UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Escuela académico profesional de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO Y COSTOS DE FABRICACIÓN, COMPARADO CON EL CONCRETO CONVENCIONAL, BARRANCA-2016

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL

GUERSON MISAEL, WALHOFF TELLO

Asesor: Mag. VICTOR RAUL VILLEGAS ZAMORA

Huaraz – Perú
2017

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.
Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente la paciencia, la comprensión, los ánimos, el apoyo incondicional del Mag. VICTOR RAUL VILLEGAS ZAMORA sin su apoyo no hubiera sido posible este modesto trabajo.

INDICE

DEDICATORIA ii
AGRADECIMIENTO iii
INDICE iv
RESUMEN ixx
INTRODUCCION x
CAPITULO I. 1
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION 1
1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 1
1.2. SITUACION PROBLEMÁTICA 2
1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA 3
1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACION 4
1.5. JUSTIFICACION 5
1.6. HIPOTESIS 6
1.6.1 HIPOTESIS GENERAL 6
1.6.2 HIPOTESIS ESPECIFICA 7
1.7. VARIABLES Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES 8
1.7.1 VARIABLES 8
1.7.2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES 9
CAPITULO II. 10
MARCO TEORICO 10
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACION 10
2.2. BASES TEORICAS 12
2.2.1 EL CALENTAMIENTO GLOBAL 12
2.2.2 CAMBIOS CLIMATICOS 13
2.2.3 CONCRETO 14
2.2.4 VIDRIO 25
2.2.5 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 28
2.2.6 RELACION AGUA CEMENTO 28
2.2.7 SLUMP 29
2.2.8 PESOS UNITARIOS DE AGREGADO FINO Y GRUESO 29
2.2.9 ANALISIS GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL 30
2.2.10 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 30
2.2.11 PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO Y GRUESO 30
2.2.12 CONCIDERACIONES BASICAS PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE CONCRETO 32
2.2.13 PROBETA DE CONCRETO 39
2.2.14 COSTO DE FABRICACION DEL CONCRETO 39
CAPITULO III. 41
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION 41
3.1 METODOLOGIA DE INVESTIGACION 41
3.2. PERSPECTIVA METODOLOGIA Y TIPO DE INVESTIGACION 41
3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION 42
3.4. LIMITES DE LA INVESTIGACION 42
3.5. CONTEXTO 42

3.6. UNIDAD DE ANALISIS: POBLACION Y MUESTRA 43
3.7. PROCESAMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS 44
3.8. ANALISIS DE DATOS 45
3.8.1. ENSAYO DE LOS AGREGADOS EN LABORATORIO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECANICAS 45
3.8.2. TECNICA DE ANALISIS DE DATOS 55
CAPITULO IV. 57
RESULTADOS Y DISCUSION 57
4.1. RESULTADOS 57
4.2. ANALISIS DE DATOS 59
4.2.1. ANALISIS DE DATOS DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION COMPARADO CON EL CONCRETO CONVENCIONAL 59
4.2.2. ANALISIS DE DATOS DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN COSTOS DE FABRICACION COMPARADO CON EL CONCRETO CONVENCIONAL 78
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADO 81
CONCLUSIONES 84
RECOMENDACIONES 85
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA 86
ANEXOS 90

LISTA DE TABLAS

Tabla II-1 *Componentes quimicos del vidrio Sodico……26*
Tabla II-2 *Eleccion de la resistencia promedio 36*
Tabla II-3 *Consistencias y Asentamiento..... . . . .36*
Tabla II-4 *Relación agua/cemento y resistencia a la comprensión del concreto……..37*
Tabla II-5 *Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto 38*
Tabla III-1 *Peso específico de cemento sol tipo I 50*
Tabla IV-1 *Resultados del ensayo a la compresion del concreto convencional 57*
Tabla IV-2 *Resultados del ensayo a la compresion del concreto con 5% de vidrio molido 58*
Tabla IV-3 *Resultados del ensayo a la compresion del concreto con 10 % de vidrio molidol 58*
Tabla IV-4 *Resultados del ensayo a la compresion del concreto con 15% de vidrio molidol 59*
Tabla IV-5 *Resumen de resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal y un concreto con 5% por vidrio molido como remplazo del cemento 59*
Tabla IV-6 *resumen de resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal y un concreto con 5% por vidrio molido como remplazo del cementO..... 61*
Tabla IV-7 *resumen de resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento 62*
Tabla IV-8 *resumen de resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto normal y un concreto con 5% por vidrio molido como remplazo del cemento…… 64*
Tabla IV-9 *resumen de resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto normal y un concreto con 10% por vidrio molido como remplazo del cemento 66*
Tabla IV-10 *resumen de resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento……67*
Tabla IV-11 *resumen de resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto normal y un concreto con 5% por vidrio molido como remplazo del cemento. 69*
Tabla IV-12 *resumen de resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto normal y un concreto con 10% por vidrio molido como remplazo del cemento. 70*
Tabla IV-13 *resumen de resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento. 72*
Tabla IV-14 *resumen de resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal y un concreto con 5% por vidrio molido como remplazo del cemento……73*
Tabla IV-15 *resumen de resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal y un concreto con 10% por vidrio molido como remplazo del cemento. 75*
Tabla IV-16 *resumen de resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento. 76*
Tabla IV-17 *Análisis de costos unitarios para la elaboración de 1m3 de concreto convencional con resistencia fc=210 Kg/ cm3. ..... 78*
Tabla IV-18 *Análisis de costos unitarios para la elaboración de 1m3 de concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento en peso , con resistencia fc=210 Kg/ cm3..... 79*
Tabla IV-19 *Análisis de costos unitarios para la elaboración de 1m3 de concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento en peso , con resistencia fc=210 Kg/ cm3..... 79*
Tabla IV-20 *Análisis de costos unitarios para la elaboración de 1m3 de concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento en peso , con resistencia fc=210 Kg/ cm3..... 80*
Tabla IV-21 *Resumen de costos de fabricación del concreto convencional y el concreto con 5%, 10%, 15% de vidrio molido como remplazo de cemento en peso, en 1m3 de concreto fc=210 Kg/ cm3.. ..... 80*

Tabla IV-22 *Diferencia en el costos de fabricación del concreto convencional y el concreto con 5%, 10%, 15% de vidrio molido como remplazo de cemento en peso, en 1m3 de concreto fc=210 Kg/ cm3..... 81*

LISTA DE FIGURAS

Figura IV-1 Agitado de columna de tamices……..46
Figura IV-2 Cantidad de agregado retenido en cada tamiz. 46
Figura IV-3 Muestra del agregado para el ensayo 47
Figura IV-4 Muestra en horno a una temperatura de 110°C. 47
Figura IV-5 Recipiente para el ensayo de peso unitario 49
Figura IV-6 Primera capa de la muestra del agregado 49
Figura IV-7 Muestra de vidrio molido..... 54
Figura IV-8 Peso de agregado para realizar la mezcla..... 55
Figura IV-9 Probetas para el ensayo a compresión 55
Figura IV-10 Realizando el ensayo a compresión del concreto. 55
Figura IV-11 Resistencia del ensayo a compresión 55

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto f´c 210 kgf/cm2 sustituyendo 5%, 10%, 15% del cemento Portland por vidrio molido, se determinó la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto convencional y luego se procedió a comparar las características mecánicas de ambas mezclas. Para el concreto, se utilizó un diseño de mezcla f´c 210 kgf/cm2; mediante el diseño de mezcla se realizó tanto la mezcla convencional como la mezcla modificada donde se sustituyó el 5%, 10%, 15% del peso del cemento Portland por vidrio molido. El procedimiento se inició elaborando las probetas de concreto convencional para luego elaborar las probetas de concreto modificado. El ensayo realizado fue el de Resistencia a la Compresión a los 7, 14, 21 y 28 días basado en el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Al finalizar los ensayos de resistencia se determinó mediante la distribución t student que para obtener resistencias igual o mayor que el concreto convencional se remplace como máximo el cemento por vidrio hasta un 10% de su peso de acuerdo con esta investigación

PALABRAS CLAVES:

Influencia, vidrio, molido, resistencia, compresión, concreto, costos, fabricación, comparando, convencional, proporción, empleando, reemplazo, cemento.

ABSTRAC, KEY WORD

The objective of the research was to evaluate the compressive strength of a concrete mixture f'c 210 kgf / cm2 substituting 5%, 10%, 15% of the Portland cement for ground glass, the compressive strength of a mixture of conventional concrete and then proceeded to compare the mechanical characteristics of both mixtures. For the concrete, a mix design f'c 210 kgf / cm2 was used; By means of the mixing design, both the conventional mixture and the modified mixture were made, where 5%, 10%, 15% of the weight of the Portland cement was replaced by ground glass. The procedure was started by elaborating the conventional concrete samples and then making the modified concrete specimens. The test carried out was that of Resistance to Compression at 7, 14, 21 and 28 days based on the NATIONAL BUILDING REGULATIONS. At the end of the resistance tests, it was determined by means of the student t distribution that to obtain resistances equal to or greater than conventional concrete, maximum cement was replaced by glass up to 10% of its weight according to this research.

KEYWORDS:

Influence, glass, grinding, resistance, compression, concrete, costs, manufacturing, comparing, conventional, proportion, using, replacement, cement.

INTRODUCCION

La ingeniería de materiales es una disciplina que avanza día a día, en una constante búsqueda para obtener diversas alternativas que satisfagan la demanda en el mercado. En base a este contexto nace éste trabajo de investigación, el cual se enfoca en la búsqueda de materiales que puedan ser utilizados para la construcción.

