

UNIVERSIDAD DE SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Análisis y diseño para la elaboración del concreto $f'c = 210$
Kg/cm², adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino
según norma ACI -211- 2023**

Informe final de Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor

Pumaricra Milla Maycol Yack

Asesor

Castañeda Gamboa Rogelio Fermin

Codigo ORCID: 0000 0002 6961 7418

Huaraz – Perú

2024

Índice General

Índice	i
Índice de tablas	ii
Índice de figuras	iii
Palabras clave	iv
Constancia de originalidad	v
Título	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Introducción	1
Metodología	25
Resultados	31
Análisis y Discusión	48
Conclusiones	52
Recomendaciones	53
Agradecimiento	54
Referencias bibliográficas	55
Anexos	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Compuestos químicos del cemento	11
Tabla 2 Compuestos químicos del cemento y su porcentaje según rangos	11
Tabla 3 Compuestos químicos del cemento Tipo I	12
Tabla 4 Compuestos químicos del vidrio reciclado.	21
Tabla 5: Granulometría de Agregado Fino: arena gruesa de cantera Rubén – Norma ASTM C-136-06. Chimbote 2023	31
Tabla 6: Límites de la arena gruesa según norma Técnica Peruana NTP 400.037.2001	32
Tabla 7: Granulometría de Agregado Grueso: Piedra chancada de cantera Rubén – Norma ASTM C-136-06. Chimbote 023	34
Tabla 8: Límites de la piedra chancada según norma Técnica Peruana NTP 400.037.2001	35
Tabla 9: Contenido de la humedad en agregado fino : Arenas gruesa – cantera “Rubén” – Chimbote – 2023	36
Tabla 10: Contenido de la humedad en agregado grueso: Piedra chancada – cantera “Rubén” – Chimbote – 2023	37
Tabla 11: Gravedad Especifica y la absorción del agregado fino: Arena gruesa – cantera “Rubén” – Chimbote – 2023	37
Tabla 12: Gravedad Especifica y la absorción del agregado GRUESO: Piedra chancada – cantera “Rubén” – Chimbote – 2023	38
Tabla 13: Resistencia a compresión de concreto patrón – Chimbote – 2023	41
Tabla 14: Resistencia a compresión de concreto Experimental 1 – con 2% de vidrio - Chimbote – 2023	42
Tabla 15: Resistencia a compresión de concreto Experimental 2 – con 3% de vidrio - Chimbote – 2023	43
Tabla 16: Resistencia a compresión de concreto Patrón y Experimentales 1 y 2, con 2% y 3% de vidrio - Chimbote – 2023	44
Tabla 17: Resistencias a compresión de concreto Patrón y Experimentales 1 y 2 – con 2% y 3% de vidrio respecto a la resistencia de diseño- Chimbote – 2023	45
Tabla 18: Composición química del vidrio molido mediante FRX	46
Tabla 19: Validación de las resistencias a compresión de concreto Patrón y Experimentales 1 y 2, con 2% y 3% de vidrio - Chimbote – 2023	46
Tabla 20: Prueba Anova de las resistencias a compresión de concreto Patrón y Experimentales 1 y 2, con 2% y 3% de vidrio - Chimbote – 2023	47
Tabla 21: Porcentajes de resistencia según días de curado	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama variable de respuesta	26
Figura 2: Curva granulométrica de Arena gruesa- cantera Rubén	32
Figura 3: Curva granulométrica de Piedra Chancada- cantera Rubén	35
Figura 4: resistencia a la compresión del concreto patrón según días de curado	41
Figura 5: Resistencia a la compresión del concreto experimental 1 según días de curado.	42
Figura 6: Resistencia a la compresión del concreto experimental 2 según días de curado.	43
Figura 7: Resistencia a la compresión del concreto patrón y experimentales según días de curado.	44
Figura 8: Resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales según resistencia de diseño	45
Figura 9: Tipos de Fallas que se presentan en probetas luego de ensayos a Resistencias de compresión.	50
Figura 10: fracturación de los especímenes de concreto después de haber sido ensayados	

PALABRAS CLAVE

Vidrio, Concreto, resistencia

Tema:

Tecnología del concreto, diseño de concreto

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Construcción y Gestión de la construcción

OCDE

Área : Ingeniería y Tecnología

Sub área : Ingeniería Civil

Disciplina : Ingeniería Civil



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Análisis y diseño para la elaboración del concreto $f'c = 210$ Kg/cm², adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según norma ACI -211- 2023**" del (a) estudiante: **PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK**, identificado(a) con Código N° **1517100030**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **28%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 20 de mayo de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

TITULO

**Análisis y diseño para la elaboración de concreto $f'c=210$ kg/cm²
adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma
ACI 211-2023**

Resumen

El presente trabajo de análisis y diseño para la elaboración de concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211, tiene como objetivo principal determinar la resistencia del concreto $f'c$ 210 kg/cm² cuando se le adiciona vidrio molido, para ello se realizó los ensayos de laboratorio en probetas de concreto cilíndricas, el agregado fino y grueso provienen de la cantera Rubén y el material experimental proviene de Huaraz.

La proporción que mejor resultados nos arroja es la de 2% de adición, este concreto logra aumentar en 6% respecto al concreto de diseño que fue de $f'c$ 210 kg/cm² con un valor de 223.32 kg/cm² a los 28 días de curado. El uso de este material aporta al cuidado del medio ambiente sin perder las propiedades mecánicas del concreto.

La investigación proporciona un aporte de aplicación en la construcción, además se demuestra que la adición parcial de vidrio molido respecto al peso del agregado fino, mejora la propiedad mecánica más importante del concreto: la resistencia a la compresión

Abstract

The present analysis and design work for the preparation of concrete $f'_c=210$ kg/cm² adding ground recycled glass as fine aggregate according to the ACI 211 standard, has as its main objective to determine the resistance of concrete f'_c 210 kg/cm² when ground glass is added, for this purpose laboratory tests were carried out on cylindrical concrete specimens, the fine and coarse aggregate come from the Rubén quarry and the experimental material comes from Huaraz.

The proportion that gives us the best results is the 2% addition, this concrete manages to increase by 6% compared to the design concrete which was f'_c 210 kg/cm² with a value of 223.32 kg/cm² at 28 days of cured. The use of this material contributes to the care of the environment without losing the mechanical properties of the concrete.

The research provides a contribution for application in construction, and it is also shown that the partial addition of ground glass with respect to the weight of the fine aggregate improves the most important mechanical property of concrete: compressive strength.

I. INTRODUCCION

Antecedentes y fundamentación científica

Abrigo L. (2018) En su trabajo de tesis para la obtención de su título profesional de ingeniero civil desarrollado en la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Cajamarca titulado “Resistencia del concreto $f'_c=210$ kg/cm² adicionando fibra de vidrio en proporciones de 2%, 4% y 6%” propuso como objetivo principal el estudio de la influencia de la fibra de vidrio incorporada en un concreto patrón convencional, se evaluó las propiedades físicas y mecánicas del concreto, el material experimental fue fibra de vidrio que se incorporó en porcentajes del 2%, 4% y 6%, los agregados utilizados provienen de la cantera Roca fuerte - río Chonta - Baños del Inca. La variable dependiente fue la resistencia a la compresión del concreto y se evaluaron edades de 7, 14 y 28 días de curado. La investigación tuvo como resultados la mejora de las características físico mecánicas del concreto patrón, siendo el porcentaje de sustitución que presentó los mejores resultados el 2%, el cual obtuvo una resistencia a compresión de 151.41 kg/cm² respecto a un concreto convencional patrón de 230.13 kg/cm² evaluados a los 28 días de curado. La investigación llegó a su conclusión más importante que el porcentaje de 2% es aquel que presenta y responde afirmativamente la hipótesis planteada.

Castillo, W; Quispe, J (2019) en su tesis denominada “Propiedades mecánicas de un concreto con adición de vidrio molido y de cuarcita” desarrolló una metodología de investigación cuasi experimental haciendo uso de vidrio molido en la fabricación de un concreto, propuso como objetivo de investigación principal, analizar cómo se comporta una mezcla de concreto cuando se le reemplaza parcialmente el cemento por vidrio molido y cuarcita en 5%, 10%, 15%, 20% y 25% considerando el peso como referencia. La resistencia de diseño fue de 210 kg/cm², y tuvo como finalidad la comparación de un concreto sin adición o reemplazo (concreto patrón) y los concretos en los cuales se le sustituyó el cemento por vidrio molido o cuarcita, además de que se logró contribuir con la reducción de la contaminación ambiental, al reutilizar materiales de desecho, como es el vidrio. Se realizó ensayos a probetas de concreto cilíndricas, las cuales estuvieron sumergidas en agua por periodos de 3, 7, 14 y 28 días (curado), y sometidas a esfuerzos de compresión, flexión y tracción indirecta a un

periodo de 28 días. Como conclusión mas destacada tenemos que el vidrio molido reciclado en porcentaje de 5% de reemplazo del cemento permite conseguir mejorar el comportamiento físico del concreto ya que le proporciona mejor trabajabilidad y aumenta su adherencia de sus partículas, respecto a su comportamiento mecánico mejora la resistencia a edades tempranas. Este porcentaje de 5% de sustitución del cemento por vidrio molido deberá ser empleado en mezclas de concreto logrando así no solo mejorar sus comportamientos físicos y mecánicos, sino que nos brinda un aporte importante como material suplementario cementante en la industria de la construcción.

Rojas (2015), presentó en su estudio un proceso de experimentación que permitió incrementar el comportamiento mecánico del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con la incorporación de partículas de vidrio (sólido cálcico) en distintos porcentajes de acuerdo a lo indicado en la norma técnica peruana NTP 400-037. Para la elaboración del concreto se evaluó las propiedades físicas y mecánicas de los agregados fino y grueso, y se realizó un diseño de mezcla mediante el método ACI 211, y posteriormente se fue incorporando diferentes porcentajes de vidrio molido. Se logro conseguir resistencias a compresión a distintos tiempos de curado de 7 días, 14 días y 28 días, siendo los valores de 184.0 kg/cm^2 , 220.40 kg/cm^2 , 245.40 kg/cm^2 y 318.80 kg/cm^2 de forma respectiva, haciendo uso de unas proporciones de diseño que incluyen una cantidad porcentual mínima de vidrio molido.

Así mismo, Peñafiel (2016), realizó un análisis de la resistencia a compresión del concreto en el cual se empleo el material experimental de vidrio molido reciclado en forma tal que reemplazó cantidades porcentuales del agregado fino o arena gruesa, luego de comprobar los resultados de los ensayos correspondientes a la compresión, aplicando cargas axiales sobre los especímenes de concreto convencional a un periodo de curado de 7 días se tuvo un valor de 157.3 kg/cm^2 , siendo la resistencia de diseño 210.0 kg/cm^2 y para concretos en los cuales se reemplazó parcialmente el agregado fino por vidrio molido en 10%, 20% 30% y 40% obteniendo como resultados 157.2 kg/cm^2 , 156.9 kg/cm^2 , 156.0 kg/cm^2 , 155.6 kg/cm^2 , respectivamente para estos concretos, se pudo apreciar que los concretos con reemplazo no lograron superar al concreto convencional, quien logro tener la mayor resistencia, de todos los concretos

evaluados. Pese a ello hay que indicar que la resistencia del concreto convencional estuvo por debajo un 25.11% menos de la resistencia de diseño.

Actualmente existe una serie de métodos que se encuentran relacionados al uso de diversos tipos de materiales y aditivos en proporciones distintas que permiten mejorar o modificar las propiedades del concreto para la construcción, bajo este contexto la investigación se planteó encontrar la mejor mezcla con las proporciones de cemento, arena gruesa, vidrio molido, piedra y agua, es a partir de ellos que se ha tomado de referencia las investigaciones previas nacionales e internacionales.

Según Afá & Loyola (2016), nos presentan en su investigación los resultados de la influencia sobre la resistencia a la flexión del concreto cuando se usa fibra de vidrio AR y un plastificante Copre-plast 102, la resistencia a la flexión se realiza en los paneles de un concreto con reforzamiento de fibras de vidrio GRC. Se pudo de manera metodológica determinar el grado de influencia del peso que tiene la fibra de vidrio alcalino FV-AR, conjuntamente con el aditivo plastificante Copre-plast 102. Los ensayos de la resistencia a la flexión se realizaron a periodos de curado de 7 días, 14 días y 28 días, los que brindaron valores positivos. De forma estadística logro determinarse que el efecto que tiene las fibras de vidrio AR como material de refuerzo y como aditivo plastificante en la propiedad mecánica: resistencia a la flexión, usando un análisis de varianza (ANOVA), se logra deducir los adecuados porcentajes.

Según Ochoa L. (2018), en su trabajo de investigación de pregrado desarrollo una investigación, tomando como material experimental el vidrio reciclado molido, la influencia de este como agente reductor del agregado fino para ser usado en diseño de mezclas de concreto de pavimentaciones urbanas de la ciudad de Chiclayo. El estudio se propuso como objetivo definir cuál es la influencia que tiene el vidrio reciclado molido cuando se comporta como un agente reductor del agregado fino en mezclas de concreto de pavimentos rígidos de la ciudad, y generar la reducción del impacto ambiental mediante el reciclaje de estos materiales sólidos. La investigación es de carácter cuasi experimental debido a que se logró evaluar diferentes mezclas de concreto diseñados mediante método ACI, considerando un concreto patrón sin partículas de vidrio reciclado molido. Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron bajo las condiciones de las Normas vigentes peruanas y las Normas ASTM.

Se analizó el concreto en su estado fresco y endurecido. Los concretos tuvieron proporciones de reemplazo de 0% (concreto patrón), 10%, 20% y 30%, de la arena fina por vidrio molido, las resistencias de diseño de los concretos evaluados fueron de 175 kg/cm² y 280 kg/cm². Luego de las pruebas correspondiente de resistencia a compresión se comprobó un aumento de ella conforme se va aumentando el porcentaje de reemplazo de la arena gruesa por vidrio molido. Pero es inversamente proporcional la reducción del “slump” o asentamiento, el peso unitario y el contenido de aire en la mezcla, de los concretos con reemplazo respecto al concreto patrón. El porcentaje optimo que presentó mejores resultados fue el 10% de reemplazo de arena gruesa por vidrio molido en los 3 diseños de mezcla evaluados, esto se fundamente por que se logró una trabajabilidad mejorada, y un contenido de aire constante y menor que el concreto de referencia.

Los autores, Rodríguez & Ruiz (2016) desarrollan una investigación acerca del desempeño que tiene un concreto cuando se le incorpora vidrio reciclado previamente molido muy finamente, esta incorporación se hace en reemplazo del cemento y se prueba mediante ensayos de laboratorio. La investigación tiene como objetivo general analizar cuál es el efecto que tiene el uso del vidrio molido reciclado como material suplementario del cemento, mediante el comportamiento de sus resistencias y de su reacción álcalis-sílice de la mezcla de concreto endurecido. Se pudo comprobar con esta investigación que el vidrio molido posee condiciones de puzolinidad que permiten ser usado como material suplementario del cemento, pero tiene la observación que al usarse se reduce las resistencias a edades tempranas del concreto. Las resistencias se mantienen o superan a las mezclas con iguales contenidos de cemento, además se encontró que el vidrio molido puede inhibir de forma significativa la reacción álcali-silice, por otro lado, si bien es cierto que las resistencias disminuyen a edades tempranas, a edades avanzadas esa disminución es poco significativa.

