020	28	121.0	57.6
9	SUSTITUCION ACRILICO 10%	-	3"	14/02/2020	13/03/2020	28	124.4	59.2

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.


 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

Anexo B: Conceptualización y Operacionalización de la Variable
figur

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente (X): Residuo de acrílico	Viene a ser la parte o porción, de polimetil metacrilato o acrílico, que queda de un todo después de haber utilizado lo necesario.	Se realizará obteniendo el residuo de acrílico y luego sustituyendo en la mezcla en porcentajes de 5% y 10% por agregado grueso con el objetivo de analizar su efecto en la resistencia a la compresión	Sustitución de agregado grueso en 5% por residuos de acrílico	Peso específico
				Peso unitario
			Sustitución de agregado grueso en 10% por residuos de acrílico	Peso específico Peso unitario
Variable dependiente (Y): Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	De acuerdo a NTP 339.034 (2008), consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados, en un rango prescrito mientras ocurre la falla.	Se realizará midiendo la resistencia a la compresión a los 7 días, 14 días y 28 días de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al sustituir en porcentajes de 5% y 10% de acrílico por agregado grueso con el objetivo de analizar su efecto en la resistencia a la compresión	Resistencia a los 7 días	% variación de la resistencia
			Resistencia a los 14 días	% variación de la resistencia
			Resistencia a los 28 días	% variación de la resistencia

Anexo C: Registro fotográfico



Figura N° 12: Cantera Taclán – huaraz



Figura N° 13: Recolección de los agregados



Figura N° 14: Recolección de residuo de acrílico del taller de arte publicitario Letreros Huaraz.



Figura N° 15: Molido del acrílico



Figura N° 16: Selección de la muestra de agregado fino y grueso



Figura N° 17: Análisis granulométrico de los agregados



Figura N° 18: Ensayo de peso específico y absorción de los agregados.



Figura N° 19: Ensayo de peso unitario suelto



Figura N° 20: Ensayo de peso unitario compactado



Figura N° 21: Registro del peso unitario



Figura N° 22: Peso de la muestra húmeda



Figura N° 23: Muestra colocada en el horno para obtener el contenido de humedad



Figura N° 24: Prueba de humedad superficial del agregado fino



Figura N° 25: Ensayo del peso específico del agregado fino



Figura N° 26: Concreto para elaboración de probetas



Figura N° 27: Medida del asentamiento de la mezcla



Figura N° 28: Colocación de la mezcla de concreto en el molde



Figura N° 29: Enrazado del molde con mezcla de concreto



Figura N° 30: Moldes llenos con la mezcla de concreto



Figura N° 31: Almacenamiento de los testigos para su curado



Figura N° 32: Ensayo de resistencia a la compresión



Figura N° 33: Falla del testigo de concreto con sustitución del agregado grueso en 10% por residuo de acrílico.



Figura N° 34: Testigos con ensayo de resistencia a la compresión

APÉNDICE

Propiedades del acrílico

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA	UNIDAD	MEDIDA	EXTRUSIÓN
Densidad	DIN53479	g/cm ³	1.19	1.19
Resistencia al Impacto Charpy	ISO 179 1/D	KJ/m ²	15	15
Resistencia al impacto con entalladura (Izod)	ISO 180 1/A	KJ/m ²	1.6	1.6
Resistencia a la tracción (-40 0C)	DIN53455	MPa	110	100
Resistencia a la tracción (+23 0C)	DIN53455	MPa	80	72
Resistencia a la Tracción (+70 0C)	DIN53455	MPa	40	35
Estiramiento a rotura	DIN53455	%	5.5	4.5
Coefficiente de Poisson	-	-	0.45	0.45
Resistencia a la flexión Probeta standard (80x10x4mm)	DIN53452	MPa	115	105
Tensión de Compresión	DIN53454	MPa	110	103
Tensión de Seguridad Max. (hasta 40° C)	-	MPa	5...10	5...10
Módulo de elasticidad E (Corto/Largo plazo)	DIN 53457	MPa	3300/3200	3300/3200
Módulo de torsión G en 10 Hz	DIN53445	MPa	1700	1700
Resistencia a la fatiga en test de doblamiento alternativo aprox. A 10 ciclos (Probeta con entalladura/sin Entallad.)	-	MPa	40 / 20	30-Oct
Dureza brinell h961/30	ISO 2039-1	MPa	200	190
Resistencia a la abrasión con 1.600 gr. Abrasivo	Similar ASTM- D673 44	%	98	98
Coefficiente de fricción plástico sobre plástico	-		0.80	0.8
Coefficiente de fricción plástico sobre acero	-		0.50	0.5
Coefficiente de fricción acero sobre plástico	-		0.45	0.45

Fuente: Mariano (2011)

PROPIEDAS ELECTRICAS	NORMA	UNIDAD	MEDIDA	EXTRUSIÓN
Resistencia de paso específica	DINVDE 0303,Part3	Ohm.cm	>10e15	>10e15
Resistencia eléctrica de superficie	DINVDE 0303,Part3	Ohm.cm	5x10e13	5x10e13

Fuente: Mariano (2011)