El presente trabajo se centró en utilizar materiales considerados desecho, como sustituto parcial del conglomerante (cemento Portland), todo esto en respuesta a la escasez y elevados costos que tiene el mismo, sin dejar de lado el daño al medio ambiente que se produce durante su fabricación. De este modo se inició esta investigación con la idea de sustituir un porcentaje del peso del cemento Portland por vidrio molido, proporcionándole utilidad a estos desechos.

CAPITULO I.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Anteriormente a la investigación se viene desarrollando diferentes estudios para lograr un aprovechamiento de agregados no convencionales en la preparación de mezclas de concreto como: fibras de polipropileno, viruta de acero, escoria de fundición, bagazo de caña, estopa de coco y escombros; son materiales aprovechados que anteriormente eran desechados y a su vez mejoró las propiedades del concreto como el uso alternativo de remplazar un porcentaje de cemento con dichos materiales reciclables donde la producción masiva del elemento mencionado es la causante de la emisión de CO2 debido al proceso de descarbonatación que sufre la caliza en su calcinación para la obtención del Clinker donde dicho elemento es uno de los causantes del calentamiento global.(Meyer,2008)

Desde el año 1970 se viene realizando estudios del vidrio reciclado como agregado para la elaboración de concreto, presentándose el problema de la reacción ASR(álcali-sílice) que provoca grietas superficiales en el concreto debido a una expansión generada por la reacción entre el sílice amorfo

presente en el vidrio con la pasta de cemento de naturaleza alcalina; para la época este inconveniente parecía insuperable; actualmente varios estudios, técnicas y la ingeniería de materiales permiten controlar las reacciones álcali-sílice, dentro de las cuales están el empleo de cemento de bajo contenido alcalino, usar aislantes en la superficie de vidrios para impedir las reacciones, usar vidrios menos expansivo como es el de color verde, entre otras soluciones. (Marcelo, 2010)

1.2. SITUACION PROBLEMATICA

Vivimos en tiempos en los que todo lo que se realiza y se hace es pensando en el medio ambiente porque es conocida la actual situación del planeta, se sabe que poco a poco con las acciones que se llevan a cabo y el uso desmedido de los recursos naturales para la fabricación del cemento es un contaminante activo debido al boom de la construcción donde dicha industria es la mayor generadora de residuos sólidos a nivel del país (Meyer, 2008). La extracción, el transporte y tratamiento de materias primas, además del impacto medioambiental generan contaminación en la población y también degrada al planeta tierra, por lo tanto, se impulsa la búsqueda de alternativas para hacer sustentable la ejecución de proyectos de obras civiles en general para ello esta investigación es para beneficio de la humanidad.

Si en la industria de la construcción se sigue generando contaminación en el Perú se verá afectado gravemente la situación climática por el calentamiento global; como el aumento de la temperatura la cual no es la misma de hace 10 años, además provocará enfermedades en la población tal como se hace mención en el volumen 6 del centro de investigación de ciencias administrativas gerenciales (CICAG), afectando la productividad agrícola. Según la Unesco; señala también que el cambio climático está afectando el aumentando del riesgo sitos emblemáticos del Patrimonio Mundial como la ciudad portuaria de Cartagena de indias, en Colombia. Por lo tanto, si la situación continúa en el Perú se verían afectados patrimonios nacionales

como por ejemplo Machu Picchu, Cusco, provocando de esta manera una amenaza para el turismo y la economía en el Perú a futuro.

En los últimos tiempos se ha puesto énfasis en generar investigaciones para contrarrestar el impacto ambiental generado por la industria de la construcción ante el medio ambiente, primordialmente mediante el empleo de material reciclado como agregado para la elaboración de concreto reforzado, particularmente el uso de neumáticos, desechos de vidrio, cenizas volantes, plásticos en general, entre otros. (García y Morales ,2014)

La problemática en la cual se enmarca esta investigación tiene relación con aspectos primordialmente relacionados con la ingeniería y el desarrollo tecnológico en general para reducción del impacto ambiental, debido a la reutilización del material de los desechos para este caso es el vidrio reciclado que para fines experimentales será molido y agregado en porcentajes como remplazo del cemento para verificar cuál es su influencia en la resistencia a la compresión y en costos de fabricación comparado con el concreto convencional sin modificar, siendo esta una alternativa que podría reducir el impacto ambiental y a la vez socioeconómica por la reutilización de material reciclado como es el vidrio molido en porcentajes como remplazo del cemento para la producción de concreto; lo cual si en esta investigación sus resultados serían óptimos esto llevaría a que se podría dar una reducción del cemento utilizando dicho material reciclado en la fabricación del concreto como una alternativa y a la vez una disminución en su costo. Siendo esta la meta de esta investigación.

1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA

PROBLEMA GENERAL:

¿Influye el empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016?

PROBLEMAS ESPECIFICOS:

¿Influye el empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, con proporción del 5% como reemplazo del cemento, comparado con el concreto convencional, Barranca-2016?

¿Influye el empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, con proporción del 10% como reemplazo del cemento, comparado con el concreto convencional, Barranca-2016?

¿Influye el empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, con proporción del 15% como reemplazo del cemento, comparado con el concreto convencional, Barranca-2016?

¿Influye el empleo de vidrio molido en los costos de fabricación del concreto, con proporción del 5% como reemplazo del cemento comparado con el concreto convencional, Barranca-2016?

¿Influye el empleo de vidrio molido en los costos de fabricación del concreto, con proporción del 10% como reemplazo del cemento comparado con el concreto convencional, Barranca-2016?

¿Influye el empleo de vidrio molido en los costos de fabricación del concreto, con proporción del 15% como reemplazo del cemento comparando con el concreto convencional, Barranca-2016?

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACION

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia del empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO

Determinar la influencia del empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, con proporción del 5% como reemplazo del cemento, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

Determinar la influencia del empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, con proporción del 10% como reemplazo del cemento, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

Determinar la influencia del empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, con proporción del 15% como reemplazo del cemento, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

Determinar la influencia del empleo de vidrio molido en los costos de fabricación del concreto, con proporción del 5% como reemplazo del cemento, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

Determinar la influencia del empleo de vidrio molido en los costos de fabricación del concreto, con proporción del 10% como reemplazo del cemento, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

Determinar la influencia del empleo de vidrio molido en los costos de fabricación del concreto, con proporción del 15% como reemplazo del cemento, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

1.5. JUSTIFICACION

Esta investigación surge por la producción masiva del concreto donde uno de sus componentes es el cemento, siendo éste un agente contaminante en el calentamiento global que es el resultado de su masiva producción debido al boom de la construcción que vivimos en estos últimos años en el Perú, debido al constante crecimiento de la población, la cual necesita construcciones de grandes obras que puedan en cierta forma cumplir con la demanda y el crecimiento de la población por tanto se aboga en el reciclaje de materiales que pueden ser empleados en todo tipo de procedimientos permitiendo de esta manera reducir la contaminación al medio ambiente creando nuevos productos con menos inversión de materia prima, minimizando la explotación de recursos no renovables y creando nuevas fuentes energéticas y económicas.

Debido a esto se plantea el aprovechamiento de un material, el vidrio molido, dicho material es desechado día a día ya sea por defectos en la fabricación de frascos de botellas o por la utilización doméstica y desperdicios del mismo, donde este material es gran contaminante al medio ambiente como también es la producción del cemento para la utilización en el concreto con esta investigación se espera disminuir el volumen del material que es llevado a los vertederos y la reducción del uso del cemento, que también su producción es contaminante ambiental, en la elaboración del concreto y además una disminución en el costo de producción del concreto usando dicho material reciclado.

En busca de una posible solución a los problemas mencionados anteriormente se plantea la elaboración de una mezcla de concreto simple con sustitución en porcentajes de cemento portland por vidrio molido y verificar de manera experimental su influencia en la resistencia a la comprensión del concreto y costos de fabricación, comparando con el concreto convencional.

1.6. HIPOTESIS

1.6.1. HIPOTESIS GENERAL

H_1: Empleando vidrio molido se logra una influencia significativa, en la resistencia a la compresión y costo de fabricación comparado con concreto convencional, Barranca-2016.

H_0: Empleando vidrio molido no se logra una influencia significativa, en la resistencia a la compresión y costo de fabricación comparado con concreto convencional, Barranca-2016.

1.6.2. HIPOTESIS ESPECIFICA

H_2: Empleando vidrio molido, con proporción del 5% como reemplazo del cemento, se logra una influencia significativa de la resistencia a la compresión, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_0: Empleando vidrio molido, con proporción del 5% como reemplazo del cemento, no se logra una influencia significativa de la resistencia a la compresión, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_3: Empleando vidrio molido, con proporción del 10% como reemplazo del cemento, se logra una influencia significativa de la resistencia a la compresión, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_0: Empleando vidrio molido, con proporción del 10% como reemplazo del cemento, no se logra una influencia significativa de la resistencia a la compresión, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_4: Empleando vidrio molido, con proporción del 15% como reemplazo del cemento, se logra una influencia significativa de la resistencia a la compresión, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_0: Empleando vidrio molido, con proporción del 15% como reemplazo del cemento, no se logra una influencia significativa de la resistencia a la compresión, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_5: Empleando vidrio molido, con proporción del 5% como reemplazo del cemento, se logra una influencia significativa en el costo de fabricación, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_0: Empleando vidrio molido, con proporción del 5% como reemplazo del cemento, no se logra una influencia significativa en el costo de fabricación, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_6: Empleando vidrio molido, con proporción del 10% como reemplazo del cemento, se logra una influencia significativa en el costo de fabricación, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_0: Empleando vidrio molido, con proporción del 10% como reemplazo del cemento, no se logra una influencia significativa en el costo de fabricación, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_7: Empleando vidrio molido, con proporción del 15% como reemplazo del cemento, se logra una influencia significativa en el costo de fabricación, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

H_0: Empleando vidrio molido, con proporción del 15% como reemplazo del cemento, no se logra una influencia significativa en el costo de fabricación, comparando con el concreto convencional, Barranca-2016.