Así como Mora (2016), desarrolló un trabajo de investigación acerca del concreto ecológico con el uso de diversos materiales como el vidrio, PET, vidrios y tapas de envases de bebidas de refrescos y alcohólicas. La investigación logro identificarse con necesidad de aportar en la reducción de los índices de la contaminación generada por estos envases plásticos diariamente, pudiendo a su vez reutilizar los mismos en la elaboración de mezclas de concreto, llegando a denominar a estos concretos

ecológicos. De esta forma se consigue frenar el impactos que estos residuos causa en los ecosistemas. También la investigación tiene con contexto de trabajo fundamentado en el uso del concreto en las construcciones masivas, ya que se considera el material que mas se usa en la industria por lo que se logro involucrar los materiales como: vidrio, tapas de envases, PET, entre otros, que causa un impacto positivo sobre la medio ambiente y los ecosistemas, debido a que envases de botellas o envase matealicos etc, se confinaron en un concreto, por lo tanto no afecta a la ecología. El estudio fue desarrollado en distintas etapas, tales como: proceso de reciclado de materiales usados, luego se aplicó algunos procesos mecánicos para particionar en trozos el PET, las tapas metálicas fueron también trituradas y el vidrio se realizó su molienda, luego se consiguió la elaboración de mezclas de concreto con una dosificación en volumen tal como: 1:2:2 y 1:2:3. Las muestras evaluadas se les conoce como probetas cilíndricas de 3” de diámetro, 6” de altura y probetas cilíndricas de 2” de diámetro, 6” de altura, luego se llegó a ensayar las probetas para determinar su resistencia a compresión a un tiempo de curado de 7, 14, 21 y 28 días.

Según los autores Cano & Cruz, logra explicar el proceso de análisis que se realizó sobre las mezclas de concreto que se les adiciona vidrio molido, tamizado y granular como si fuera un aditivo que se incorporará a la mezcla. El estudio plantea como objetivo el análisis de las mezclas de concreto las cuales tuvieron en su dosificación porcentajes de vidrio molido, tamizado y granulado, cumpliendo la labor de un aditivo para lograr en el concreto una mejoría en sus propiedades mecánicas como la resistencia a compresión , para ello se propone que un diseño de mezcla óptimo para determinar la resistencia a compresión de una mezcla de concreto, luego realizar la comparación de las resistencias ultimas de un concreto patrón o convencional. Esta investigación ha permitido observar la influencia del vidrio en sus tres aspectos: granulometría de sus partículas, así como aditivo en la mezcla de concreto patrón, con la finalidad de mejorar las propiedades del concreto endurecido cuantificando su resistencia a compresión.

Fundamentación científica

El concreto.

CONCRETO

Es el material mas importante en la industria de la construcción el cual se componen de materias básicas como: los agregados (arena gruesa y piedra chancada o triturada) el agua y el aglomerante (cemento), de forma eventual y bajo requerimientos especiales se utilizaran aditivos, todos ellos deben mezclarse de acuerdo a las dosificaciones previamente determinadas mediante métodos de diseño para propiedades preestablecidas.

El concreto es una combinacion de cemento, agregados y agua, es este ultimo ingrediente el que origina el proceso de hidratación y se comienza a curarse y a endurecerse. Por tanto el agua al reaccionar con el cemento logra descomponer las partículas del cemento, posteriormente los agregados se comienzan a unir mediante la reacción química de los iones de calcio.

Las propiedades de un concreto

Según Frederic, S.(1992) indica que una mezcla de concreto posee cuatro propiedades relevantes y son: la resistencia, la trabajabilidad, la cohesividad y por último la durabilidad.

Para la normatividad que se aplica para los diseños de concreto en nuestro país se considera la Normas del American Concrete Insitutute (ACI), la cual señala que para que se pueda seleccionar una mezcla adecuada de concreto se debe seguir los pasos siguientes:

- Se debe definir mediante calculo la desviación estándar.
- Se debe definir mediante ensayo la resistencia a compresión promedio de la muestra
- Se debe definir mediante mezclas de prueba o un idóneo registro de experiencias que albergue unos 30 ensayos consecutivos con materiales y condiciones similares a las esperadas.

Se debe considerar en la etapa de diseño, los diagramas de flujo que se presentan en los anexos de la norma, con el fin de poder seleccionar y documentar la dosificación de un concreto, con los parámetros del reglamento ACI 318S.

A continuación, se detallan las características de una mezcla de concreto de acuerdo a su grado de importancia:

La trabajabilidad:

Es una de las características mas importantes en la aplicación de una mezcla de concreto fresco. Esencialmente se puede afirmar que es la facilidad de manejar la mezcla en su etapa de mezclado de materias primas con el agua, y también la facilidad de que la masa ya homogeneizada sea manipulada, transportada y colocada sin perder dicha condición de acomodo de sus ingredientes, es decir no perder la homogeneidad de la masa.

La resistencia.

En la característica fundamental de un concreto en estado endurecido, y es la capacidad de soportar cargas externas, absorbiendo sus esfuerzos, deformándose sin llegar a la falla o fractura. La resistencia a compresión se determina en ensayos a muestras, generalmente cilíndricas llamadas “probetas”, puede evaluarse otras resistencias a flexion o tracción de forma directa o indirecta a partir de los resultados de la compresion. Una mezcla de concreto logra conseguir su resistencia conforme aumenta el periodo desde su elaboración, llegando a su resistencia final a los 28 dias, la cual se define como el periodo maximo a considerar para la valoración de las resistencias del concreto.

La durabilidad.

La mezcla de concreto al paso de tiempo debe ser una masa solida que tenga la capacidad de resistir la acción del intemperismo, ademas de la acción directa de algunos productos químicos y del desgaste, producto del servicio al que esta sometido a lo largo de su vida útil.

La impermeabilidad.

Es otra de las características importantes de concreto la cual es susceptible de mejorarse con la reducción de agua y gradación de sus componentes inorgánicos: agregados. La impermeabilización del concreto viene a ser el proceso muy antiguo que tiene como finalidad la protección de los elementos que conforman una estructura o edificación de los daños o fallas que se originen por la presencia de la humedad.

Existen varias formas de sellar o impermeabilizar el concreto para evitar la penetración de agua, incluso en el proceso de elaboración se puede incluir aditivos a la mezcla.

El Cemento.

Es el material más importante de una mezcla de concreto porque genera la reunión de los ingredientes, es un aglomerante hidráulico el cual resulta de la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos los cuales han sido sometidos a activaciones térmicas y un posterior proceso de molienda y posee la característica de endurecimiento. Este material obtenido producto de la calcinación se le conoce como Clinker.

Según Gonzales S. (2012) en su publicación de “supervisión de obras de concreto” señala que el cemento es un material artificial que ha sido obtenido a partir de la transformación de materias primas inorgánicas que son simples o compuestas de calizas, de arcillas y otros minerales.

La composición química del cemento

Según Tacilla, Araujo y Cardozo (2014) en su publicación denominada “composición química del cemento” describe a los principales componentes o materias que se necesitan para la elaboración de cemento además de indicar las propiedades genéricas que intervienen en esta etapa, las cuales son:

El silicato tricálcico

Este componente químico es el que confiere a la mezcla su resistencia inicial además de influir de forma directa en el calor de hidratación de la mezcla en su etapa inicial de elaboración (concreto fresco)

Silicato di cálcico

Este componente químico es el que interviene y define en la mezcla su resistencia final o resistencia a largo plazo, este componente no logra influir de forma directa e indirecta

en el calor de hidratación de la mezcla en su etapa inicial de elaboración (concreto fresco).

El aluminato tricálcico

Este componente químico es el elemento catalizador para la reacción de los silicatos di cálcico y tricálcico durante el inicio del proceso de hidratación generando un fraguado violento o rápido, para contrarrestar este fenómeno físico-químico es necesario que se le deba añadir yeso durante su proceso de elaboración o fabricación del cemento.

El aluminio -ferrita tetracálcico

Este componente químico es el que confiere a la mezcla su velocidad de hidratación y en segundo orden también logra influir de forma directa en el calor de hidratación de la mezcla en su etapa inicial de elaboración (concreto fresco)

Los componentes menores

Existen otros componentes químicos del cemento que por su porcentaje de participación no influyen de manera considerable en la reacción química ni es sus efectos al concreto en estado fresco o endurecido y son: el óxido de potasio, óxido de sodio, óxido de manganeso, óxido de titanio, etc. (Teodoro E. 1997)

Los tipos de cemento:

1. El Cemento Tipo I: de Uso general

Es óptimo para usarse en todos los concretos donde no se requiere las propiedades específicas de otros cementos. Se puede emplear para construir los pavimentos rígidos, para los pisos, en puentes, en tanques, para embalses, en la elaboración de tuberías, para las unidades de albañilería y por último para los productos de concreto prefabricado etc.

2. Cemento Tipo II y Tipo II(MH): Moderada resistencia a sulfatos y al calor de hidratación

Este cemento es recomendable ser utilizado en las estructuras generales normales y también aquellas con elementos expuestos a los suelos húmedos o agua subterránea en donde se presenta una elevada concentración de los

sulfatos o también es grandes vaciados ya que el calor resultado de la hidratación del cemento sea más elevado que lo normal.

Este tipo de cemento tiene características de moderada resistencia a sulfatos debido a que tiene un porcentaje no mayor a 8% de aluminato tricálcico. Con este porcentaje logra tener un control ante el ataque al concreto, se recomienda que al emplear este tipo de cemento se debe tener un diseño con baja relación Agua – cemento y reducir su permeabilidad.

3. Cemento Tipo III: Altas resistencias iniciales

Este tipo de cemento posee elevada resistencia a edades tempranas, por lo general una semana o incluso menos. Este cemento tiene un comportamiento parecido al cemento Tipo I, diferenciándolo por que sus partículas se muelen más finamente, es por ello que se recomienda su utilización cuando se ha de remover los elementos de encofrados en un tiempo corto o rápido o cuando el elemento de concreto ha de ser puesto en servicio con suma urgencia, en tiempos cortos.

4. Cemento Tipo IV: Con Bajo calor de hidratación

Este tipo de cemento es recomendado para su uso en trabajos donde es necesario reducir la tasa y la cantidad de calor que se causa al momento inicial de la hidratación. Es por esta razón que el concreto que se elabora, posee resistencia con una tasa más lenta que los otros tipos. Usado para la construcción de estructuras de concreto de gran dimensión que requieren grandes cantidades de concreto es decir un vaciado de concreto masivo, donde se consiguen elevadas temperaturas que se derivan de calor que se genera por el endurecimiento de la masa.

5. Cemento Tipo V: Con elevada resistencia a los sulfatos

Este tipo de cemento es utilizado en los concretos que están expuestos a la acción fuerte de los sulfatos, generalmente en donde el suelo y el agua subterránea contienen una gran concentración. Este cemento posee un bajo contenido de aluminato tricálcico, por debajo del 5% lo cual permite su alta resistencia a los sulfatos.

El cemento presenta generalmente los siguientes compuestos químicos en sus materias primas utilizadas en su elaboración:

Tabla 1
Compuestos químicos del cemento

Porcentaje (%)	Compuesto químico	Procedencia
95%	Oxido de calcio – CaO.	Materiales pétreos: calizas
	Oxido de silicio – SiO ₂ .	Materiales pétreos: areniscas
	Oxido de aluminio – Al ₂ O ₃ .	Material pétreo arcilloso
	Oxido de fierro – Fe ₂ O ₃ .	Material pétreo arcilloso, mineral de hierro, roca pirita
5%	Oxido de titanio, de magnesio, de manganeso, de azufre, de fosforo, de potasio (álcalis) y de sodio (álcalis).	Minerales diversos

Fuente: Teodoro, E. (1997)

Tabla 2
Compuestos químicos del cemento y su porcentaje según rangos

Compuesto	Porcentaje	Abreviatura
(CaO)	61% - 67%	C
(SiO ₂)	20% - 27%	S
(Al ₂ O ₃)	4% - 7%	A
(Fe ₂ O ₃)	2% - 4%	F
(SO ₃)	1% - 3%	
(MgO)	1% - 5%	
(K ₂ O Y Na ₂ O)	0.25% - 1.5%	

Fuente: Teodoro, E. (1997)

Tabla 3*Compuestos químicos del cemento Tipo I*

Componentes	Cemento Tipo I
Oxido de Sílice: SiO ₂	20.5%
Oxido de Hierro: Fe ₂ O ₃	5.14%
Oxido de Aluminio: Al ₂ O ₃	4.07%
Oxido de Calcio: CaO	62.92%
Oxido de Magnesio: MgO	2.10%
Óxido de Azufre: SO ₃	1.83%
Perdida por Calcinación: P.C	1.93%
Residuo Insoluble: R. I	0.68%
Cal Libre: Cao	1.10%
Álcalis: Na ₂ O	0.22%
Silicato Tricálcico: C ₃ S	44.70%

Fuente: IECA, 2013

Materiales:**Agregado fino (arena gruesa)**

Este material componente del concreto es aquel que proviene de un proceso de desintegración de las rocas madres, estos procesos pueden ser naturales o artificiales, con ellos se logra obtener partículas que logran pasar por malla de 3/8" que tiene un diámetro de 9.51 mm, y se retienen en la malla #200 con un diámetro de 74 um, de acuerdo a lo estipulado en la norma técnica peruana N° 400-011.

Las propiedades Físicas del Agregado fino:

Los materiales pétreos como lo es el agregado fino o arena gruesa, para ser utilizado como ingrediente para la elaboración de un concreto debe cumplir con algunos requisitos de calidad mínimos, según lo detalla las especificaciones técnicas de la normatividad peruana (NTP), entre ellas podemos a continuación mencionar:

El peso unitario

Es una propiedad que tiene dependencia de algunas condiciones propias o intrínsecas que tienen los agregados, tal como la forma que poseen, la dimensión de

sus partículas, y su granulometría es decir la distribución de las partículas según su diámetro. Otra de las condiciones es el contenido de humedad que posee, también de otros factores externos como el tamaño que posee el agregado relacionándolo con el volumen que lo contiene: peso unitario compactado, el grado de compactación, y como se presenta su consolidación, entre los más importantes.

El peso específico

Es una característica física que relaciona el peso y el volumen que posee un material, la diferencia que tiene este con la anterior característica de peso unitario, es que no se tomará en consideración el volumen que ocupan los vacíos en la masa del agregado. Se debe determinar este valor para la realización de las proporciones de la mezcla y también para así poder realizar la verificación que corresponda al material de peso normal.

Contenido de humedad

Esta característica se representa con la determinación del agua que contiene el material pétreo,(arena gruesa), es de suma importancia su determinación debido a que, según su valor dado en porcentaje, la cantidad de agua en la mezcla de concreto varia.