1.7. VARIABLES Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

1.7.1 VARIABLES

Variable independiente: Porcentajes de vidrio molido.

Primera variable dependiente: Resistencia a la comprensión.

Segunda variable dependiente: Costo de fabricación.

1.7.2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE PORCENTAJES DE VIDRIO MOLIDO	5%; 10% y 15% De vidrio molido como reemplazo en peso del cemento	Peso (kg)
DEPENDIENTE RESISTENCIA A LA COMPRESION	Resistencia a la compresión del concreto con el empleo de vidrio molido.	Área (cm2) Peso (kgf) Esfuerzo(kgf/cm2)
	Resistencia a la compresión del concreto convencional	Área (cm2) Peso (kgf) Esfuerzo(kgf/cm2)
DEPENDIENTE COSTO DE FABRICACION	Costo de fabricación de concreto convencional	Moneda nacional(sol)
	Costo de fabricación de concreto empleando vidrio molido	Moneda nacional(sol)

CAPITULO II.

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACION

Catalán en sus investigaciones destacadas realizadas por universidades internacionales están; la Universidad Austral de Chile donde se realizó una tesis para el estudio de la influencia que tiene el vidrio en hormigones de diversos grados de resistencia (H15, H20 y H30), cuyos resultados demuestran la inalterabilidad en las propiedades del hormigón en estado fresco y endurecido al adicionar vidrio por reemplazo de cemento, incluso se presenta un incremento en la resistencia cuando el porcentaje de adición en la mezcla es de 10%. (Catalán, 2013)

Nassar en sus investigaciones en la Universidad de Michigan en Estados Unidos sobre la calidad de hormigón cuando en su composición se adiciona vidrio molido pulverizado en tamaño promedio de 13µm, se investigó en cuanto a su resistencia mecánica, resistencia ante la presencia de agua y durabilidad, empleando para

cada proceso las normas ASTM. El porcentaje de vidrio empleado va desde el 15 al 23%, cuyos resultados han sido considerablemente positivos , obteniéndose un hormigón compatible con el de composición normal, los resultados demuestran que la adición de vidrio mejora la absorción de humedad y la resistencia dando mayor durabilidad, otra característica mejorada ha sido la resistencia a la abrasión y resistencia a largo plazo con un contenido de 20% de vidrio pulverizado, comprobado en el ensayo de muestras de pavimentos y bordillos, ejecutados con procesos convencionales y controlados durante dos años. (Nassar, 2016)

Castillo en su investigación en Ecuador no se ha dejado de lado este aspecto, las islas Galápagos conocidas internacionalmente por su maravilloso ecosistema en pro de minimizar el impacto ambiental conjuntamente con el apoyo de la WWF (World Wildlife Fund) y como pionera la Isla Santa Cruz se ejecuta en el año 2013 una consultoría para estudiar la factibilidad de usar el vidrio reciclado de la isla en materiales de construcción. (Castillo, 2010)

Castillo en su investigación en la consultoría elaborada en el Municipio de la Isla Santa Cruz ,se investigaron muestras de adoquines, bloques y cilindros de hormigón con diferentes porcentajes de vidrio, de lo cual se obtuvo excelentes resultados para el 25% de vidrio molido, obteniéndose similares o mejores resistencias en las probetas. (Castillo, 2010)

Hidalgo y Calderón en su investigación en la Universidad Politécnica Nacional se realizó una tesis para la “Obtención de Adoquines Fabricados con Vidrio Reciclado como Agregado” donde elaboraron muestras al peso que incorporan vidrio desde el 5, 15, 25 y 35 por ciento, los resultados proporcionados indican que usar el vidrio reciclado incide favorablemente en la resistencia al desgaste del adoquín, la resistencia a la compresión cumple con la especificada por la norma

INEN 1488 cuando el porcentaje empleado está entre el 15% y 20%.(Hidalgo y Calderón ,2013)

Como se indica anteriormente se tiene referencias de varias investigaciones con resultados favorables documentados, que presentan al vidrio reciclado molido como un material prometedor constituyente para la elaboración de concreto.

2.2. BASES TEORICAS.

Se realiza una breve descripción de algunos conceptos y factores que están involucrados de cómo influye el empleo de vidrio molido en el concreto en la resistencia y costos comparando con el concreto convencional.

2.2.1. EL CALENTAMIENTO GLOBAL

La actividad industrial ha cambiado la composición de esta mezcla de gases que compone la atmósfera, así la presencia de uno de los agentes del calentamiento global como es el CO_2 ha pasado de 0.028% (lo que es igual 280 partes por millón en volumen, ppmv, en la era preindustrial los 383 ppmv actuales creciendo a un ritmo de 1,9 ppmv por año. La concentración atmosférica de dióxido de carbono en 2005 excede, con mucho, el rango natural de los últimos 650.000 años (180 a 300ppmv) según muestras de los testigos de hielo.

Uno de los productores principales de este agente del calentamiento global en la construcción es la industria del cemento, por la utilización en la elaboración del concreto para edificaciones, donde según el informe estadístico en el 2012 de la Federación Interamericana de Cemento (Ficem), alcanzó los 3,6 billones de toneladas en producción de cemento. Esta exorbitante cifra va acompañada de las emisiones de CO_2 producidas en la elaboración del cemento.

Eduardo Espín, director de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Central, contó que el principal componente del cemento es el clínker. Este material se produce a partir de caliza y de arcilla, que se muelen, homogeneizan y se introducen en un horno, donde se cuecen a una temperatura de 1 500°C. y en dicha homogenización se produce una reacción química que da lugar la liberación del CO2.

De acuerdo con el documento, las empresas cementeras son responsables del 5% del total de las emisiones de dióxido de carbono generadas por el hombre.

El incremento de la concentración del CO2, contaminante activo liberado en la producción del cemento, permanece en la atmosfera 200 años y con él sus efectos, como el incremento de la temperatura media de la tierra produciendo cambios climáticos.

2.2.2. CAMBIOS CLIMÁTICOS

Los cambios climáticos afectan el turismo es una de las actividades económicas más importantes del mundo. Aporta más del 10% del PBI mundial y genera alrededor de 115 millones de empleos directos.

En cuanto a Perú, Jorge Chávez Salas, ingeniero forestal y profesor principal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, sostiene que si no se hace nada para frenar el aumento de gases de efecto invernadero (GEI), el santuario de Macchu Picchu, uno de los destinos turísticos más importantes de este país, podría verse afectado por el cambio climático.

“En Machu Picchu habrá una variación en el ciclo de lluvias, así como una mayor ocurrencia de las mismas y modificación de los ecosistemas. Además, los servicios básicos en el turismo se verán afectados, existirán daños a los accesos

terrestres por inundación y movimientos en masa, una reducción del avistamiento de aves y daño a los servicios turísticos como hoteles y restaurantes", indica Chávez Salas.

Gilberto Arias, uno de los consultores más renombrados de América Latina en temas de cambio climático, sostiene que los efectos del cambio climático serán diversos y los efectos serán de diferentes de acuerdo a como se encuentre el calentamiento global en el área geográfica que nos encontremos.

2.2.3. CONCRETO

Gutiérrez (2003) señala que "El concreto se fabrica mezclando homogéneamente: cemento, agua, arena y grava" (p.34).

Porrero, Jiménez, Ramos, Graces y Velazco (1996), por otra parte, definen el concreto como "un material que se puede considerar constituido por dos parte: Una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo, y la otra son trozos pétreos que quedan englobados en esa pasta. Dicha pasta está constituida por agua y un producto aglomerante conglomerante, que es el cemento" (p.31). Partiendo de lo mencionado anteriormente los componentes básicos del concreto son cemento, arena, grava y agua. Estos ofrecen una resistencia que depende en gran medida de la calidad y proporción de los mismos, así como también de las condiciones de humedad y temperatura durante los procesos de fabricación, compactación y fraguado, además las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

a. La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener una exudación mínima.

b. La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura.

c. El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.

Los elementos del concreto deben de cumplir con determinados requisitos de calidad, de manera que podamos disminuir al mínimo el margen de error en el diseño de dosificaciones. El Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú en la Norma E.060 (concreto armado) establece claramente los parámetros dentro de los cuales se pueden considerar aptos estos materiales para la elaboración de concreto con fines estructurales, desde las densidades de los distintos materiales, características del agua, tratamiento de los materiales y procedimientos de elaboración, entre otras.

A continuación, se hará una revisión de los tipos de concreto que son más comunes en el Perú, analizando las ventajas y desventajas del concreto convencional.

TIPOS DE CONCRETO

CONCRETO SIMPLE

Es una mezcla del cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino, deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar cubierto por la misma pasta. (Gutiérrez,2003)

Cemento + A. grueso + A. fino + agua = Concreto simple

CONCRETO ARMADO

Es cuando el agregado simple lleva armadura de acero como refuerzo, actuando la armadura para poder soportar esfuerzos de tracción. (Gutiérrez,2003)

Concreto simple + armadura = Concreto armado

CONCRETO ESTRUCTURAL.