La absorción

Esta característica se conoce como la capacidad que posee el agregado fino para absorber el agua cuando se entra en contacto directo. De la misma forma que la humedad del agregado, la absorción tiene influencia directa en la cantidad de agua de una mezcla de concreto, la modifica.

Análisis granulométrico

La granulometría o gradación del agregado fino viene a ser la distribución de las partículas que lo componen de acuerdo a sus dimensiones o diámetros. El análisis granulométrico separa la muestra total de agregado fino en partes que posee cada uno de ellas partículas del mismo tamaño, de acuerdo a las aberturas de los tamices que se utilicen.

La norma técnica peruana establece las condiciones para los materiales de acuerdo a si corresponden a los agregado finos o gruesos, siendo para agregado fino: ASTM 136-06.

El módulo de fineza

Esta característica es fundamental y básica para determinar su uso o no en una mezcla de concreto como agregado fino, y viene a representar un índice aproximado que indica el promedio del tamaño de las partículas de la arena, es usado para controlar la uniformidad de los agregados, la norma técnica señala que la arena debe contar con un valor de módulo de fineza no menor a 2.35 ni más de 3.15.

Se calcula con la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados hasta el tamiz N°100, y dividiéndolo entre 100.

La superficie específica

Esta característica del agregado fino se determina con la suma de las áreas superficiales de la totalidad de partículas que conforman en agregado por cada unidad de peso. Se tiene que considerar dos hipótesis de trabajo: que la totalidad de las partículas son de forma esférica, y que el diámetro promedio de las partículas logra pasar por un tamiz y se retienen en otro, es similar al promedio de partículas totales (NTP.334.002-2003)

Agregado grueso (piedra triturada)

Este material componente del concreto es aquel que proviene de un proceso de desintegración de las rocas madres, estos procesos pueden ser naturales o artificiales, con ellos se logra obtener partículas que logran ser retenidas por la malla N°4 que tiene un diámetro de 4.75 mm, y además de ello deben cumplir con los límites de acuerdo a lo estipulado en la norma técnica peruana N° 400-0037.

Para el caso de agregado grueso existe la posibilidad de clasificarles según su forma de obtención en gravas y piedra chancada o triturada, la primera clasificación corresponde a aquel agregado que tiene procedencia de la desintegración natural de la roca madre, y comúnmente se encuentra en las canteras y lechos de los ríos en los cuales se han depositado a lo largo del tiempo de forma natural por fenómenos del intemperismo. La piedra chancada o triturada procede de procesos mecánicos que permiten la elección del diámetro según las solicitudes del agregado grueso y se producen en las plantas chancadores o in situ.

Las propiedades Físicas del Agregado Grueso:

Los materiales pétreos como lo es el agregado grueso o también conocido como piedra chancada, piedra triturada, o simplemente gravas, deben provenir de preferencia de rocas ígneas o volcánicas de grano fino, ya que estas han sufrido un enfriamiento a grandes profundidades debido a lo cual poseen una elevada dureza por encima de 7, además tiene una resistencia superior al doble de la resistencia de un concreto. Para ser utilizado como ingrediente para la elaboración de un concreto debe cumplir con algunos requisitos de calidad mínimos, según lo detalla las especificaciones técnicas de la normatividad peruana (NTP136.06), entre ellas podemos a continuación algunas propiedades o características físicas:

El peso unitario

Es una propiedad también llamado peso aparente, es que tiene dependencia de algunas condiciones propias como forma, dimensión y su granulometría, estos influye para lograr conseguir un determinado volumen unitario y se debe expresar en kilogramos sobre metros cúbicos (kg/m^3), el peso unitario común generalizado se encuentra en una rango desde $1,500 \text{ kg}/\text{m}^3$ a $1,700 \text{ kg}/\text{m}^3$,

El peso específico

Es una característica física que relaciona el peso y el volumen que posee un material, es una propiedad adimensional y es un indicador importante para determinar su calidad, se puede considerar a un agregado grueso de buena calidad a aquel que posee un peso específico en un rango desde 2.5 a 2.8. para su determinación no se toma en consideración el volumen que ocupan los vacíos en la masa del agregado. Se debe determinar este valor para la realización de las proporciones de la mezcla y también para así poder realizar la verificación que corresponda al material de peso normal. Si el peso específico de un agregado grueso esta por debajo de 2.5, se considera que es de baja o mala calidad, ya que sus partículas son porosas, débiles, y contienen mayor cantidad de agua, etc.

El contenido de humedad

Esta característica se representa con la determinación del agua que contiene el material pétreo, es de suma importancia su determinación debido a que, según su valor dado en porcentaje, la relación de agua/cemento en la mezcla de concreto varia.

La absorción

Esta característica se conoce como la capacidad que posee el agregado fino para absorber el agua cuando se entra en contacto directo. De la misma forma que la humedad del agregado, la absorción tiene influencia directa en la relación agua/cemento de una mezcla de concreto, la modifica.

Análisis granulométrico

La granulometría o gradación del agregado grueso viene a ser la distribución de las partículas que lo componen de acuerdo a sus dimensiones o diámetros. El análisis granulométrico separa la muestra total de agregado grueso en partes que posee cada uno de ellas partículas del mismo tamaño, de acuerdo a las aberturas de los tamices que se utilicen. La norma técnica peruana establece las condiciones para los materiales de acuerdo a si corresponden a finos o gruesos, siendo para agregado grueso: ASTM 136-06.

El Agua

Para una mezcla de concreto, mortero o pasta de cemento, el material que inicia el proceso de hidratación es el agua, esta debe ser limpia, debe estar exenta de aceites, libre de sustancias acidas, sin presencia de compuestos químicos llamados álcalis (óxidos de sodio y potasio) y no debe presentar materia orgánica. La función principal es por tanto iniciar el proceso de hidratación del cemento, lo que permite aportar también la adecuada trabajabilidad a la mezcla, por último el uso del agua en la etapa de endurecimiento es importante porque permite la evaporación del agua de la dosificación por el calor del proceso químicos, a ese proceso se le conoce como el curado.

Según Martínez I. (2010) en su trabajo llamado cementos y morteros, señala que este material debe usarse en las mezclas de concreto siempre que cumplan las condiciones tales como:

- Se debe usar el agua de la misma fuente que esta basada la dosificación de mezcla de concreto.
- El agua es el elemento que permite obtener la capacidad ligante del cemento en una mezcla de concreto, mortero o pasta.
- El agua usado en el proceso de mezclado de un concreto como usado como elemento de curado del concreto, ha de estar libre de elementos contaminantes

que perjudiquen el proceso de fraguado de la mezcla o que puedan reaccionar de forma negativa, ya sea en su estado fresco (proceso de mezclado) o en su estado endurecido (fraguado inicial y final).

- Para el proceso de hidratación del cemento es necesaria una cantidad de agua en referencia a la cantidad de cemento que se dosifica, la cantidad restante de agua incorporada solamente sirve para aumentar la propiedad física de la fluidez de la pasta, contribuyendo para que la pasta de cemento tenga capacidad de lubricación de los agregados y en consecuencia conseguir una manejabilidad idónea en la mezcla fresca.
- La cantidad de agua es una parte de la masa de la mezcla que al endurecer o fraguar origina la porosidad, esta condición de porosidad reduce la resistencia del concreto, mortero o pasta, por este motivo cuando se necesita una mezcla con buena fluidez no se debe buscar conseguirla con adicionar agua sino con la incorporación de aditivos plastificantes.
- Se recomienda que el agua a utilizar en las mezclas de concreto o mortero sea la misma que está destinada y tratada para el consumo humano, es decir agua potable, agua que no contiene aceites, ácidos, materias orgánicas, etc, (Martinez,2010)

El Curado

Este proceso constituye la incorporación adicional de una cantidad de agua que permite una eficiente hidratación de las partículas de cemento. El proceso de curado incorpora agua también considerando la humedad ambiental porque la evaporación del agua de la pasta sucede con mucha rapidez al tener una humedad relativa baja en el medio ambiente. El cemento con el agua al producirse la mezcla logra ocupar un espacio inicial determinado que es constante y se llena de forma gradual con los productos de la hidratación: pasta de cemento. (Wikipedia, 2017)

Vidrio

Este material es muy usado en la industria de la construcción, generalmente en acabados y procesos de terminación de las edificaciones, en menor medida como materia prima para usos en mezclas de concreto y mortero. Es un material frágil y duro que se obtiene de la fusión a elevadas temperaturas de compuestos inorgánicos

y su posterior enfriamiento proporciona una masa rígida no cristalina. El silice - SiO_2 , es el compuesto químico principal del vidrio; el silicio como componente único sería un vidrio ideal para aplicarlo en diferentes usos, pero se deben utilizar otros componentes que permiten reducir la temperatura, como el óxido de sodio, y para evitar la solubilidad ante el agua se le incorpora un tercer componente: el óxido de calcio, lográndose con este último una gran estabilidad química.

Vidrio reciclado

El vidrio es material de consistencia dura, y también frágil, es transparente generalmente, tiene un especial brillo en su superficie, es insoluble en casi todos los cuerpos conocidos y se logra fundir cuando es sometido a elevadas temperaturas. El vidrio se conforma por una combinación de sílice con soda o potasa además de contener también algunas cantidades reducidas de otras bases, se fabrican por lo general en crisoles y hornos.

El vidrio es considerado un material reciclable porque presenta adecuadas características para ese proceso de reversión. Específicamente el vidrio tiene un porcentaje de reciclaje del 100 %, es decir, desde los envases que se utilizan para la industria alimentaria, química, etc, y puede elaborarse uo nuevo o en su defecto se elaboran productos con las similares características del vidrio original.

El proceso de reciclado y posterior reutilización del vidrio en nuestro entorno permite que se aperturan varias posibilidades de uso para la sociedad y las industrias, las cuales contribuyen directamente con un beneficio medioambiental.

El proceso de reciclado del vidrio

Este proceso es del 100%, y cuando se produce la etapa de fusión del vidrio no se tienen pérdidas de este material, por cada tonelada de elementos o fragmentos de vidrio se consigue tener una tonelada de vidrio nuevo. En el proceso de reciclado de vidrio se obtienen diversos beneficios, por ejemplo se reduce costos de producción por cada 10% de vidrio molido usado en la fusión se economiza 2.5% de la cantidad de energía usada en altos hornos. Los procesos de fusión se generan a partir de cascos de vidrio interno y externos, los internos se generan en las mismas fabricas con los componentes originales y en bruto desde la silice, mientras que los cascos externos de vidrio pueden ser generados por ejemplo por residuos

domiciliarios, aunque su selección para uso es mas compleja porque se debe conocer su procedencia y su composición química, y separarlos. Una vez seleccionado si puede generar un mejor y mas optimo proceso de obtención de vidrio nuevo.

Los compuestos del vidrio

Podemos mencionar los siguientes:

Arena: este compuesto representa un 43% de la totalidad de los insumos para el vidrio, la arena proviene de la meteorización de las rocas superficiales sobre la corteza terrestre, la más común es la silícica, a la cual se le expresa el contenido de arena en los suelos como porcentaje de silice -SiO₂.

La soda: este compuesto es esencial, y se le conoce químicamente como un carbonato de sodio (Na₂CO₃). Este compuesto se usa para la fabricación de los jabones, para depurar aguas duras, como reactivo en la industria química, sobre todo en la fabricación del vidrio. Debido a que su alto costo es necesario que la industria de fabricación del vidrio reduzca su cantidad usando feldespatos y la sienita nefelina, que son muy buenos sustitutorios. Pero en la fabricación de vidrios sin álcalis se requieren las alúminas, ya sean hidratadas o calcinadas. Se usan por tanto como materiales feldespáticos que evitan adicionar los álcalis.

La dolomita: este compuesto representa un 16% de la totalidad de los insumos, es un mineral que se compone de carbonato calcico y de magnesio (CaMgCO₃) cuyo peso especifico varia entre 2.85 a 2.95 y posee una dureza entre 2.5 y 4.0. la dolomita se presenta en cristales incolores, aunque algunas veces se encuentran cristales rosados, amarillos y blancos que poseen un brillo nacarado. Este compuesto es un constituyente principal de las rocas carbonatadas de origen sedimentarios: dolomías y rocas calizas dolomíticas. También se encuentran en rocas de origen metamórficos como el mármol dolomítico.

Los Feldespatos: este compuesto representa un 9% de la totalidad de los insumos, es un mineral que pertenece a la familia de “feldespatos”, familia compuesta por aluminio-silicatos, que se relacionan entre sí, y contienen gran cantidad de calcio, potasio y sodio, en cantidades menores o raras veces presentan cationes de bario, plomo, hierro, rubidio y cesio.

El casco: este componente sólido representa un 13% de la totalidad de los insumos y se le conoce así al producto que comprende por fragmentos de vidrios reciclados de diversos tipos.

Agregados menores: estos compuestos representan un 1% de la totalidad de los insumos y comprenden los colorantes, descolorantes, los afinantes, etc.

Características del vidrio

El vidrio presenta las siguientes características:

- Tiene una resistencia mecánica que depende de las condiciones de su superficie. Los daños físicos, los rayones, y los ataques químicos son condiciones que disminuyen su resistencia, razón por la cual no es posible dar un valor exacto de ella.
- Se debe recomendar que se pueden presentar deficiencias durante el manejo, la habilitación y colocación de este material, ya que es posible que se sufra de debilitamiento de la resistencia de este.
- Presenta una resistencia a la compresión 10 veces superior aproximadamente a su resistencia a la tensión, pero a consecuencia de su propiedad física de fragilidad que presenta, generalmente la rotura del vidrio se produce por esfuerzos de tensión.

Usos del vidrio

El uso del vidrio reciclado se ha generalizado en el mundo, no solo para elaboración de vidrio nuevo, sino también en estos últimos años se utiliza como material en la industria de la construcción, es usado comúnmente como agregado en mezclas de concreto, mejorando las condiciones de su apariencia estética del acabado de la mezcla con cemento. Los estudios señalan que el uso de vidrio aumenta la durabilidad, mejora el aislamiento térmico y mejora la resistencia de las mezclas con cemento.

- Podemos incluir usos tales como:
- Material de agregados en concretos
- Materiales aislantes térmicos
- Productos sanitarios

- Fabricación de ladrillo
- Arena blanca para “bunkers” en campos de golf
- Mesadas en cocinas, lavaderos
- Material de filtros de agua
- Procesos abrasivos (arenados)

La producción en el Perú

En lo que respecta al producto de reciclaje de vidrio se estima que este bordea aproximadamente las 65 mil toneladas anuales

La producción en el la ciudad de Huaraz

En la ciudad de Huaraz se obtiene aproximadamente cantidades de reciclaje de vidrio de 500 toneladas anuales

Tabla 4
Compuestos químicos del vidrio reciclado.