Se denomina así al concreto simple, cuando éste es dosificado, mezclado, transportado y colocado de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima pre-establecida y una durabilidad adecuada. (Gutiérrez,2003)

VENTAJAS DEL CONCRETO

- Maleabilidad.
- Continuidad de los elementos estructurales.
- Alta resistencia al fuego y al clima.
- La mayor parte de los materiales constituyentes están disponibles a bajos costos.
- Resistencia a la compresión similar a la piedra natural.
- Costo relativamente bajo.
- Alta resistencia frente a la tensión, ductilidad y dureza del acero.

DESVENTAJAS DEL CONCRETO

Gutiérrez (2003) señala que el control de calidad no es tan bueno como para otros materiales de construcciones porque con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción.

Otra es que el concreto es un material de relativa fragilidad; su resistencia a la tensión es pequeña comparada con su resistencia a la compresión. No obstante,

esta desventaja puede contrarrestarse reforzando o pre forjando el concreto con acero.

A continuación, se hará una breve revisión de los materiales constituyentes del concreto, desde el proceso de extracción, elaboración y características que deben cumplir según la normativa vigente tanto nacional como internacional. A continuación, se dan a conocer algunos aspectos.

Considerados relacionados al vidrio, como sus características físicas, composición, etc.; y finalmente algunos alcances respecto al proceso de reacción de tipo expansiva álcali-sílice, por considerarse relevante para este estudio dado el alto porcentaje de contenido de sílice en el vidrio.

COMPONENTES DEL CONCTRETO CONVENCIONAL

CEMENTO

Gutiérrez (2003) señala que la palabra cemento se emplea para designar a toda sustancia que posea condiciones de pegante cualquiera sea su origen.

El cemento Porthand, por otra parte, se define como el producto obtenido al pulverizar el clinker con adición de yeso.

El Clinker resulta de la calcinación hasta una función incipiente de una mezcla debidamente dosificada de materiales silíceos, calcáreos y férricos. El proceso de fabricación del cemento continúa con la molienda del Clinker, agregando durante ella yeso hidratado para retardar el fraguado del cemento.

En la actualidad, con el fin de disminuir costos y mejorar ciertas características, adicionan al Clinker durante la molienda otras sustancias, que pueden ser: Caliza, escoria o puzolanas. Al añadir caliza se mejoran las cualidades de plasticidad pero se reduce a resistencia a compresión de la pasta o del concreto. La etapa final del

proceso es el empaque en sacos de 42.5 kilos o el almacenamiento en silo para distribuirlo a granel.

En el mercado actual, disponemos de varios tipos de cementos, elaborados a partir de materias base similares, pero mezcladas en determinadas proporciones, proporcionando un amplio abanico de posibilidades, de acuerdo a las necesidades y requerimientos para una mezcla de concreto.

TIPOS DE CEMENTO

Existen distintos tipos de cementos desarrolladas para cumplir con fines específicos, por ejemplo alcanzar mayores resistencias en menor tiempo, menor calor de hidratación, resistentes a ambientes agresivos, etc, siendo el más utilizado en nuestro país el llamado Cemento Portland.

A continuación se hará una breve descripción de los cementos más utilizados en la industria.

CEMENTO PORTLAND

Producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. (RNE E.060)

El Clinker es un producto constituido por silicatos cálcicos, es decir, a base de calcio al igual que el yeso, el cual se obtiene al someter a altas temperaturas una mezcla de óxidos de calcio, silicio, aluminio y fierro (INN, NCh148Of.1968). A continuación detallaremos la composición de los elementos químicos más

resaltantes del cemento portland por ser la que se utilizara para esta investigación y para luego ver como dichos elementos se relacionan con los componentes químicos del vidrio molido y de manera experimental observar si en la fusión de dichos elementos logran dar un concreto más resistente o no, así induciremos que esos resultados se deben a sus componentes químicos de dichos elementos en la fusión para la elaboración del concreto con % de vidrio molido como remplazo del cemento.

COMPOSICION DEL CEMENTO PORTLAND

Luego del proceso de formación del Clinker y molienda final, se obtiene los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallaremos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente:

SILICATO TRICALCICO

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación

SILICATO DICALCICO

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

ALUMINATO TRICALCICO

Aisladamente no tiene transcendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo.

Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

ALUMINO-FERRITO TETRACALCICO

Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

OXIDO DE MAGNESIO

Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida

ÓXIDOS DE POTASIO Y SODIO

Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos

ÓXIDOS DE MAGNESIO Y TITANIO

El primero no tiene significado especial en las propiedades del cemento salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tiene contenidos mayores del 3% Se ha observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo.

El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos suoeriores a 5%.Para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia.

De los compuestos mencionados, los silicatos y aluminatos constituyen los componentes mayores, pero no necesariamente los más trascendentes, pues

como veremos posteriormente algunos de los componentes menores tienen mucha importancia para ciertas condiciones de uso de los cementos

CEMENTO PUZOLÁNICO

Es el cemento Portland que presenta un porcentaje adicionado de puzolana (RNE E.060)

PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL CEMENTO

La producción mundial de cemento ha mantenido un crecimiento de alrededor de un 2 a 3% anual, como se muestra en la figura 1, llegando a las 3.000 millones de toneladas en el año 2008, donde países desarrollados tienen consumos per cápita superiores a 450kg/habitante/año. Esta estadística puede servir como un indicador del nivel de desarrollo de una nación, lo cual nos ilustra a importancia que tiene la industria del cemento y el hormigón a nivel mundial. (Cembureau,2009)

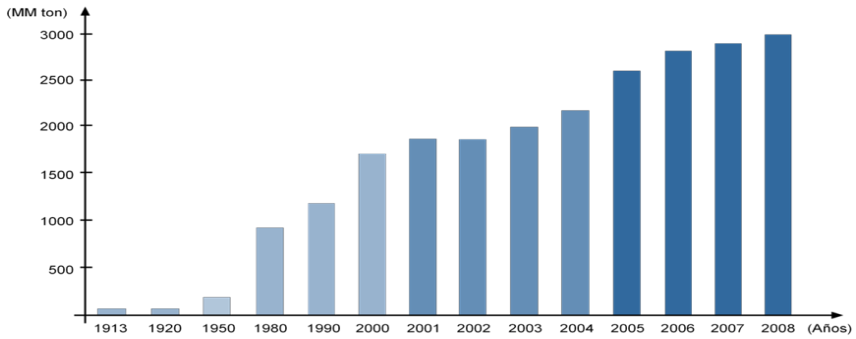

Figura 1. Producción mundial de cemento (Cembureau, 2009).

AGREGADOS

Según Sánchez (2010) los agregados son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en

presencia de agua conforman un todo compacto (piedra artificial) conocido como concreto.

Asimismo, Sánchez también menciona que la forma más generalizada de clasificar los agregados es según su tamaño, el cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros en sección transversal. Esta distribución del tamaño de las partículas es lo que se conoce con el nombre se glanumetría. La fracción fina de este material, cuyas partículas tienen un diámetro inferior a 4,76 mm y no menor de 0,074 mm, es lo que comúnmente se llama arena y la fracción gruesa, o sea aquellas partículas que tienen un diámetro superior a 4,76 mm, es la que normalmente se denomina agregado grueso.

Cada uno de ellos deberá ser procesado, transportado, manipulado, almacenado y pesado de manera tal que la pérdida de finos sea mínima, que mantengan su uniformidad, que no se produzca contaminación por sustancias extrañas y que no se presente rotura o segregación importante en ellos.(RNE E.060)

TIPOS DE AGREGADOS

Los agregados por su tamaño generalmente se dividen en dos grupos: Agregado fino y Agregado grueso.

AGREGADO FINO

Son aquellos cuyo material pasa en un 100% el tamiz 3/8, es decir se encuentran dispersos entre el tamiz N° 4 y tamiz N°200, según el tamaño de sus partículas pueden ser:

- Arenas gruesas: Con tamaños de partícula entre el tamiz n°4 y n°10 y el módulo de finura > 3.0

- Arenas medias: Con tamaños de partícula entre el tamiz n°10 y n°40 y el módulo de finura =2.5

- Arenas finas: Con tamaños de partícula entre el tamiz n°40 y n°200 y el módulo de finura < 2.0

Según su procedencia pueden ser:

- Arenas de río: redondas, uniformes y limpias.

- Arena de mina: generalmente heterogéneas y sucias

- Arena de playa: con alto contenido de cloruros.

- Contenido de agregado fino normalmente del 35% al 45% por masa o volumen total del agregado.

AGREGADO GRUESO

Son aquellos en que la mayor parte del material es retenido por el tamiz n°4, generalmente se obtienen a través de la explotación en canteras, estos son cortados para darle la forma y el tamaño requeridos en obra, deben presentar ciertas propiedades que lo hagan apto para ser utilizados en procesos de construcción, tales como:

- Ser homogéneos y compactos.
- Carecer de grietas nódulos y restos orgánicos.
- Ser resistentes a las cargas que se han de soportar, al desgaste y a los procesos abrasivos.
- No deben ser absorbentes ni permeables.
- Ser resistentes al fuego.

- Tener adherencia a los morteros.
- Estar dentro de los parámetros referidos al control de calidad

AGUA

Gutiérrez (2003) explica que el agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad aglomerante.

Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando algún tipo de aditivo.

El agua utilizada debe cumplir con los requisitos establecidos en la Reglamento Nacional De Edificaciones en la Norma E.060, algunas de estas características son:

(a) Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.

(b) La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.

(c) Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de

muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051.