Compuestos químicos del vidrio reciclado	
Compuesto	Porcentaje
Dioxido de Silicio	72.5
Oxido de Calcio	9.7
trioxido de Aluminio	0.4

Fuente: García E. 2002

Realidad problemática

La industria de la construcción se ha visto en la obligación de realizar exploraciones en diversos materiales que puedan ser accesibles a la extracción caracterización materiales de costos reducidos que tengan aspectos tales como durabilidad resistencia adecuada que puedan ser utilizados como parte de mezclas de concreto o mortero y también como materiales sustituyentes de los aglomerantes y agregados generalmente Estos son empleados en concretos y morteros los cuales son materiales de la construcción más comunes el uso de materiales alternativos permitirá la reducción de costos sin que se pueda perjudicar sus condiciones físicas y mecánicas como la durabilidad la resistencia a la compresión.

Se han realizado esfuerzos por estudiar los procesos de reforzamiento del concreto utilizando materiales reciclados, como es el vidrio buscando mejorar la resistencia a la flexión, resistencia a la compresión o resistencia a la abrasión, la durabilidad, la fatiga, la impermeabilidad etc, (Muñoz 2007). La incorporación de fibras de vidrio mejora las propiedades físico – mecánicas de las mezclas de concreto respecto a aquellas convencionales, en porcentajes bajos como 2%, 4% y 6% que realizó Escobedo (2014), las consideraciones la necesidad de tener elementos estructurales que respondan con adecuadas resistencias hacen que se busque un concreto adecuado en la industria de la construcción y a su vez promueva el uso de material reciclado para contribuir en la aplicación de las construcciones en la ciudad de Huaraz.

Formulación del Problema:

Problema general

¿Cuál es el análisis y diseño para la elaboración del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, adicionando vidrio reciclado molido en 2% y 3% como agregado fino según norma ACI -211- 2023?

- ¿Cuáles son las diferencias entre las propiedades físicas y mecánicas del vidrio molido y agregado fino?
- ¿Cuál será la trabajabilidad óptima de un concreto patrón y concreto con adición de 2% y 3% de vidrio molido reciclado como agregado fino?
- ¿Cuál es la resistencia a compresión de un concreto patrón y concreto con adición de 2% y 3% de vidrio molido reciclado como agregado fino?

Justificación de la investigación:

La presente investigación proporciona una importante información acerca del diseño de una mezcla de concreto convencional al cual se le adiciona porcentajes de 2% y 3% de vidrio molido reciclado como agregado fino, permitiendo conocer su comportamiento mecánico de resistencia a compresión del concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$, y poder ser aplicado en la industria de la construcción en la ciudad de Huaraz y sus alrededores. Se comprueba la factibilidad del uso del vidrio reciclado de forma técnica mediante ensayos de laboratorio en periodos de prueba de 7, 14 y 28 días.

La investigación tiene una justificación social, pues logra contribuir a la conservación del medioambiente, porque fomenta la reutilización de materiales de desecho como son las botellas o envases de vidrio de bebidas refrescantes, alimentos, etc. El uso de estos materiales de desecho permite que se reduzcan los volúmenes de desecho acumulados en botaderos alrededor de la ciudad, además de generar trabajo en los procesos de reciclado de estos materiales.

Desde una justificación económica de la investigación podemos asegurar que el uso de material de vidrio reciclado en porcentajes de 2% optimiza las propiedades mecánicas del concreto por lo que se puede optar por su uso en reemplazo de aditivos lo que conlleva a reducir los costos de producción del concreto.

Conceptuación y Operacionalización de las Variables

A continuación, se presentan las variables que intervienen en la investigación y su conceptualización y operacionalización respectiva:

Variables Dependientes

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia del concreto a la compresión.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta bajo una carga 210Kg.	Kg/cm²

Variables Independientes

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Vidrio molido	Es material frágil, producto de cuarzo en su composición	Se adiciona vidrio molido reciclado en 2 % y 3% respecto al peso de agregado fino en una mezcla de concreto.	Porcentaje 2% y 3%

Hipótesis

La adición de vidrio molido como agregado fino en porcentajes experimentales de 2 y 3 mejoraría las propiedades del concreto patrón como la resistencia a la compresión a un tiempo curado de 7, 14 y 28 días.

Hipótesis específicas

Ho: Para el análisis y diseño para la elaboración de concreto $f'c=210$ kg/cm², no es más óptima la proporción adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211.

Ha: Para el análisis y diseño para la elaboración de concreto $f'c=210$ kg/cm², es más óptima la proporción adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211.

Objetivo general

Determinar la resistencia a compresión óptima mediante análisis y diseño para la elaboración de concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando 2% y 3%. Vidrio molido reciclado como agregado fino según la norma ACI 211

Objetivos específicos

- Determinar las diferencias que existen entre las características mecánicas del agregado fino y vidrio molido reciclado.
- Determinar la relación agua cemento del concreto cuya resistencia de diseño es 210 kg/cm².
- Determinar la trabajabilidad del concreto patrón y concretos con adición al 2% y 3% de vidrio molido reciclado.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto patrón y los experimentales con adición al 2% y 3% de vidrio molido.

II. METODOLOGÍA

a. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación que se ha logrado desarrollar es del tipo experimental y aplicada, posee un carácter descriptivo debido a que la investigación ha logrado demostrar con los resultados obtenidos mediante las pruebas y ensayos sin que estas hayan sido alteradas o modificadas.

De acuerdo a Hernández, Collado & Baptista (2014), sostienen que una investigación es experimental, si es que existe una manipulación de la variable o variables en estudio, esta manipulación ha sido realizada de acuerdo al criterio del investigador además se incide en los porcentajes y cantidades que interfieren en los estudios; además sostiene que una investigación es aplicada, cuando empleamos el conocimiento científico existente en una situación práctica.

Diseño

El presente estudio de investigación tiene un diseño experimental, porque se logra establecer un objeto de estudio al cual se le manipuló intencionalmente por parte del investigador, la variable independiente, esta manipulación se basa y sigue los lineamientos y datos obtenidos por los trabajos previos sobre el tema.

La variable independiente es el porcentaje de vidrio molido que se adiciona la mezcla de concreto convencional la que provoca las consecuencias en la variable dependiente considerada: la resistencia a compresión de las probetas de concreto.

La investigación tiene un nivel cuasi experimental pues tiene una muestra patrón que corresponden al concreto convencional que se elaboró con un diseño de mezclas mediante método ACI para una resistencia de diseño de $f'c$ 210 kg/cm²

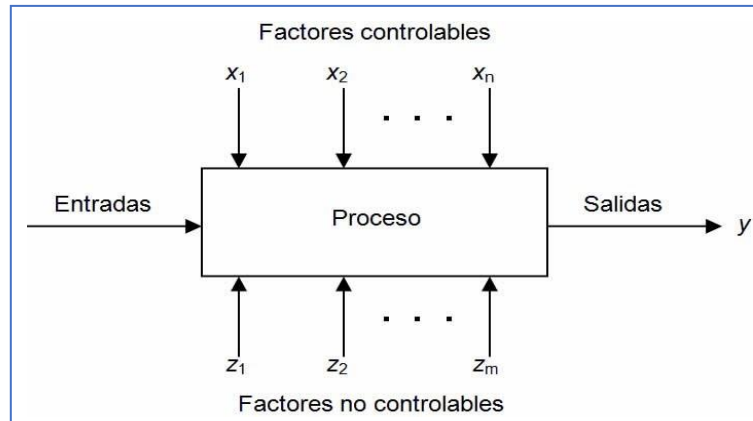
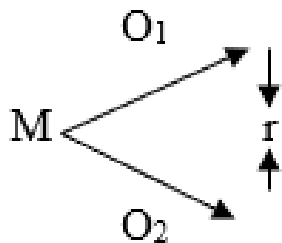


Figura 1. Diagrama variable de respuesta. Fuente: ITS Mónica Mariscal (2009)

Al establecer un periodo de tiempo de experimentación del objeto de estudio mediante muestras de concreto evaluadas en periodos de tiempo definidos la investigación es transversal, y se pudo manipular y comparar las muestras experimentales con adición de vidrio molido y el concreto convencional.

El proceso de investigación se visualiza en la muestra mediante la manipulación de la variable



Donde:

M: muestra (probetas)

O1: la observación de la Variable independiente

O2: la observacion de la variable dependiente

r: correlación de las variables

b. Población y muestra

Esta se representa por la totalidad de especímenes de concreto cilíndricos conocidos como probetas de concreto, que se elaboraron en los laboratorios de ensayos de la Universidad San Pedro, tanto para el concreto patrón o convencional como para los concretos experimentales con adición del 2% y 3% de vidrio molido como agregado fino.

Población

Probetas de concreto convencional

- 3 probetas curadas a 7 días
- 3 probetas curadas a 14 días
- 3 probetas curadas a 28 días

Probetas de concreto experimental 1: con adición del 2% de vidrio molido como agregado fino

- 3 probetas curadas a 7 días
- 3 probetas curadas a 14 días
- 3 probetas curadas a 28 días

Probetas de concreto experimental 2: con adición del 3% de vidrio molido como agregado fino

- 3 probetas curadas a 7 días
- 3 probetas curadas a 14 días
- 3 probetas curadas a 28 días

Por tanto, la población corresponde a un total de **27** especímenes cilíndricos que fueron ensayados.

Muestra:

La muestra de la investigación es similar a la población, es decir 27 probetas cilíndricas de concreto que 6” de diámetro y 12” de longitud. Fue un muestreo no probabilístico por conveniencia del estudio.

c. Materiales, Técnicas e instrumentos de investigación

Materiales:

Los materiales que se utilizaron fueron:

- **El cemento:**
Marca : cemento Pacasmayo
Tipo : I
- **Agregado grueso:**
Piedra Chancada
Procedencia– cantera Rubén
Diámetro 1/2”
- **Agregado Fino**
Arena gruesa
Procedencia: cantera Rubén
Modulo de fineza 2.60
- **Agua**
Potable – Laboratorio
- **Vidrio**
Molido – reciclado
Procedencia: Huaraz

Técnicas:

Las técnicas que se han utilizado para el desarrollo de la presente investigación corresponden a los procesos estandarizados que se hicieron para los diversos ensayos de laboratorio, estos se realizaron en el campus de la Universidad San Pedro - Laboratorio Mecánica de Suelos – USP- Chimbote. Por lo que sea utilizado agregados de reconocida calidad y de los más utilizados por la empresas de la construcción en la provincia del Santa.

Se aplicó la metodología de diseño de mezcla del ACI -211, para determinar las proporciones de los materiales por cada metro cubico de concreto, con una

resistencia de diseño de $F'c$ 210 kg/cm², a este concreto se le llamo concreto convencional o concreto patrón.

La metodología señala los siguientes pasos:

1er paso: se definió la resistencia de compresión de diseño, para nuestro caso fue de $F'c$ 210 kg/cm² [$f'cr$]

$$f'cr = f'c + 1.33 \sigma \dots\dots\dots (1)$$

$$f'cr = f'c + 2.33 \sigma - 35 \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

σ = la desviación estándar

$f'cr$ = resistencia a compresión de diseño

se realizó los siguientes procedimientos:

1. Se realizo la recolección del vidrio a través de la compra directa en la empresa recicladora (barrio la Soledad)
2. Se realizó un proceso de limpieza y posterior trituracion mecánica de los envases de vidrio reciclado y luego se almacenó.
3. Determinar el tamaño maximo nominal de la piedra.
4. Determinar la cantidad de agua.
5. Determinar el aire atrapado en agregados.
6. Determinar el slump de la mezcla en estado fresco y si se encuentra en el rango de diseño.
7. Determinar la relación agua-cemento: según la solicitud de resistencia y de durabilidad.
8. Determinar la proporción de cemento por cada metro cubico de concreto.
9. Determinar la proporción de piedra chancada.por cada metro cubico de concreto
10. Determinar la proporción de arena gruesa,
11. Incorporar las cantidades de vidrio molido reciclado que representa la adición de 2% y 3% en peso.

8. Proceso de Recopilación de Datos

Para el desarrollo de la presente investigación se ha utilizado métodos y procedimientos que se estipulan en la Norma Técnica Peruana – NTP. Para la elaboración de un concreto, para el moldeo y elaboración de probetas cilíndricas de concreto, para el proceso de curado de especímenes de concreto, y por último para el ensayo de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas.

Se utilizaron los correspondientes equipos de protección personal para el proceso de molienda del vidrio para salvaguardar la integridad del investigador y asistentes. Los datos recopilados y analizados se realizaron de acuerdo a los procedimientos de laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales de la Universidad San Pedro.

III. RESULTADOS

Del primer objetivo específico planteado en la investigación es determinar las diferencias que existen entre las características físicas y mecánicas del agregado fino y grueso y vidrio molido reciclado.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

➤ GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO:

Cantera: RUBEN

Tabla 5:

Granulometría de Agregado Fino: arena gruesa de cantera Rubén – Norma ASTM C-136-06. Chimbote 2023

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
Nº	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
⅜"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.76	35.9	7.8	7.8	92.2
Nº8	2.36	35.0	7.6	15.4	84.6
Nº 16	1.18	77.0	16.7	32.1	67.9
Nº 30	0.60	85.0	18.4	50.5	49.5
Nº50	0.30	59.0	12.8	63.3	36.7
Nº 100	0.15	127.0	27.6	90.9	9.1
Nº 200	0.08	33.0	7.2	98.0	2.0
PLATO	ASTM C-117-04	9	2.0	100.0	0.0
TOTAL		460.9	100		

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

Interpretación:

Los datos granulométricos del agregado fino para la investigación permiten reconocer que la arena gruesa esta conformada por varias dimensiones de partículas, en las que destaca la malla N°4 con una abertura de 4.76 mm tiene 35.9 gr de material retenido, el cual representa un 7.8% del total,

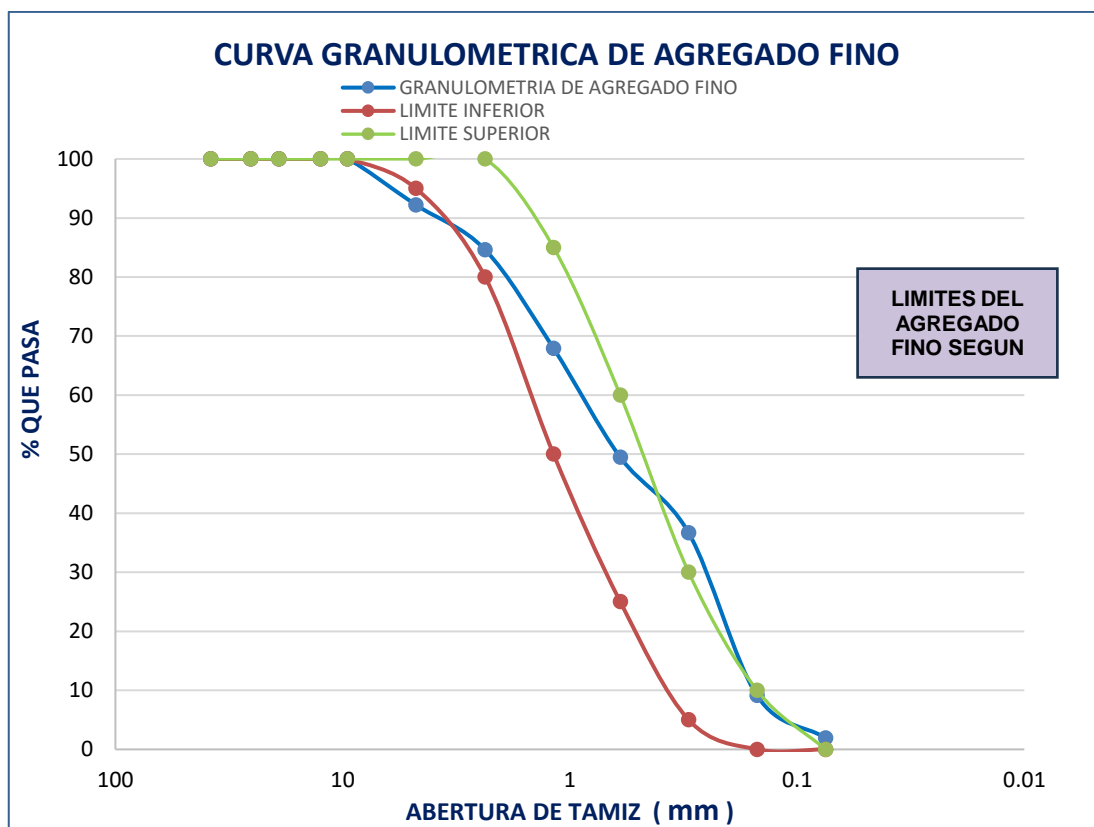


Figura 2: Curva granulométrica de Arena gruesa- cantera Ruben.

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumamarca Milla Maykol. 2023

:

Tabla 6:

*Limites de la arena gruesa según norma Técnica
Peruana NTP 400.037.2001*

Malla	Limites de Porcentaje que pasa	
	Mínimo	Máximo
N° 4	95.00	100.00
N°8	80.00	100.00
N° 16	50.00	85.00
N° 30	25.00	60.00
N°50	5.00	30.00
N° 100	0.00	10.00
N° 200	0.00	0.00

Fuente: Norma técnica peruana **400.037.2001**

Módulo de fineza del agregado fino

Es una de las propiedades más importantes de las que corresponden a las físicas y su valor se determina de acuerdo a los porcentajes retenidos acumulados divididos entre el valor de 100.

Para nuestro agregado fino el valor es la sumatoria de los siguientes porcentajes retenidos acumulados hasta la malla #100:

7.789
15.383
32.089
50.532
63.333
90.887
<hr/>
260.01

La sumatoria es igual a 260.01

Por lo tanto: $MF = 260.01 / 100$

Entonces: **MF = 2.60**

GRANULOMETRIA DE AGREGADO GRUESO:

Cantera: RUBEN

Tabla 7:

Granulometría de Agregado Grueso: Piedra chancada de cantera Rubén – Norma ASTM C-136-06. Chimbote 2023

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	79.0	11.7	11.7	88.3
¾"	19.10	442.0	65.7	77.4	22.6
½"	12.50	152.0	22.6	100.0	0.00
⅜"	9.52	0.0	0.0	100.0	0.00
N° 4	4.76	0.0	0.0	100.0	0.00
N°8	2.36	0.0	0.0	100.0	0.00
N° 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.00
N° 30	0.60	0.0	0.0	100.0	0.00
N°50	0.30	0.0	0.0	100.0	0.00
N° 100	0.15	0.0	0.0	100.0	0.00
N° 200	0.08	0.0	0.0	100.0	0.00
PLATO	ASTM C-117-04	0.0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		673.0	100		

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

Interpretación:

Los datos granulométricos del agregado GRUESO obtenidos para la presente investigación nos permiten establecer que la piedra chancada tiene partículas de variadas dimensiones, desde un diámetro de 1", ¾" y ½", entre ellas destaca la malla de ¾" que retiene 442.0 gramos lo que representa 66% de la totalidad de la muestra ensayada.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso o piedra chancada corresponde a la malla con la abertura mayor donde se retiene un porcentaje de partículas, en el agregado utilizado en la presente investigación corresponde un TMN = 1”.

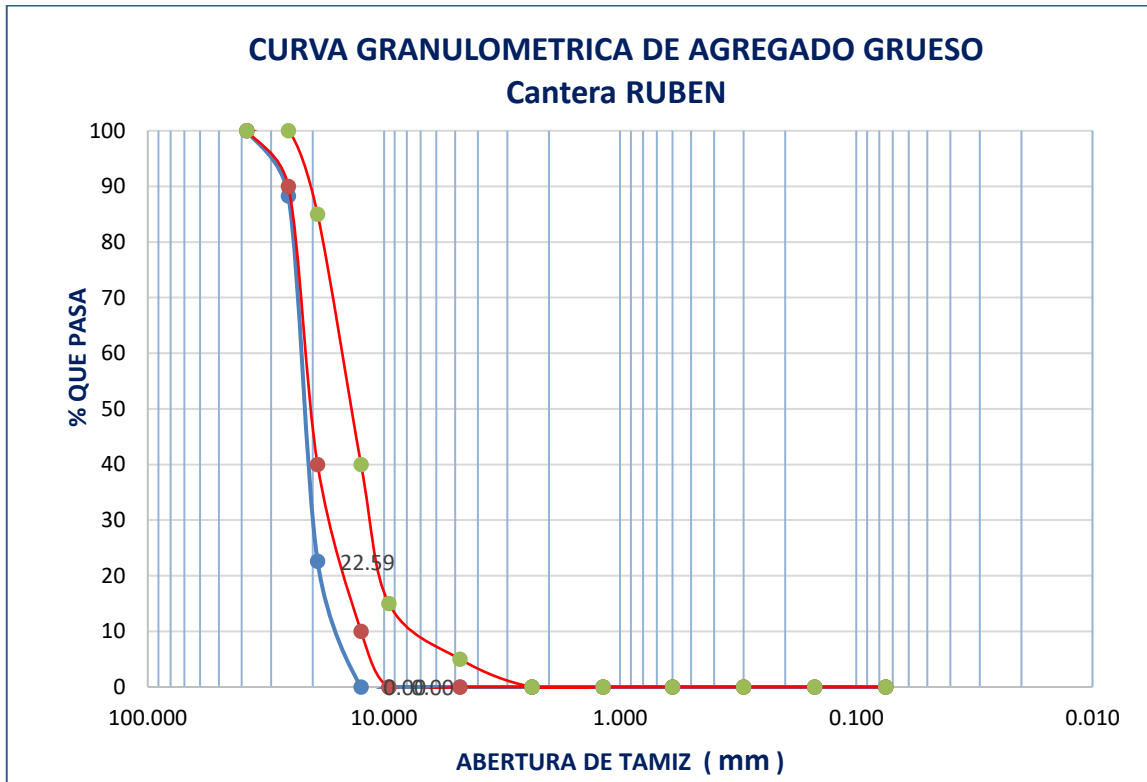


Figura 3: Curva granulométrica de Piedra Chancada- cantera Ruben.

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

Tabla 8:

*Límites de la piedra chancada según norma Técnica Peruana NTP
400.037.2001*

Malla	Límites de Porcentaje que pasa	
	Mínimo	Máximo
2"	100	100
1 ½"	100	100
1"	90	100
¾"	40	85
½"	10	40
⅜"	0	15
N° 4	0	5

➤ **Resultados de los contenidos de humedad en el agregado fino y grueso, Según ASTM D-2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE ARENA GRUESA (AGREGADO FINO)

Denominación : Arena gruesa
 Cantera de procedencia : Rubén
 Lugar : Chimbote
 Provincia : Santa
 Departamento : Ancash

Tabla 9

Contenido de la humedad en agregado fino : Arenas gruesa – cantera “Rubén” – Chimbote - 2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	550	590
TARA + SUELO SECO (gr)	547.8	588.5
PESO DEL AGUA (gr)	2.2	1.5
PESO DE LA TARA (gr)	205	202
PESO DEL SUELO SECO (gr)	342.8	386.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.64	0.39
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.51	

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

CONTENIDO DE HUMEDAD DE PIEDRA CHANCADA (AGREGADO GRUESO)

Denominación : Piedra chancada
 Cantera de procedencia : Rubén
 Lugar : Chimbote
 Provincia : Santa
 Departamento : Ancash

Tabla N° 10

Contenido de la humedad en agregado grueso: Piedra chancada – cantera “Rubén” – Chimbote - 2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	815	850
TARA + SUELO SECO (gr)	811	845.7
PESO DEL AGUA (gr)	4	4.3
PESO DE LA TARA (gr)	205	200
PESO DEL SUELO SECO (gr)	606	645.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.66	0.67
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.66	

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

➤ **Resultados de La gravedad específica y la absorción en el agregado fino y grueso, Según ASTM C-127**

RESULTADO DE (AGREGADO FINO): GRAVEDAD ESPECIFICA Y SU ABSORCIÓN DE ARENA GRUESA – CANTERA RUBEN.

Tabla N° 11

Gravedad Especifica y la absorción del agregado fino: Arena gruesa – cantera “Rubén” – Chimbote - 2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300	300
B	Peso de picnometro + agua gr.	655	655
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	955	955
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	846	846
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	109	109
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.5	297.5
G	Volumen de masa (E-(A-F))	106.5	106.5
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.729	2.729
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.752	2.752
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.793	2.793
K	Absorción (%) ((D-A/A) x100)	0.84	0.84

P.e. Bulk (Base Seca) : **2.729**
 P.e. Bulk (Base Saturada) : **2.752**
 P.e. Aparente (Base Seca) : **2.793**
 Absorción (%) : **0.84**

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

RESULTADO DE (AGREGADO GRUESO): GRAVEDAD ESPECIFICA Y SU ABSORCIÓN DE PIEDRA CHANCADA – CANTERA RUBEN.

Tabla N° 12

Gravedad Especifica y la absorción del agregado GRUESO: Piedra chancada – cantera “Rubén” – Chimbote - 2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	930	905
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	601.4	584.6
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	328.6	320.4
D	Peso de material seco en estufa	924.7	902.7
E	Volumen de masa (C-(A-D))	323.3	318.1
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.814	2.817
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.830	2.825
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.860	2.838
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.57	0.25
	P.e. Bulk (Base Seca) :	2.816	
	P.e. Bulk (Base Saturada) :	2.827	
	P.e. Aparente (Base Seca) :	2.849	
	Absorción (%) :	0.41	

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

Del objetivo específico determinar la relación agua cemento.

Para determinar el adecuado diseño de mezcla de un concreto convencional se tiene como resultado el siguiente diseño de mezcla.

Requerimientos técnicos:

- Para determinar las proporciones de los materiales se utilizó el método de diseño ACI (American Concrete Institute)
- La propiedad mecánica de resistencia a compresión de diseño, tiene el valor de $F'c=210.kg/cm^2$ considerando un tiempo de curado de 28 días

Materiales usados en la elaboración del concreto

- Cemento:

Se utilizó el cemento de tipo I, uso general, con peso específico de 3.12.

- **Agua:**

Se utilizó el agua potable. proveedor Seda-Chimbote.

- **Arena gruesa (agregado fino)**

Cantera : Rubén

Peso específico d masa : 2.73

Peso unitario suelto. : 1509 kg/m³

Peso unitario compactado : 1753 kg/m³

Humedad : 0.51 %

Absorción : 0.84%

Modulo de finura : 2.60

- **Piedra Chancada (agregado grueso)**

Cantera : Rubén

Piedra chancada : angularidad buena

Peso específico d masa : 2.82

Peso unitario suelto. : 1425 kg/m³

Peso unitario compactado : 1507 kg/m³

Humedad : 0.66 %

Absorción : 0.41%

Asentamiento:

Para sujetarse a las condiciones técnicas de obtener una masa de consistencia plástica, se considera en el presente diseño un asentamiento de la masa de entre 3" a 4" . el cual fue comprobado con el ensayo de cono de Abrahams,

Cantidad de agua en mezcla (lt/m3):

Según el diseño para obtener las condiciones de una mezcla de consistencia plástica, que corresponda a un asentamiento de entre 3" a 4", además considerando el tamaño de las partículas de piedra de 1" TMN. Le corresponde una cantidad de agua de 193 litros por cada unidad de volumen (metro cubico).

Relación Agua-Cemento:

Según los cálculos realizados entre los volúmenes y la cantidad de agua de la mezcla de concreto se tiene una relación agua/cemento: $A/C = 0.684$

El factor del Cemento o aglomerante:

Se determina relacionando la cantidad de agua y la relación A/C de la siguiente forma:

$$FC = 193 / 0.684 = 282.164 \text{ kg/m}^3$$

Convirtiendo a bolsa de cemento (42.5 kg/bolsa):

$$FC = 282.164 / 42.5$$

$$FC = 6.64 \text{ bolsas /m}^3$$

Valores corregidos del diseño

Para el cemento (C), Agua (A), agregado Fino (AF) y agregado grueso (AG) se tiene:

$$C = 282.164 \text{ kg/m}^3$$

$$A = 193.741 \text{ lt/m}^3$$

$$AF = 976.380 \text{ kg/m}^3$$

$$AG = 978.153 \text{ kg/m}^3$$

Cantidades en peso de los insumos para un metro cubico de concreto

Proporciones	A	AF	AG	C
	<u>282.16</u>	<u>976.380</u>	<u>978.15</u>	
	282.16	282.16	282.16	
En peso				
	1	3.46	3.47	29.18 lt/bolsa
En volumen				
	1	3.42	3.63	29.18 lt/bolsa

Del objetivo específico determinar la resistencia a compresión del concreto convencional y experimental con adición de vidrio se tiene:

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO PATRÓN

Tabla N° 13:

Resistencia a compresión de concreto patrón – Chimbote - 2023

Testigo	curado (días)	slump (pulgadas)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Resistencia de diseño	% de resistencia
1	7	4.0"	158.58			
2	7	4.0"	162.55			
3	7	4.0"	164.91	162.01	210	77%
4	14	4.0"	198.22			
5	14	4.0"	198.24			
6	14	4.0"	192.32	196.26	210	93%
7	28	4.0"	212.57			
8	28	4.0"	215.76			
9	28	4.0"	215.21	214.51	210	102%