2.2.4. VIDRIO

Según Gutiérrez (2003) el vidrio "Es otro de los materiales cerámicos usados comúnmente en la construcción, es un material compacto, homogéneo, trasparentes y muy resistente a la acción de los agentes atmosféricos. En general, los vidrios y cristales son mezclas de silicatos de sodio y potasio con pequeñas cantidades de magnesio, aluminio y óxidos de hierro y manganeso

TIPOS DE VIDRIO

Entre los vidrios que más se utilizan y son desechados en los vertederos de basura generando contaminación al medio ambiente tenemos los siguientes mencionados a continuación:

VIDRIOS SÓDICOS (SILICATOS DE SODIO Y CALCIO)

Es el vidrio que se emplea para elaborar vidrios planos, botellas, frascos y otros objetos similares. Tienen casi siempre un ligero color verde debido al hierro de las materias primas. Resisten a la acción disolvente del agua y los ácidos y tienen poco brillo. (Gutiérrez ,2003)

También conocida como vidrio sódico Cálcico donde sus elementos más representativos que le otorgan caracterizas elementales son; la sílice que es parte de la materia prima básica, el sodio le da cierta facilidad de fusión y el calcio la provee de estabilidad química: sílice – sodio – calcio. Se emplea para elaborar, vidrios planos botellas, frascos tienen un color verde debido al hierro de las materias primas, tienen poco vidrio. Se muestra en la tabla II-1 su composición química y su porcentaje en la elaboración del vidrio sódico cálcico.

Este tipo de vidrio es la que utilizaremos para nuestra investigación remplazando un porcentaje de cemento por vidrio molido para la elaboración del concreto.

Tabla II-1
Componentes químicos del Vidrio Sódico

COMPOSICIÓN	
Sílice	70% - 75%
Sodio	12% - 18%
Potasio	0% - 1%
Calcio	5% - 14%
Aluminio	0.5% - 3%
Magnesio	0% - 4%

Fuente: Gutiérrez, 2013, 13.

VIDRIOS POTÁSICOS (SILICATO DE POTASIO Y CALCIO)

En este caso, se reemplaza en el vidrio anterior, el sodio por el potasio. Son más duros que los anteriores, muy brillantes, resisten mejor las variaciones de temperatura y son muy resistentes a la acción del agua y de los ácidos. (Gutiérrez ,2003)

VIDRIOS PLÚMBICOS (SILICATO DE POTASIO Y PLOMO)

En éste caso se ha reemplazado del anterior el calcio por el plomo. Tienen peso específico elevado y poseen notable esplendor, son muy transparentes, sonoros y refractan muy bien la luz. Dentro de estos vidrios se encuentra el cristal, el flint-glass empleado en óptica y el strass que sirve para elaborar piedras preciosas artificiales. (Gutiérrez ,2003)

RECICLAJE DEL VIDRIO

Para Mari, E. (1995) el vidrio tiene su propio ciclo natural. Existen dos ciclos principales: el rehúso (retorno y envasado, luego de limpieza bajo rigurosas condiciones) y el reciclado (para volver a fundir y fabricar los mismos artículos u otros). En ambos ciclos no hay restricciones y la recuperación del material es completa.

Asimismo, el vidrio puede ser reciclado sin ningún límite ni restricción, e idealmente puede ser reciclado en un 100%, los minerales usados como materias primas para su fabricación como arena, piedra caliza, feldespato y otros, se convierten en materiales renovables. Este es un caso único en el campo de los materiales y significa que los desechos y fragmentos de vidrio son materias primas de origen mineral esenciales para la fabricación del vidrio. La mayor parte de estos fragmentos de vidrio provienen de envases, tanto de aquéllos que terminaron su ciclo de rehúso como de los descartables. Actualmente millones de toneladas son recicladas mensualmente en todo el mundo y el porcentaje de vidrio reciclado en la carga del horno está usualmente por encima del 50%. Sin embargo, es importante notar que esta práctica fue siempre común y un procedimiento necesario en la fabricación del vidrio, así como de muchos otros materiales.

El vidrio reciclado requiere 26% menos de energía que su fabricación desde cero y reduce en un 20% las emisiones a la atmósfera de la fabricación, contaminando un 40% menos de agua que la fabricación de vidrio a partir de arena, cal y sosa.

VIDRIO MOLIDO

Es un material que deriva de la molienda del vidrio. Para realizar este proceso se utilizan diferentes equipos entre estos están, el molino de bolas o máquina de los ángeles, donde a través del apisonamiento, el vidrio, es triturado por unas esferas

de plomo, teniendo como resultado un grano relativamente pequeño, luego de este proceso según García y Morales se debe tamizar el vidrio, donde la mayor parte del material es pasante el tamiz Nº 40 la cual se está dentro de la granulometría de agregados finos según la NTP 400.018

2.2.5. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una maquina en una máquina de ensayos de compresión. Se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de sección que resiste a la carga.

Los resultados de prueba de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto elaborada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada, f'c, para la cual fue diseñada además debe cumplir con la NTP 339.034 y ASTM C39.

A continuación, se mencionarán algunas consideraciones a tener en cuenta en la elaboración del concreto para lograr una buena resistencia a la compresión.

2.2.6. RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)

La relación agua / cemento constituye un parámetro importante de la composición del hormigón. Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad y la retracción del hormigón. La relación agua / cemento (a/c) es el valor característico más importante de la tecnología del hormigón. De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida. La relación agua cemento es el cociente entre las cantidades de agua

y de cemento existentes en el hormigón fresco. Es decir que se calcula dividiendo la masa del agua por la del cemento contenido en un volumen dado de hormigón.

2.2.7. SLUMP

Es un ensayo que se le hace al concreto fresco para determinar, su consistencia o fluidez y que cumpla con los parámetros establecidos.

El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla – pisón y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior.

Esta medición se complementa con la observación de la forma de derrumbamiento del cono de hormigón mediante golpes laterales con la varilla – pisón.

Se hace mención a los ensayos que se deben de realizar a los agregados en el laboratorio antes de realizar el ensayo de la prueba a compresión.

2.2.8. PESOS UNITARIOS DE AGREGADO FINO Y GRUESO (NORMA TECNICA PERUANA 400.017)

Mediante este ensayo obtendremos el peso unitario del agregado ya sea suelto o compactado, como también el cálculo de vacíos en ambos agregados y una mezcla de ambos.

En este ensayo se obtiene el peso unitario suelto y de la misma manera se obtiene el peso unitario compactado.

2.2.9. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NORMA TÉCNICA PERUANA 400.012)

Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices, según la norma de "método de prueba estándar por el análisis del tamiz de agregados finos y agregados gruesos"

El método de determinación granulométrico es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramada (a modo de coladores) que actúan como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

Cabe resaltar que mediante este ensayo se obtienen datos mediante los cuales se determina el módulo de finura del agregado.

2.2.10. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Según la Norma Técnica Peruana es aquel que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido Cabe resaltar que mediante este ensayo se obtienen datos mediante los cuales se determina el módulo de finura del agregado.

2.2.11. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO (NORMA TÉCNICA PERUANA 339.022 Y 339.021)

La gravedad específica puede ser expresada como la gravedad especifica bulk, gravedad especifica bulk (SSD) o gravedad especifica aparente. La gravedad especifica bulk (SSD) y la absorción, se basan en agregados sumergidos en agua después de 24 horas.

ABSORCIÓN

Aumento en el peso de los agregados debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas expresado como un porcentaje del peso seco.

GRAVEDAD ESPECÍFICA

Relación entre la masa de una unidad de volumen de un material a la masa del mismo volumen de agua a una temperatura indicada. Los valores son adimensionales.

GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE

Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen de la parte impermeable del agregado a una temperatura indicada a el peso en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas a una temperatura dada.

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK

Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen total (incluyendo los vacíos permeables e impermeables de las partículas pero sin incluir los vacíos entre partículas) a una temperatura establecida para el peso en el aire de un volumen igual del material libre de agua destilada a una temperatura establecida.

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK (SSD)

Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen total del agregado, incluyendo el peso del agua dentro de los vacíos alcanzados por la sumersión en gua durante aproximadamente 24 horas (pero sin incluir los vacíos entre las partículas), a una temperatura establecida, en comparación con el peso en el aire de un volumen igual del material libre de agua destilada a una temperatura establecida.

2.2.12. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO DE UNA MEZCLA DE CONCRETO.

ECONOMÍA

El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto. En general, esto puede ser echo del siguiente modo:

- Utilizando el menor slump que permita una adecuada colocación.
- Utilizando el mayor tamaño máximo del agregado (respetando las limitaciones indicadas en el capítulo anterior).
- Utilizando una relación óptima del agregado grueso al agregad o fino
- Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente.

Es necesario además señalar que en adición al costo, hay otros beneficios relacionados con un bajo contenido de cemento. En general, las contracciones serán reducidas y habrá menor calor de hidratación. Por otra parte un muy bajo contenido de cemento, disminuirá la resistencia temprana del concreto y la uniformidad del concreto por ese motivo se remplazara porcentaje de cemento por vidrio molido esperando una mejora o igualdad de condiciones con el concreto convencional.

La economía de un diseño de mezcla en particular también debería tener en cuenta el grado de control de calidad que se espera en obra. Como discutiremos en capítulos posteriores, debido a la variabilidad inherente del

concreto, la resistencia promedio del concreto producido debe ser más alta que la resistencia a compresión mínima especificada. Al menos en pequeñas obras, podría ser más barato “sobrediseñar” el concreto que implementar el extenso control de calidad que requeriría un concreto con una mejor relación costo – eficiencia.

TRABAJABILIDAD

Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento.

Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento). Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una menos mezcla económica podría ser la mejor solución. Y se deben prestar oídos sordos al frecuente pedido, en obra, de “más agua”.