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

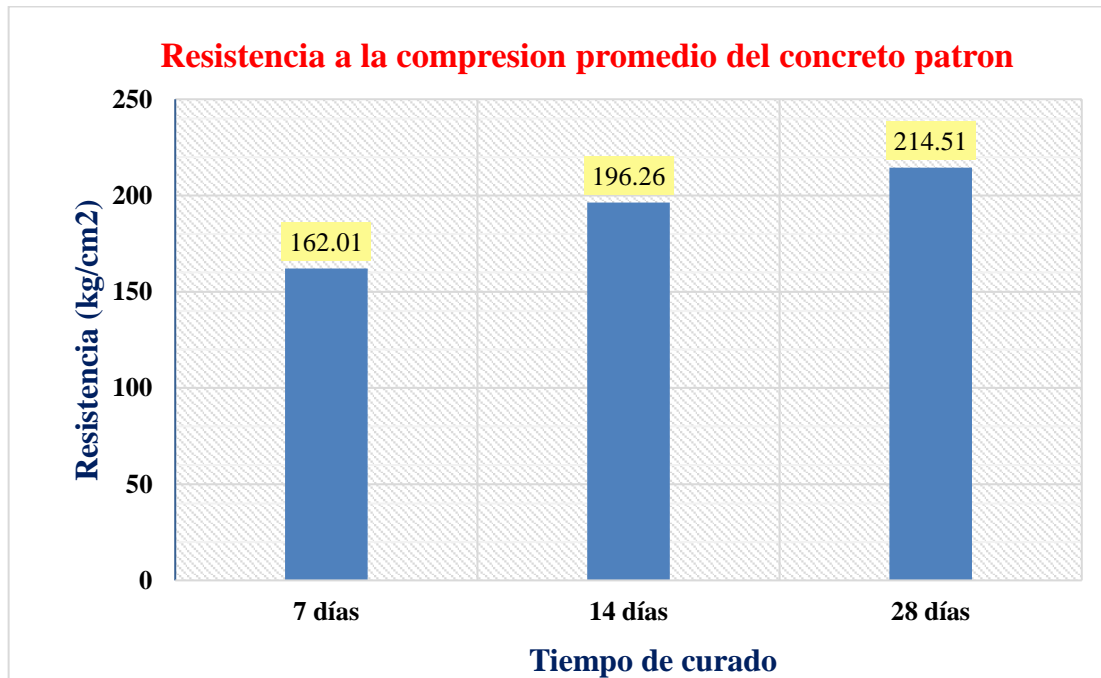


Figura 4: resistencia a la compresión del concreto patrón según días de curado

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO EXPERIMENTAL 1
(2% DE VIDRIO)

Tabla 14:

*Resistencia a compresión de concreto Experimental 1 – con 2% de vidrio -
Chimbote - 2023*

Testigo	curado (días)	slump (pulgadas)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Resistencia de diseño	% de resistencia
1	7	3.8"	177.04	171.97	210	82%
2	7	3.8"	170.41			
3	7	3.8"	168.46			
4	14	3.8"	201.14	202.56	210	96%
5	14	3.8"	204.05			
6	14	3.8"	202.48			
7	28	3.8"	226.05	223.32	210	106%
8	28	3.8"	218.84			
9	28	3.8"	225.07			

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

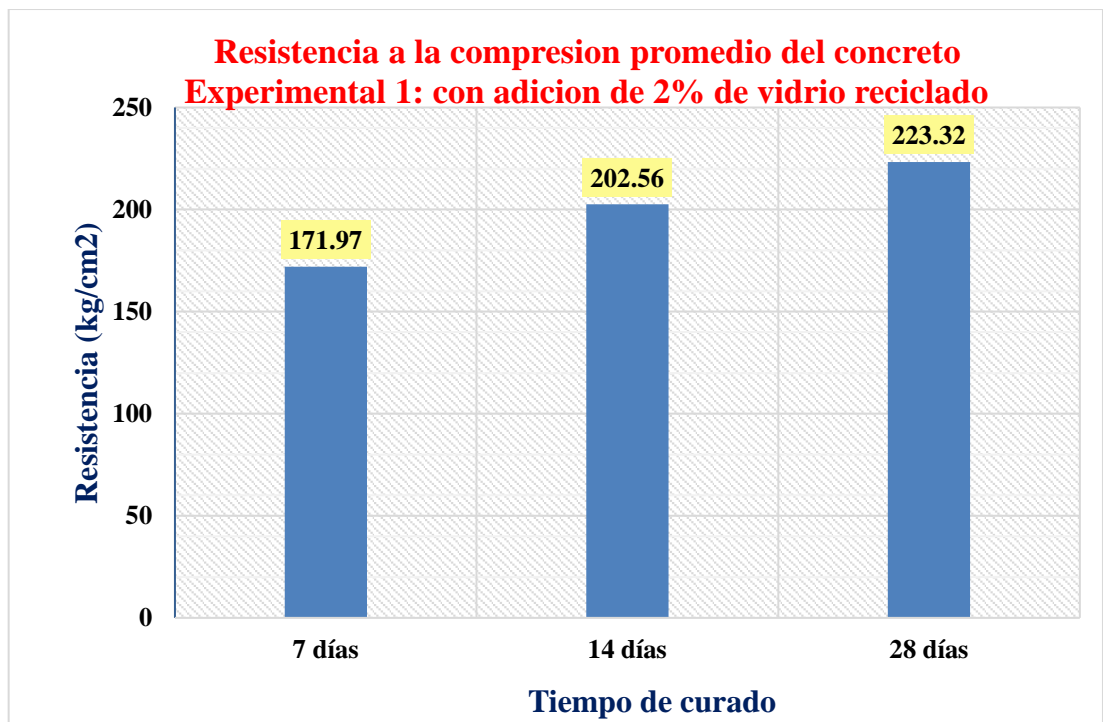


Figura 5: Resistencia a la compresión del concreto experimental 1 según días de curado. Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO EXPERIMENTAL 2
(3% DE VIDRIO)

Tabla 15:

*Resistencia a compresión de concreto Experimental 2 – con 3% de vidrio -
Chimbote - 2023*

Testigo	curado (días)	slump (pulgadas)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Resistencia de diseño	% de resistencia
1	7	3.8"	160.82	158.83	210	75.63%
2	7	3.8"	156.83			
3	7	3.8"	158.85			
4	14	3.8"	192.81	192.72	210	91.77%
5	14	3.8"	194.83			
6	14	3.8"	190.52			
7	28	3.8"	214.20	212.52	210	101.20%
8	28	3.8"	212.49			
9	28	3.8"	210.86			

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

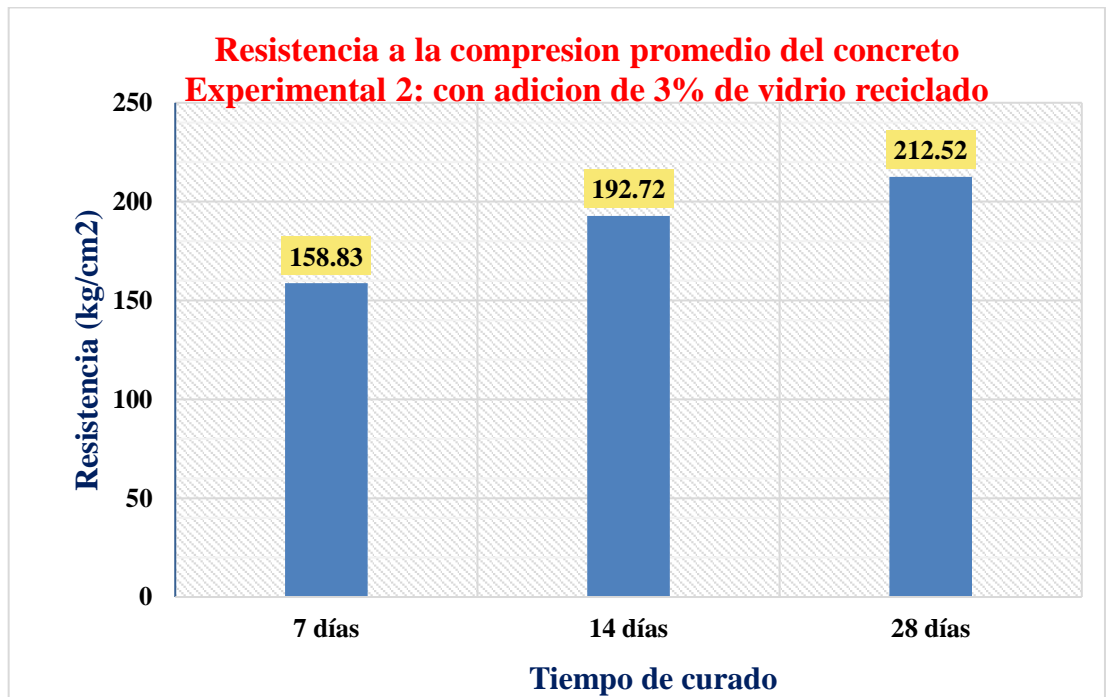


Figura 6: Resistencia a la compresión del concreto experimental 2 según días de curado. Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO PATRÓN Y EXPERIMENTALES CON ADICION DE 2% Y 3% DE VIDRIO

Tabla 16:

Resistencia a compresión de concreto Patrón y Experimentales 1 y 2, con 2% y 3% de vidrio - Chimbote - 2023

Curado	Concreto patrón	Concreto con 2% vidrio	Concreto con 3% vidrio	Concreto diseño
7 días	162.01	171.97	158.83	
14 días	196.26	202.56	192.72	
28 días	214.51	223.32	212.52	210.00

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

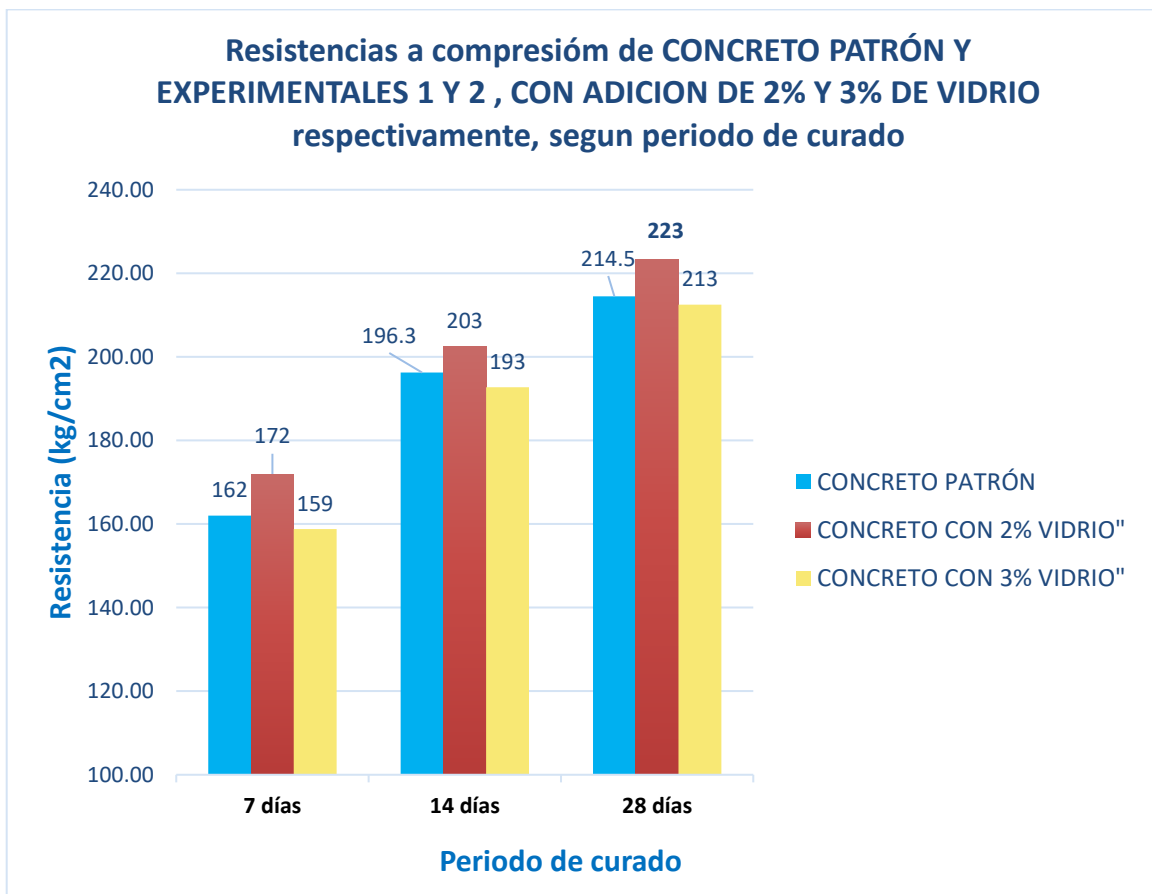


Figura 7: Resistencia a la compresión del concreto patrón y experimentales según días de curado. Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

PORCENTAJES DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESION DEL CONCRETO PATRÓN Y EXPERIMENTALES CON ADICION DE 2% Y 3% DE VIDRIO RESPECTO A RESISTENCIA DE DISEÑO

Tabla 17:

Resistencias a compresión de concreto Patrón y Experimentales 1 y 2 – con 2% y 3% de vidrio respecto a la resistencia de diseño- Chimbote - 2023

	Concreto diseño	Concreto patrón	Concreto con 2% vidrio"	Concreto con 3% vidrio"
Resistencia a compresion (kg/cm²)	210	214.51	223.32	212.52
Porcentaje	100%	102%	106%	101%

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

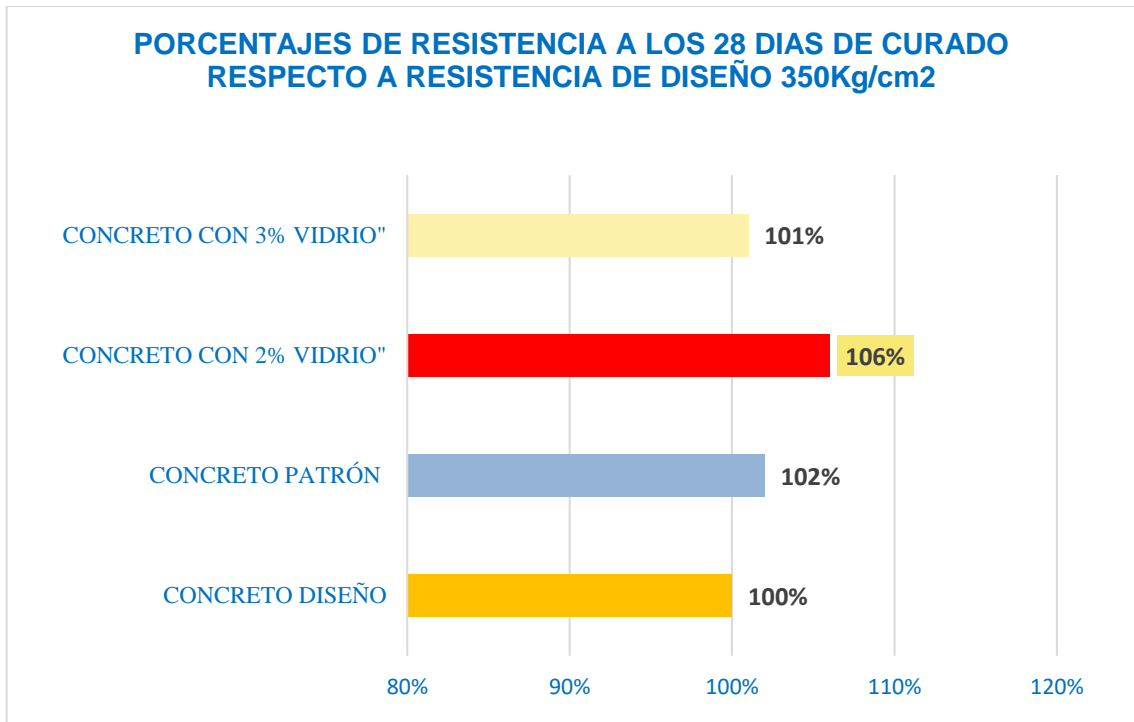


Figura 8: Resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales según resistencia de diseño. Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol.

2023

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL VIDRIO MOLIDO

Tabla 18:

Composición química del vidrio molido mediante FRX

VIDRIO MOLIDO (%)	COMPOSICIÓN QUIMICA
91.023	Oxido de Silicio
3.033	Oxido de Aluminio
8.771	Oxido de Calcio
0.119	Óxido de Hierro
102.946	TOTAL

Fuente: Laboratorio de Archeometría, (UNMSM)

Validación estadística de los resultados a compresión

La tabla siguiente muestra los resultados de las resistencias patrón y experimentales del concreto cuando se le adiciona porcentajes de vidrio molido, de acuerdo a periodos de curado, estos se verán analizados de forma estadística:

Tabla 19

Validación de las resistencias a compresión de concreto Patrón y Experimentales 1 y 2, con 2% y 3% de vidrio - Chimbote - 2023

Curado (días)	Resistencia del concreto		
	Patrón	Experimental 1	Experimental 2
7	162.01	171.97	158.83
14	196.26	202.56	192.72
28	214.51	223.32	212.52

Fuente: Laborat. Mecánica de Suelos USP - Pumaricra Milla Maykol. 2023

En la tabla 19 es posible observar que la resistencia a compresión de los especímenes de concreto en los cuales se mantiene un porcentaje en los diseños experimentales, luego de verificar que se cumple los supuestos de normalidad con Shapiro-wilk (con $p > 0.05$) para las tres muestras y una homogeneidad de sus varianzas con la prueba "F" donde su $p=0.294$, $p > 0.05$ respecto a sus resistencias a compresión medias que

se obtuvieron en los especímenes de concreto para cada una de las tres series (sin adición de vidrio, con 2% de vidrio y 3% de vidrio) se procedió a la realización de la prueba ANOVA.

Tabla 20

Prueba Anova de las resistencias a compresión de concreto Patrón y Experimentales 1 y 2, con 2% y 3% de vidrio - Chimbote - 2023

Origen	Suma de los cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Vidrio	329,370	3	329,370	1,024	0,259
Días de curado	5307,125	2	2801,029	10,337	0,062
Error	350,150	4	130,225		
Total	5986,645	9			

Fuente: Pumaricra Milla Maykol. 2023

En la tabla 19 se visualiza que para el concreto con adición de alguno de los porcentajes de vidrio molido el valor de “p-value” es mayo a “ α ” donde:

$$p=0.259 \text{ y } p > 0.05$$

Entonces se puede afirmar que los datos o resultados muestran buena evidencia que permite aceptar la hipótesis nula que se planteó (H_0 : las resistencias medias son iguales). Por tanto, es posible concluir que al nivel de significación del 5% , las resistencias que se han logrado en los especímenes de concreto con adición de 2% y 3% de vidrio molido **son iguales** estadísticamente. Es decir, No existe diferencia significativa entre los resultados de las resistencias medias de los concretos experimentales.

Respecto a los días de curado el valor de “p-value” es mayo a “ α ” donde:

$$p=0.062 \text{ y } p > 0.05$$

Entonces se puede afirmar que las resistencias medias de los concretos evaluados estadísticamente son iguales a consecuencias del periodos de curado del concreto , ya que no existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencia media de los especímenes de concreto.

IV. ANALISIS Y DISCUSION

Del primer objetivo específico planteado en la investigación es determinar las diferencias que existen entre las características físicas y mecánicas del agregado fino y grueso y vidrio molido reciclado.

Se tiene que los agregados finos y gruesos utilizados presentan las condiciones necesarias para ser utilizados en la elaboración del concreto, en sus características físicas como la gradación, el módulo de fineza, la absorción etc. los agregados usados en la investigación han sido obtenidos de la cantera Rubén de la ciudad de Chimbote.

El agregado fino o arena gruesa cumple con la gradación recomendada con la norma solamente la malla N°50 tiene un 6% que sobre pasa el límite permitido por la norma Técnica Peruana NTP 400.037.2001. su módulo de fineza obtenido es de 2.60, lo cual también se encuentra dentro del rango de 2.3 a 3.1 tal como lo que estipula la normatividad vigente.

El agregado grueso La piedra Chancada o agregado grueso a sido evaluada bajo la Norma ASTM ASTM C-136-06. La cual posee partículas desde un diámetro de 1", 3/4" y 1/2", entre ellas destaca la malla de 3/4" que retiene 442.0 gramos lo que representa 66% de la totalidad de la muestra. Se encuentra bajo los valores del límite mínimos, como ejemplo la malla 1" que tiene un porcentaje que pasa de 88% siendo los límites permisibles por la norma Técnica Peruana NTP 400.037.2001, de 90% a 100%. Con la malla de 3/4 su porcentaje que pasa es de 22% y el rango que indica la norma es de 40% a 85%. Esto implica que el agregado grueso usado en la elaboración del concreto se ve afectado en su trabajabilidad, con la incorporación de vidrio su slump probado en el concreto fresco se redujo, conforme se incorporaba vidrio. Es así que en el concreto patrón tuvo slump de 4", en el concreto experimental con 2% de vidrio presentó un slump de 3.8" y en el concreto experimental con 3% de adición de vidrio presentó un slump de 3.5", lo que conlleva a indicar que su trabajabilidad disminuye con la incorporación del material experimental (vidrio) y la presencia de un agregado grueso por debajo de los límites recomendados.

Se pudo determinar la composición química del vidrio molido, por antecedentes como los realizados por Rodríguez & Ruiz (2016), Quiñones Y. (2019) y otros autores

y que inciden en las condiciones de fraguado por la presencia de óxido de silicio en la masa lo que mejora las condiciones de enlaces moleculares permitiendo una mayor densidad de la mezcla en su estado endurecido proporciona mejor comportamiento mecánico, la determinación de la composición química del vidrio se realiza de forma común por ensayos de Fluorescencia de Rayos x, y nos muestra que el 91% del vidrio molido se compone de óxido de silicio. La presencia de este porcentaje por encima del 85%, se puede considerar al vidrio molido como un material puzolánico o cementante, siempre que su tamaño de partículas pase la malla 200.

Considerando que los principales componentes que se aprecia en el cuadro son mayores al 85% en lo cual se considera materiales puzolánico o cementante De forma similar Abrigo L. (2018) y otros como Rodríguez & Ruiz (2016), la presente investigación realizó de forma metodológica la determinación de la relación agua/cemento de la mezcla de concreto de diseño con una resistencia a compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, llegando a determinarse las proporciones en peso y volumen, para el concreto experimental 1 y 2, se usó el mismo diseño, solo que a estos se le incorporó un porcentaje de vidrio molido en la mezcla fresca. La relación agua cemento del concreto es de 0.684. El slump del diseño fue entre 3" a 4", tanto el concreto patrón como los experimentales presentaron valores dentro de ese rango. Las proporciones que se tuvo para el cemento, agregado fino, agregado grueso y agua son de 282.16 kg, 976.38 kg, 978.15kg y 193.74 lt. para 1 metro cúbico de concreto respectivamente.

De acuerdo a los resultados de las resistencias a compresión según los días de curado de 7, 14 y 28 días del concreto patrón (tablas 13) y los experimentales (tablas 14 y 15) que se pueden comprobar que las resistencias halladas para los concretos evaluados cumplen con los porcentajes obtenidos según se indica la tabla 21. El concreto patrón a los 7, 14 y 28 días alcanza porcentajes de 77%, 93% y 102% respectivamente, el concreto experimental 1 (con 2% de vidrio) a los 7, 14 y 28 días alcanza porcentajes de 82%, 96% y 106% respectivamente, por último, el concreto experimental 2 (con 3% de vidrio) a los 7, 14 y 28 días alcanza porcentajes de 76%, 92% y 101%

Tabla 21

Porcentajes de resistencia según días de curado

Curado (días)	Porcentaje de resistencia a compresión
1	25% - 35%
3	42% - 53%
7	70% - 85%
14	85% - 95%
28	100% - 120%
60	Sube entre 10% y 15% de la resistencia a los 28 días

Fuente: Norma ASTM

De acuerdo a la normatividad las fracturas de una probeta ensayada pueden ser:

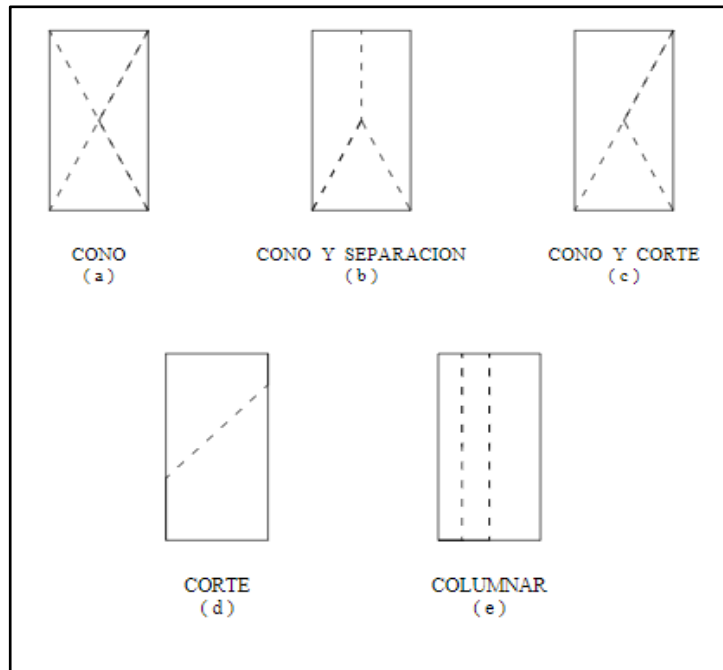


Figura 9: Tipos de Fallas que se presentan en probetas luego de ensayos a Resistencias de compresión. Fuente: NTP 339.034-2008



Figura 10: fracturación de los especímenes de concreto después de haber sido ensayados

El tipo de fracturas que podemos observar en la figura 9, es de corte y de separación, y presenta una sola línea de separación o rajadura, esta falla a la carga máxima permite afirmar que el concreto es de buen comportamiento ya que sus partículas que lo componen poseen una buena compactación y no se separan o sueltan al tener excelente adherencia entre sí.

Las resistencias obtenidas lograron estar por encima de la resistencia de diseño que fue de 210 kg/cm^2 , siendo la que mejor comportamiento final tuvo a los 28 días, el concreto experimental 1, al cual se le adicionó 2% de vidrio molido, ya que alcanzó los 223.32 kg/cm^2 el cual representa que superó al concreto de diseño en 6%. El concreto patrón y experimental 2 (3% de vidrio), superaron la resistencia de diseño, en menor porcentaje 2% y 1%, con resistencias de 214.5 kg/cm^2 y 212.52 kg/cm^2 respectivamente.

V. CONCLUSIONES

El vidrio molido es un material que puede ser usado como insumo en las mezclas de concreto, adicionando el 2% ya que está compuesto químicamente por más del 90% de óxido de silicio, pudiendo ser un potencial material puzolánico debido a que sumando sus principales componentes es mayor que un 85%.

Se determinó que la relación agua/cemento de la mezcla es 0.684. considerando un peso específico del material cementante de 3.10, slump de 3" a 4", y una resistencia de 210 kg/cm² a los 28 días de curado. Las proporciones para un metro cubico de concreto son 282.16 kg, 976.38 kg, 978.15kg y 193.74 lt. para el cemento, agregado fino, agregado grueso y agua respectivamente.

La resistencia a compresión del concreto patrón luego de un periodo de curado a los 7, 14 y 28 días fueron de 162.01 kg/cm²(77%), 196.26 kg/cm² (93%) y 214.51 kg/cm² (102%);

La resistencia a compresión del concreto experimental 1 (con 2% de vidrio) luego de un periodo de curado a los 7, 14 y 28 días fueron de 171.97 kg/cm²(82%), 206.56 kg/cm² (96%) y 223.32 kg/cm² (106%); y por último,

La resistencia a compresión del concreto experimental 2 (con 3% de vidrio) luego de un periodo de curado a los 7, 14 y 28 días fueron de 158.83 kg/cm²(76%), 192.72 kg/cm² (92%) y 212.52 kg/cm² (101%);

Según la validación estadística muestran evidencias suficientes para aceptar la hipótesis nula: que las resistencias medias son iguales. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las medias de las probetas de los concretos experimentales

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso del vidrio molido como insumo para la elaboración de concreto considerando un porcentaje de adición de 2% respecto al peso del agregado fino. Ya que esto permitirá mejorar la resistencia a compresión de un diseño de convencional.

El uso de equipos mecánicos para la molienda del vidrio, de preferencia usa molino de bolas, que permita disminuir el tamaño de las partículas y puedan pasar por la malla N°200, lo cual permitirá sustituir al cemento, porque tiene 92% de oxido de silice en su composición química.

Realizar ensayos de resistencia a compresión a periodos de curado de 56, 90, 120 días, para comprobar si el concreto consigue mejorar aun mas su comportamiento mecánico.

VII. DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi Papá Valeriano, por haberme dado el ánimo y las fuerzas; y así lograr uno más de mis objetivos anhelados.