RESISTENCIA Y DURABILIDAD

En general las especificaciones del concreto requerirán una resistencia mínima a compresión. Estas especificaciones también podrían imponer limitaciones en la máxima relación agua/cemento (a/c) y el contenido mínimo de cemento. Es importante asegurar que estos requisitos no sean mutuamente incompatibles.

Como veremos en otros capítulos, no necesariamente la resistencia a compresión a 28 días será la más importante, debido a esto la resistencia a otras edades podría controlar el diseño.

Las especificaciones también podrían requerir que el concreto cumpla ciertos requisitos de durabilidad, tales como resistencia al congelamiento y deshielo ó ataque químico. Estas consideraciones podrían establecer limitaciones adicionales en la relación agua cemento (a/c), el contenido de cemento y en adición podría requerir el uso de aditivos.

Entonces, el proceso de diseño de mezcla, envuelve cumplir con todos los requisitos antes vistos. Asimismo debido a que no todos los requerimientos pueden ser optimizados simultáneamente, es necesario compensar unos con otros; (por ejemplo puede ser mejor emplear una dosificación que para determinada cantidad de cemento no tiene la mayor resistencia a compresión pero que tiene una mayor trabajabilidad).

Finalmente debe ser recordado que incluso la mezcla perfecta no producirá un concreto apropiado si no se lleva a cabo procedimientos apropiados de colocación, acabado y curado.

INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

- Análisis granulométrico de los agregados.
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Peso específico de los agregados (fino y grueso).
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- Perfil y textura de los agregados.
- Tipo y marca del cemento.

- Peso específico del cemento.
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

PASOS PARA EL PROPORCIONAMIENTO

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera la cual se detallara cada uno de ellos a continuación:

1. Elección de la resistencia promedio (f ‘cr).
2. Elección del Asentamiento (Slump).
3. Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
4. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
5. Selección de la relación agua/cemento (a/c).
6. Cálculo del contenido de cemento.
7. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
8. Ajustes por humedad y absorción.
9. Cálculo de proporciones en peso.

Se detallará cada uno de ellos a continuación:

ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (F 'CR)

La resistencia para esta investigación es de 210kg/cm2, la más utilizada en la construcción se tomaron los factores de seguridad e la tabla II-2

ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP).

Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga un determinado consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla II-3:

Tabla 0I-3
Consistencias y Asentamientos

Consistencia	Asentamiento
Seca	0'' (0mm) a 2'' (50mm)
Plástica	3'' (75mm) a 4'' (100mm)
Fluida	≥ 5'' (125mm)

Fuente: Gutierrez 2003, 102.

Tabla I0-2
Elección de la resistencia promedio

f'C	*f'cr*
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Sobre 350	f'c + 98

Fuente: Gutiérrez 2003, 95.

SELECCIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Para obtener el tamaño máximo, tamaño máximo nominal y módulo de finura se realiza el ensayo de granulometría a los agregados de una determinada cantera según la norma técnica peruana 400.012.

ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

En base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

ELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)

Para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad. (Tabla II-4)

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Una vez que la cantidad de agua y la relación agua/cemento han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación agua/cemento. Sin embargo es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

Tabla II-4
Relación agua/cemento y resistencia a la comprensión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm2)*	RELACION AGUA/CEMENTO	DISEÑO EN PESO
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Gutierrez 2003, 109.

ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

Se determina el contenido del agregado grueso mediante la tabla 8.1, elaborada por el comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. La tabla 7.1 permite obtener un coeficiente b / bo resultante de la división del peso del agregado grueso entre el pero unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en Kg/m3.

Tabla I0-5
Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregadofino.			
		MODULO DE FINEZA DEL AGREG. FINO			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8”	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2”	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4”	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1”	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 ½’’	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2”	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3”	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6”	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Gutierrez 2003, 126

AJUSTE POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Por otro lado, si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportaran algo de esta agua

a la pasta aumentando la relación agua/cemento, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a la compresión.

CÁLCULO DE PROPORCIONES EN PESO:

CEMENTO:	AGREGADO FINO:	AGREGADO GRUESO / AGUA

Se dosifica en peso para un volumen de 1 m

2.2.13. PROBETA DE CONCRETO

Las probetas de concreto son un muestreo que se utiliza para realizar ensayos mecánicos del hormigón endurecido. Se realizan en moldes metálicos cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura rígidos.

Es la manera práctica de evaluar la resistencia y uniformidad del concreto en las edificaciones.

Para obtener una resistencia representativa, la norma ASTM C31 determina "Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de ensaye de concreto en campo y también y el reglamento nacional de construcciones señala el tamaño y número de la muestra de ensayo.

2.2.14. COSTO DE FABRICACIÓN DEL CONCRETO

El costo del concreto es la suma del costo de los materiales para su producción, de la mano de obra empleada en campo y el equipamiento que se tiene. Sin embargo, excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto, los costos de los materiales para producir concreto son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar costos de diferentes mezclas diferentes.

Además, dichos materiales sufrieron un alza de sus precios siendo el precio más significativo el del cemento portland tipo I con 5,0% respecto al alza 1.78% de los precios de materiales de construcción de enero del 2016, además, durante el año 2015 el aumento de los precios de estructuras de concreto fue de 17.30%, lo que marcaría una tendencia alcista. (DIARIO UNO ,2016)

Por lo tanto, el cemento es el material más costoso para la fabricación del concreto y con tendencia a subir su precio cada año, por este motivo se remplazara porcentajes de cemento por vidrio molido que será reciclado donde el costo de fabricación de este concreto con influencia de vidrio molido podría ser menor dado a que se usara material reciclado como es el vidrio y también cumplir las mismas funcionalidades que el concreto convencional y así lograr un ahorro en costo de fabricación del concreto convencional.

CAPITULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología de dicha investigación será experimental dado a que se manipulará el porcentaje de vidrio molido en el concreto para analizar su efecto en la resistencia a la comprensión y en los costos de fabricación, es decir se provocara un estímulo para observar e interpretar su resultado.

3.2. PERSPECTIVA METODOLOGÍA Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se orienta a realizar la influencia del vidrio molido en el concreto en la resistencia a compresión y en costos comparando con el concreto convencional en la ciudad de Barraca-2016.

Por su enfoque se trata de una investigación de tipo experimental, pues se manipulan la variable independiente para analizar la variable dependiente para

lo cual se hace un cuasi experimento con un alcance en la investigación correlacional.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la presente investigación es CUASI-EXPERIMENTAL porque existirá manipulación de variables, es decir, se interpreta lo que es. Con un tipo de experimento cuasi experimental porque sus integrantes no se asignan al azar, sino que los grupos ya están formados antes del experimentó alcanzando una validez interna en la medida que se demuestra la equivalencia en los grupos y en el proceso de experimentación.

3.4. LIMITES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se limita solo para agregados de la cantera Rio Seco; con los costos y presupuestos tomados y analizados en la ciudad de Barranca.

Se usara vidrio molido reciclado ya que esta investigación busca reducir este agente contaminante del medio ambiente.

3.5. CONTEXTO

Esta investigación se realizó en la ciudad de Barranca con los agregados de la cantera Rio Seco.

Se realizarán roturas de briquetas, para determinar la resistencia del concreto mejorado con vidrio molido.

La rotura de probetas se realzara en el laboratorio de la universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo -sector Shancayan. Distrito de Independencia

mediante el uso de agregados de la cantera rio seco de Barranca para la elaboración de concreto de resistencias 210 kg/cm2.

3.6. UNIDAD DE ANALISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA

La Población y la Muestra es la misma, y está constituida por 64 briquetas de concreto cuyo cálculo se detalla más adelante para ser ensayadas en laboratorio, con un tipo de muestra no probabilística donde el tamaño de la muestra depende del criterio del investigador.

El cuasi experimento va contar con un grupo experimental que se expone a la variable independiente (estimulo), para nuestro caso sería concreto empleando vidrio molido, y otro grupo intacto (grupo control) que sería el concreto convencional para luego comparar la resistencia a compresión y en costos del grupo experimental con respecto al grupo intacto, es razonable pensar que las diferencias se deban a la presencia – ausencia del vidrio molido, respectivamente en los grupos de estudio de esta investigación.

Las muestras se realizarán con los agregados de la cantera Rio Seco.

El número de briquetas a fabricar es de 64, calculado de la siguiente manera.

CONCRETO CONVENCIONAL

FACTOR

% VIDRIO	=	0%				1
F´C	=	210 kg/cm2				1
A/C	=	Trabajable				1
PERIODOS	=	7	14	21	28	4
N° MUESTRAS DE ENSAYO	= 4					4

CONCRETO EMPLEANDO VIDRIO MOLIDO

						FACTOR
% VIDRIO	=	5%	10%	15%		3
A/C	=	Trabajable				1
PERIODOS	=	7	14	21	28	4
N° MUESTRAS DE ENSAYO	= 4					4

N° BRIQUETAS = 1 X 1 X 1 X 4 X 4 = 16 Briquetas

N° BRIQUETAS = 3 X 1 X 4 X 4 = 48 Briquetas

N° BRIQUETAS TOTALES = 64 Briquetas

3.7. PROCESAMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales de la facultad de ingeniería civil de la universidad Santiago Antúnez de Mayólo mediante pruebas y ensayos de laboratorio a comprensión del concreto empleando vidrio reciclado como un remplazo en porcentaje del cemento para la elaboración del elemento mencionado.