A mi familia que gracias a sus consejos y el apoyo incondicional que me brindan para salir adelante en cada una de mis metas profesionales

Pumaricra Milla Maycol Yack

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, F. (2003). Tecnología del Concreto. Perú: Editorial San Marcos.
- ASTM C-127. (2004). Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino.
Recuperado de <https://es.slideshare.net/Jayagupta286/astm-c127>
- ASTM C 136-06. (2005). Análisis granulométrico del agregado fino según los requisitos físicos de gradación. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/276047132/ASTM-C-136-06-pdf>
- ASTM C 150. (2015). Especificación Normalizada para Cemento Portland.
Recuperado de <https://es.slideshare.net/LuisCM3/astm-c150>
- Castillo, W; Quispe, J (2019). “Propiedades Mecánicas del Concreto Elaborado con Adición de Vidrio Molido y Cuarzita” (Tesis de pregrado.)
Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Choi,(2015). Definición de cáscara de huevo.
- Harzen (2002). “Diseño de Estructuras de Concreto Armado” (Tercera Edición)
Jiménez (2008). "Tecnología del concreto".
- Neville, (1999) México: Tecnología del concreto, Instituto Mexicano de Cemento y Concreto A.C.
- NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP 400.037. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado
- Pasquel (1992). tópicos de tecnología del concreto en el Perú.
- Pinto y Hover (2001). Dosificación de una Mezcla de Concreto
- Powers, S. (1932) y Scanlon, M. (1994). American Concrete Institute (ACI).
- Rivva, E. (1999). Diseño de Mezclas. Perú: Editorial Hozlo S.C.R.L.
- Sánchez, D. (2001). Tecnología del Concreto y del Mortero. Bhandar Editores.
Colombia. Recuperado:
<https://books.google.com.pe/books?id=EWq-QPJhsRAC&lpg=PP1&hl=es&pg=PA27#v=onepage&q&f=false>

Teodoro E. (1997). Materiales en Diseño de Estructuras de Concreto Armado, Pontificia Universidad Católica del Perú).
<https://www.fondoeditorial.pucp.edu.pe/ingenieria/613-diseno-de-estructuras-de-concreto-armado-.html#.XfeEjuhKjIU>

IX. ANEXOS



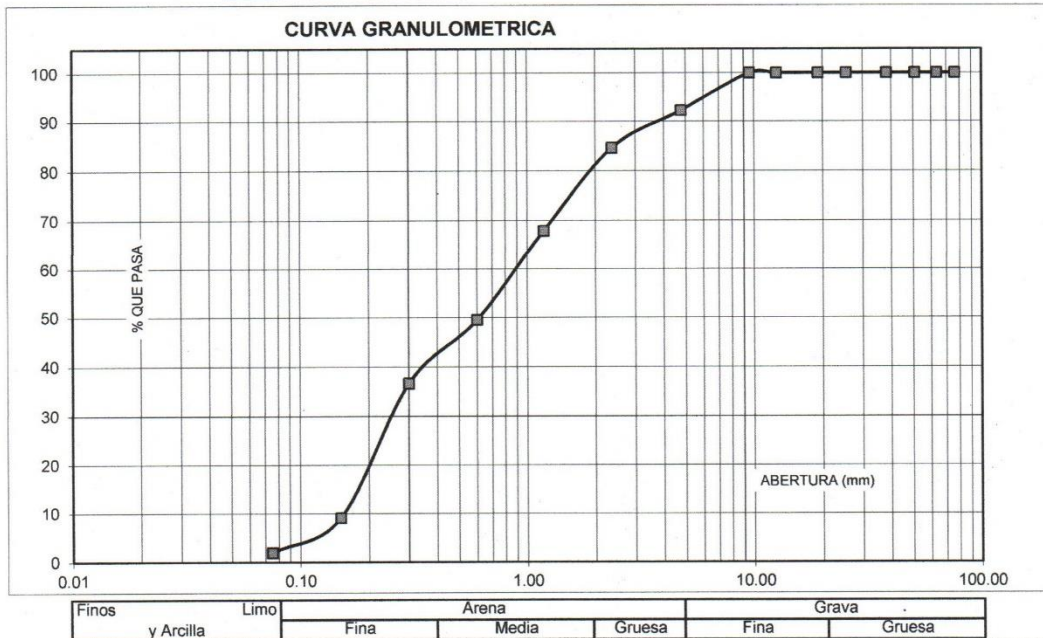
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
 TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 ADICIONANDO VIDRIO
 RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
 LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 15/12/2023

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
Nº	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
7/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.76	35.9	7.8	92.2
Nº 8	2.36	35.0	7.6	15.4
Nº 16	1.18	77.0	16.7	32.1
Nº 30	0.60	85.0	18.4	50.5
Nº 50	0.30	59.0	12.8	63.3
Nº 100	0.15	127.0	27.6	90.9
Nº 200	0.08	33.0	7.2	98.0
PLATO	ASTM C-117-04	9	2.0	100.0
TOTAL		460.9	100.0	

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.60

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



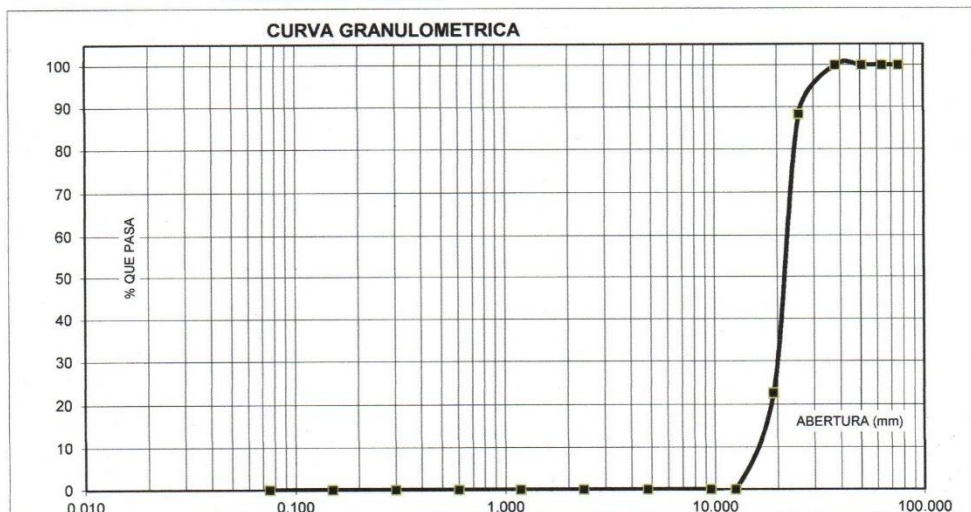
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
 TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 ADICIONANDO VIDRIO
 RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
 LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 15/12/2023

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 ½"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	79.0	11.7	88.3
¾"	19.100	442.0	65.7	22.6
½"	12.500	152.0	22.6	0.0
⅜"	9.520	0.0	0.0	0.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	0.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	0.0
TOTAL		673.0	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	"1"
Huso	N° 67 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos Limo y Arcilla	Arena			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 ADICIONANDO VIDRIO
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 15/12/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7500	7600	7550
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4180	4280	4230
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1499	1535	1517
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1517	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1509	

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8250	8250	8200
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4930	4930	4880
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1768	1768	1750
Peso unitario prom. (Kg/m3)		1762	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1753	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F^c=210 KG/CM² ADICIONANDO VIDRIO
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 15/12/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18650	18420	18540
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13530	13300	13420
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1446	1422	1435
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1434		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1425		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19520	19300	19100
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14400	14180	13980
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1539	1516	1495
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1517		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1507		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F^c=210 KG/CM² ADICIONANDO VIDRIO
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 15/12/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	655.00	655.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	955.00	955.00
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	846.00	846.00
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	109.00	109.00
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.50	297.50
G	Volumen de masa (E-(A-F))	106.50	106.50
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.729	2.729
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.752	2.752
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.793	2.793
K	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.84	0.84

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.729
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.752
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.793
Absorción (%) : 0.84

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 ADICIONANDO VIDRIO
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 15/12/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	930.00	905.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	601.40	584.60
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	328.60	320.40
D	Peso de material seco en estufa	924.70	902.70
E	Volumen de masa (C-(A-D))	323.30	318.10
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.814	2.817
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.830	2.825
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.860	2.838
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.57	0.25

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.816
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.827
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.849
Absorción (%) : 0.41

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 ADICIONANDO VIDRIO
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 15/12/2023

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	550	590	
TARA + SUELO SECO (gr)	547.8	588.5	
PESO DEL AGUA (gr)	2.2	1.5	
PESO DE LA TARA (gr)	205	202	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	342.8	386.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.64	0.39	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.51	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 ADICIONANDO VIDRIO
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 15/12/2023

PRUEBA N°	01	02	03
TARA N°			
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	815	850	
TARA + SUELO SECO (gr)	811	845.7	
PESO DEL AGUA (gr)	4	4.3	
PESO DE LA TARA (gr)	205	200	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	606	645.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.66	0.67	
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.66	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 ADICIONANDO VIDR
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA : 15/12/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso especifico de masa 2.73
- Peso unitario suelto 1509 kg/m³
- Peso unitario compactado 1753 kg/m³
- Contenido de humedad 0.51 %
- Absorción 0.84 %
- Módulo de fineza 2.60

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal "1"
- Peso especifico de masa 2.82
- Peso unitario suelto 1425 kg/m³
- Peso unitario compactado 1507 kg/m³
- Contenido de humedad 0.66 %
- Absorción 0.41 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 193 / 0.684 = 282.164 kg/m³ = 6.64 bolsas / m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	282.164	kg/m ³
Agua efectiva.....	193.741	lts/m ³
Agregado fino.....	976.380	kg/m ³
Agregado grueso.....	978.153	kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{282.16}{282.16} : \frac{976.380}{282.16} : \frac{978.15}{282.16}$$

1 : 3.46 : 3.47 : 29.18 lts / bolsa

PROPORCIONES EN VOLUMEN

1 : 3.42 : 3.63 : 29.18 lts / bolsa

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F' C=210 KG/CM² ADICIONANDO VIDRIO
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 15/12/2023

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm ²	(%)
01	PATRON	4,0	09/11/2023	16/11/2023	7	158.58	75.51
02	PATRON	4,0	09/11/2023	16/11/2023	7	162.55	77.41
03	PATRON	4,0	09/11/2023	16/11/2023	7	164.91	78.53
04	PATRON	4,0	09/11/2023	23/11/2023	14	198.22	94.39
05	PATRON	4,0	09/11/2023	23/11/2023	14	198.24	94.40
06	PATRON	4,0	09/11/2023	23/11/2023	14	192.32	91.58
07	PATRON	4,0	09/11/2023	07/12/2023	28	212.57	101.22
08	PATRON	4,0	09/11/2023	07/12/2023	28	215.76	102.74
09	PATRON	4,0	09/11/2023	07/12/2023	28	215.21	102.48

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL -1

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F' C=210 KG/CM² ADICIONANDO VIDRIO
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 15/12/2023

F' C : 210 Kg/cm²

Nº	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm ²	(%)
01	EXPERIMENTAL	3,8	09/11/2023	16/11/2023	7	177.04	84.30
02	EXPERIMENTAL	3,8	09/11/2023	16/11/2023	7	170.41	81.15
03	EXPERIMENTAL	3,8	09/11/2023	16/11/2023	7	168.46	80.22
04	EXPERIMENTAL	3,8	09/11/2023	23/11/2023	14	201.14	95.78
05	EXPERIMENTAL	3,8	09/11/2023	23/11/2023	14	204.05	97.16
06	EXPERIMENTAL	3,8	09/11/2023	23/11/2023	14	202.48	96.42
07	EXPERIMENTAL	3,8	09/11/2023	07/12/2023	28	226.05	107.64
08	EXPERIMENTAL	3,8	09/11/2023	07/12/2023	28	218.84	104.21
09	EXPERIMENTAL	3,8	09/11/2023	07/12/2023	28	225.07	107.18

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL-2

SOLICITA : BACH. PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK
TESIS : ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO F' C=210 KG/CM² ADICIONANDO VIDRIO
RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGÚN LA NORMA ACI 211-2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 15/12/2023

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm ²	(%)
01	EXPERIMENTAL	3,5	13/11/2023	20/11/2023	7	160.82	76.58
02	EXPERIMENTAL	3,5	13/11/2023	20/11/2023	7	156.83	74.68
03	EXPERIMENTAL	3,5	13/11/2023	20/11/2023	7	158.85	75.64
04	EXPERIMENTAL	3,5	13/11/2023	27/11/2023	14	192.81	91.82
05	EXPERIMENTAL	3,5	13/11/2023	27/11/2023	14	194.83	92.78
06	EXPERIMENTAL	3,5	13/11/2023	27/11/2023	14	190.52	90.72
07	EXPERIMENTAL	3,5	13/11/2023	11/12/2023	28	214.20	102.00
08	EXPERIMENTAL	3,5	13/11/2023	11/12/2023	28	212.49	101.19
09	EXPERIMENTAL	3,5	13/11/2023	11/12/2023	28	210.86	100.41

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Obtención del vidrio





Ensayo de Granulométrico del Agregado Fino y Agregado Grueso





Ensayo de Contenido de Humedad del Agregado Fino y Agregado Grueso





Ensayo de Peso Específico del Agregado Fino y Agregado Grueso





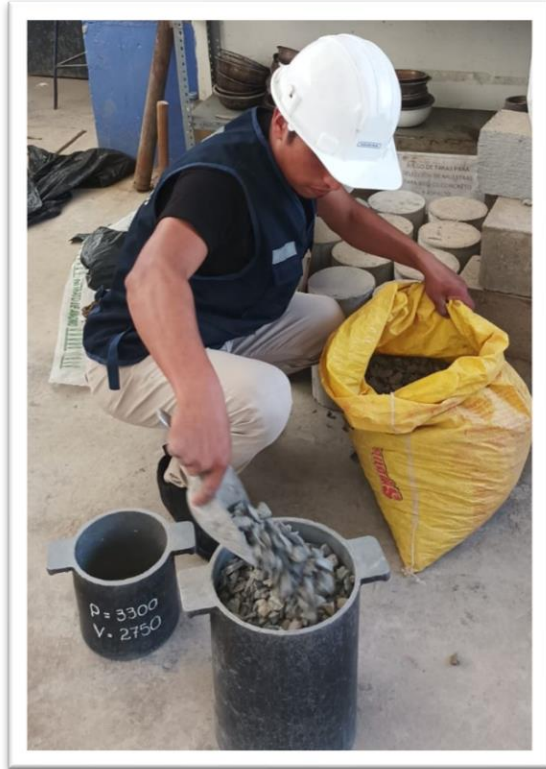
Ensayo de Peso Unitarios del Agregado Fino





Ensayo de Peso Unitarios suelto del Agregado Grueso





Ensayo de Peso Unitarios compactado del Agregado Grueso



CONCRETO



Ensayo de la compresión a los 7 días de la probeta patrón





Elaboración de Probetas de concreto





Probetas de concreto

REPOSITORIO INSTITUCIONAL



REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
PUMARICRA MILLA MAYCOL YACK		71323089	1517100030@usanpedro.edu.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis	<input type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Trabajo Académico
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
<input type="checkbox"/>	Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/>	Título Profesional
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Título Segunda Especialidad
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Maestría
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
Análisis y diseño para la elaboración del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según norma ACI -211.			
5. Programa Académico			
INGENIERIA CIVIL			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/>	Abierto o Público ⁴ (Info:eu-repo/semantics/openAccess)		<input type="checkbox"/>
			Acceso restringido ⁴ (Info:eu-repo/semantics/restrictedAccess) (*)
(*) En caso de restringido sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS ⁵

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. ⁶

Huella Digital





Firma

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	02	07	2024

Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, Inciso 8.2.
- Ley N° 30035: Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM.
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción Únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Números 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización Internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, Instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales preclando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Nota: - En caso de falsedad en los datos se procederá de acuerdo a Ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

REPORTE DE SIMILITUD

Análisis y diseño para la elaboración del concreto $f''c = 210$ Kg/cm², adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según norma ACI -211- 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%	28%	%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	12%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
7	1library.co Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%

9	renatiqa.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.usanpedro.pe Fuente de Internet	<1 %
11	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.umariana.edu.co Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
18	repository.javeriana.edu.co Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	www.slideshare.net	

	Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	www.dep.mem.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
23	saber.ucab.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
24	biblioteca2.ucab.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
25	inba.info Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Privada San Pedro Trabajo del estudiante	<1 %
27	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
28	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
29	www.cemex.com.pe Fuente de Internet	<1 %
30	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
31	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

32	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
34	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
35	www.jourlib.org Fuente de Internet	<1 %
36	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
37	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
38	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.uct.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	www.cepis.ops-oms.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Exclur bibliografia Activo