Analizar la resistencia a compresión del concreto al emplear vidrios reciclados molidos en reemplazo del cemento, mediante probetas de concreto simples elaborados con diversos porcentajes como 5%, 10%, 15% de vidrio molido ocasionando una influencia en la resistencia a la compresión de probetas de concreto mediante pruebas y ensayos de laboratorio.

3.8. ANÁLISIS DE DATOS

3.8.1. ENSAYO DE LOS AGREGADOS EN LABORATORIO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.

CANTERA: "RIO SECO - HUARMEY"

LABORATORIO: EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCION E.I.R.L

a. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (NORMA TÉCNICA PERUANA 400.012)

Se toma una muestra del agregado y es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

a.1 MÓDULO DE FINURA

AGREGADO FINO:

Peso = 764.2gr

%Ret. Acum. $(1\frac{1"}{2} + \frac{3"}{2} + \frac{3"}{4} + N°4 + N°8 + N°16 + N°30 + N°50 + N°100)$

Mf = 0+0+0+1+16+46+71+82+90

100

$\boldsymbol{Mf}$ = 3.06

a.2 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Agregado grueso: Peso=3807.0gr

T.M.N = ¾ “

olumna de tamices

Figura 0-2
Cantidad de agregado retenido en cada tamiz

a. CONTENIDO DE HUMEDAD (NORMA TÉCNICA PERUANA 339.185)

Determinar la cantidad de agua existente en cada uno de los agregados a emplear en la mezcla y que podría afectar a la mezcla Agregado grueso.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{húmedo} - \text{seco} \times 100}{\text{Seco}}$$

- % **de humedad** = 1.84

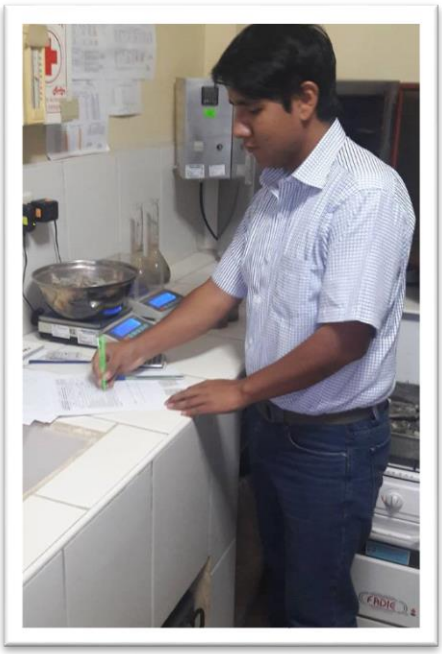

Figura 0-3
Muestra del agregado para el ensayo

Figura 0-4
Muestra en horno a una temperatura de 110°C.

b. PESOS UNITARIOS (NORMA TÉCNICA PERUANA 400.017)

Determinar el peso unitario seco suelto y compactado para poder desarrollar un diseño de mezcla adecuado.

c.1. PESO UNITARIO SECO Y SUELTO AGREGADO FINO

$$\textbf{Peso Unitario seco suelto} = \frac{4.288 \text{ Kg}}{0.002807 \text{ m}}$$

Peso Unitario seco suelto = 1530 Kg/m3

Agregado grueso

$$\text{Peso Unitario seco suelto} = \frac{15.163 \text{ Kg}}{0.009420 \text{ m3}}$$

Peso Unitario seco suelto = 1610 Kg/m3

c.2. PESO UNITARIO SECO Y COMPACTADO AGREGADO FINO

$$\text{Peso Unitario seco compactado} = \frac{4.828 \text{ Kg}}{0.002807 \text{ m3}}$$

Peso Unitario seco compactado = 1720 Kg/m3

Agregado grueso

$$\text{Peso Unitario seco compactado} = \frac{15.770 \text{ Kg}}{0.00942 \text{ m3}}$$

Peso Unitario seco compactado = 1670 Kg/m3

Figura 0-5
Recipiente para el ensayo de peso unitario

Figura 0-6
Primera capa de la muestra del agregado

PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (NORMA TÉCNICA PERUANA 339.022. Y 339.021)

Determinar el peso específico y % de absorción tanto del agregado grueso como del agregado fino de acuerdo a las normas técnicas peruanas nombradas.

Agregado Fino:

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{499.2}{673.3 + 504.8 - 984.3} = 2.57$$

$$\text{Absorción (\%)} = 1.0$$

PARA ESTA INVESTIGACIÓN SE UTILIZÓ CEMENTO SOL

De acuerdo a la ficha técnica de Cementos SOL (Cemento SOL TIPO I, 13 de febrero del 2015 se obtuvo su peso específico.

Tabla IV-1
Peso específico de cemento sol tipo I

DESCRIPCIÓN	RESULTADO
PESO ESPECIFICO	3.11

Fuente: Gutierrez 2003, 43.

DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO DE F'C = 210 KG/CM2 (Método del comité 211 del ACI)

ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (F 'CR)

f 'c = 210 _____ ; f 'c + 85 = f 'cr

$$\mathbf{f'cr = 295Kg/cm^2 \ldots\ldots(a)}$$

ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP)

Para la determinación de un concreto con resistencia de 210 Kg/cm2 para muros de contención utilizamos un asentamiento de 3" a 4".

SLUMP = (PLÁSTICA) 3" – 4"

SELECCIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

De acuerdo a los datos obtenidos en el ensayo de agregados:

Tamaño Máximo Nominal = ¾"

ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

Aire incorporado = 2%

Estimación de agua = 205 Lt/m3

ELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C) (ASTM C39)

Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto para poder encontrar la relación agua/cemento interpolamos los datos que necesitamos, mostrados en la tabla II-2

$$\frac{300 - 250}{0{,}55 - 0{,}62} = \frac{294 - 250}{x - 0{,}62}$$

$$\frac{50}{-0{,}07} = \frac{44}{x - 0{,}62}$$

$$(x - 0{,}62)(50) = (44)\ (-0{,}07)$$

Relación agua/cemento = 0,56

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

$$\text{Contenido de cemento Kg/m3} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado}}{\text{lts/ m3 relación a/c (para f 'cr)}}$$

$$\text{Contenido de cemento Kg/m3} = \frac{205\ \text{lts/m3}}{0{,}56}$$

- Contenido de cemento Kg/m3 = 366,07 Kg/m3
- Factor cemento = 8,613 BlS

$$\text{Volumen de cemento m3} = \frac{\text{contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento (Kg/m3)}}$$

$$\text{Volumen de cemento m3} = \frac{366{,}07\ \text{Kg}}{3110\ \text{Kg/m3}}$$

- Volumen de cemento (m3) = 0,117

ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DEL AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

Método del comité 211 del ACI

Una vez obtenido b / b_o , procedemos a calcular la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cubico de concreto, de la siguiente manera:

- $\frac{b}{bo} = 0{,}596$

$$\text{Peso seco del A. grueso Kg/m3} = \frac{b}{bo}(\text{P. U. compactado del A. grueso})$$

Peso seco del A. grueso (Kg/m3) = 0,596(1670)

Peso seco del A. grueso (Kg/m3) = 996 Kg/m3

Entonces los volúmenes de los agregados grueso y fino serán:

$$\text{Volumen del A. grueso (m3)} = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

Volumen del A. grueso (m3) = 2.80 x 1000

Volumen del A. grueso (m^3) = 0,355m^3... (h.2) 0,308m^3... (h.3)

Volumen del A. fino (m3) = 1 − (Vol. agua + Vol. aire + Vol. cemento + Vol. A. grueso)

Volumen del A. fino (m3) = 1 − (0,205 + 0,02 + 0,117 + 0,355)

Volumen del A. fino (m^3) = 0.303

Por consiguiente el peso seco del agregado fino será:

Peso seco del A. fino (Kg/m3) = (Vol. A. fino) x (P. específico del A. fino) Peso seco del A. fino (Kg/m3) = (0,308) x (2.570) x (1000)

Peso seco del A. fino (Kg/m^3) = 793 Kg/m^3

AJUSTE POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN

Agregado Grueso

- ✓ Húmeda: $\%W_g$
- ✓ % Absorción: $\%A_g$

Agregado Fino

- ✓ Húmeda: $\%W_f$
- ✓ % Absorción: $\%A_f$

Pesos de agregados húmedos

- Peso del A. grueso húmedo (Kg) = 1000,0836 Kg

Peso del A. grueso húmedo (Kg) = (Peso A. G. seco)x$\left(1 + \frac{\% Wg}{100}\right)$

Peso del A. grueso húmedo (Kg) = (996)x$\left(1 + \frac{0.41}{10}\right)$

- Peso del A. fino húmedo (Kg) = 807,8291 Kg

Peso del A. fino húmedo (Kg) = (Peso A. F. seco) x $\left(\frac{1 + \%Wg}{100}\right)$

Peso del A. fino húmedo (Kg) = (793) x $\left(\frac{1 + 1.87}{100}\right)$

Agua Efectiva

Agua en A. grueso = (Peso A. G. seco) x $\left(\frac{\%Wg - \%Ag}{100}\right)$

Agua en A. grueso = (996,00) x $\left(\frac{0.41-1.00}{100}\right)$

Agua en A. grueso = -5,88

Agua en A. fino = (Peso A. F. seco) x $\left(\frac{\% Wg-\%Ag}{100}\right)$

Agua en A. fino = (793.00) x $\left(\frac{1,87 – 1,10}{100}\right)$

Agua en A. fino = 6,11

Agua efectiva (Lts) = Agua de diseño – (Agua en A. fino + Agua en A. grueso)

Agua efectiva (Lts) = 205 – (6,11 + -5,88)

Agua efectiva (Lts) = 204.77 = 205 Lts

CÁLCULO DE PROPORCIONES EN PESO

Al diseño de mezcla se le adiciona un porcentaje mínimo de vidrio molido.

CEMENTO: AGREGADO FINO: AGREGADO GRUESO: VIDRIO/AGUA

Galería de fotos de mezcla de concreto f'c = 210kg/cm2 adicionando un porcentaje mínimo de vidrio molido.

Figura 0-7
Muestra de vidrio molido

Figura 0-8
adicionando el vidrio molido a la mescla . del concreto

Figura 0-9
Probetas para el ensayo a compresión

Figura 0-10
Realizando el ensayo a compresión del concreto.

Figura 0-11
Resistencia del ensayo a compresión

3.8.2. TECNICA DE ANÁLISIS DE DATOS

En esta investigación se aplicó la Distribución T de Student para comparar los resultados a compresión del concreto convencional y el concreto con

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

porcentajes de vidrio molido como remplazo del cemento mediante tablas que veremos a continuación con respecto a las edades establecías del concreto para realizar el ensayo.

Dónde:

T = Valor estadístico de la prueba t de student

$\bar{X}_1$, = Valor promedio del grupo 1, resistencia a comprensión del concreto convencional obtenida en el ensayo a compresión en el laboratorio.

$\bar{X}_2$ = Valor promedio del grupo 2, resistencia a compresión del concreto con cierto porcentaje de vidrio como remplazo del cemento obtenido en el ensayo a comprensión en el laboratorio.

σ_p = Desviación estándar ponderada de ambos grupos.

N_1 = Tamaño de la muestra del grupo 1

N_2 = Tamaño de la muestra del grupo 2

Ecuación para obtener la desviación estándar ponderada.

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{SC_1 + SC_2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

Dónde:

σ_p = Desviación estándar ponderada

Sc = Suma de cuadrados de cada grupo

N = Tamaño de la muestra 1 y 2.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Tabla IV-1
resultados del ensayo a la comprensión del concreto convencional

RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESION CONCRETO CONVENCIONAL						
ITEM	N° DE PROBET	FECHA		EDAD DIAS	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	COMPRESION Kg/cm2
		MOLDEO	ROTURA			
1	M-1	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CONVENCIONAL	187.52
2	M-2	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CONVENCIONAL	187.34
3	M-3	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CONVENCIONAL	188.64
4	M-4	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CONVENCIONAL	186.24
5	M-5	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CONVENCIONAL	238.14
6	M-6	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CONVENCIONAL	237.16
7	M-7	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CONVENCIONAL	237.93
8	M-8	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CONVENCIONAL	237.84
9	M-9	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CONVENCIONAL	274.68
10	M-10	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CONVENCIONAL	274.75
11	M-11	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CONVENCIONAL	274.15
12	M-12	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CONVENCIONAL	274.16
13	M-13	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CONVENCIONAL	301.26
14	M-14	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CONVENCIONAL	301.24
15	M-15	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CONVENCIONAL	302.13
16	M-16	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CONVENCIONAL	301.36

Tabla V-2
resultados del ensayo a la comprensión del concreto con 5% de vidrio molido

RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESION CONCRETO CON 5% DE VIDRIO MOLIDO						
ITEM	N° DE PROBET	FECHA		EDAD DIAS	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	COMPRESION Kg/cm2
		MOLDEO	ROTURA			
1	M-1	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	189.13
2	M-2	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	188.29
3	M-3	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	188.1
4	M-4	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	187.8
5	M-5	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	239.15
6	M-6	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	238.34
7	M-7	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	238.27
8	M-8	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	238.54
9	M-9	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	279.34
10	M-10	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	279.64
11	M-11	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	280.29
12	M-12	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	276.67
13	M-13	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	320.59
14	M-14	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	321.35
15	M-15	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	325.19
16	M-16	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	324.58

Tabla IV-3
resultados del ensayo a la comprensión del concreto con 10% de vidrio molido

RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESION CONCRETO CON 10% DE VIDRIO MOLIDO						
ITEM	N° DE PROBET	FECHA		EDAD DIAS	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	COMPRESION Kg/cm2
		MOLDEO	ROTURA			
1	M-1	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	187.44
2	M-2	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	188.27
3	M-3	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	188.4
4	M-4	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	187.85
5	M-5	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	236.94
6	M-6	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	236.27
7	M-7	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	237.33
8	M-8	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	237.48
9	M-9	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	275.64
10	M-10	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	274.49
11	M-11	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	274.75
12	M-12	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	274.49
13	M-13	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	310.67
14	M-14	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	309.39
15	M-15	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	310.28
16	M-16	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	309.16

Tabla IV-4
resultados del ensayo a la comprensión del concreto con 15% de vidrio molido

RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESION CONCRETO CON 15% DE VIDRIO MOLIDO						
ITEM	N° DE PROBET	FECHA		EDAD DIAS	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	COMPRESION Kg/cm2
		MOLDEO	ROTURA			
1	M-1	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	186.15
2	M-2	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	185.82
3	M-3	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	185.92
4	M-4	27/04/2017	04/05/2017	7	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	185.37
5	M-5	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	233.28
6	M-6	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	234.54
7	M-7	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	234.75
8	M-8	27/04/2017	11/05/2017	14	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	234.1
9	M-9	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	270.34
10	M-10	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	270.27
11	M-11	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	269.34
12	M-12	28/04/2017	19/05/2017	21	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	268.29
13	M-13	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	288.25
14	M-14	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	287.98
15	M-15	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	288.35
16	M-16	28/04/2017	26/05/2017	28	CONCRETO CON 15% DE VIDRIO	288.05

4.2. ANÁLISIS DE DATOS

4.2.1 ANÁLISIS DE DATOS DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN COMPARADO CON EL CONCRETO CONVENCIONAL

Tabla IV-5
resumen de resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal y un concreto con 5% por vidrio molido como remplazo del cemento

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	187.52	189.13	0.085	0.007225	0.8	0.64
2	187.34	188.29	-0.095	0.009025	-0.04	0.0016
2	188.64	188.1	1.205	1.452025	-0.23	0.0529
4	186.24	187.8	-1.195	1.428025	-0.53	0.2809
promedio	187.435	188.33	Sc1	2.8963	Sc2	0.9754

X1 = resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal

X2 = resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 2.8963

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 0.9754

Luego:

σ_p = 3.02929035

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = -0.41782761

- El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 7 días entre un concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 7 días entre un concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: $P < 0.05$; entonces: H_1 es verdadero $P > 0.05$; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.25

Por consiguiente, se determina que no existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 7 días del concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla IV-6
resumen de resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal y un concreto con 10% por vidrio molido como remplazo del cemento

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	187.52	187.44	0.085	0.007225	-0.55	0.3025
2	187.34	188.27	-0.095	0.009025	0.28	0.0784
2	188.64	188.4	1.205	1.452025	0.41	0.1681
4	186.24	187.85	-1.195	1.428025	-0.14	0.0196
promedio	187.435	187.99	Sc1	2.8963	Sc2	0.5686

X1 =Resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal

X2 = Resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 2.8963

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 0.5686

Luego:

σ_p= 2.99553

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = -0.26201992

- El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

  H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 7 días entre un concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

  H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 7 días entre un concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

  Si: $P < 0.05$; entonces: H_1 es verdadero $P > 0.05$; entonces: H_0 es aceptado

  Entonces el valor de P = 0.25

  Por consiguiente, se determina que no existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 7 días del concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

  Cuadro de resumen de resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla IV-7
resumen de resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	187.52	186.15	0.085	0.007225	0.335	0.112225
2	187.34	185.82	-0.095	0.009025	0.005	2.5E-05
2	188.64	185.92	1.205	1.452025	0.105	0.011025
4	186.24	185.37	-1.195	1.428025	-0.445	0.198025
promedio	187.435	185.815	Sc1	2.8963	Sc2	0.3213

X1 = Resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto normal

X2 = resistencia a la compresión a los 7 días de un concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 2.8963

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 0.3213

Luego:

σ_p= 2.9896116

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = 0.770113954

- El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 7 días entre un concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 7 días entre un concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: $P < 0.05$; entonces: H_1 es verdadero $P > 0.05$; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.25

Por consiguiente, se determina que no existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 7 días del concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla IV-8
resumen de resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto normal y un concreto con 5% por vidrio molido como remplazo del cemento

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	238.14	239.15	0.3725	0.13875625	0.575	0.330625
2	237.16	238.34	-0.6075	0.36905625	-0.235	0.055225
2	237.93	238.27	0.1625	0.02640625	-0.305	0.093025
4	237.84	238.54	0.0725	0.00525625	-0.035	0.001225
promedio	237.7675	238.575	Sc1	0.539475	Sc2	0.4801

X1 = resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto normal

X2 = resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 0.539475

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 0.4801

Luego:

σ_p= 1.36325896

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = -0.83768197

- El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 14 días entre un concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 14 días entre un concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: $P < 0.05$; entonces: H_1 es verdadero $P > 0.05$; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.22

Por consiguiente se determina que no existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 14 días del concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento

Tabla IV-9
resumen de resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto normal y un concreto con 10% por vidrio molido como remplazo del cemento.

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 x1prom)2
1	238.14	236.94	0.3725	0.13875625	-0.065	0.004225
2	237.16	236.27	-0.6075	0.36905625	-0.735	0.540225
2	237.93	237.33	0.1625	0.02640625	0.325	0.105625
4	237.84	237.48	0.0725	0.00525625	0.475	0.225625
Promedio	237.767	237.005	Sc1	0.539475	Sc2	0.8757

X1 = resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto normal

X2 = resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 0.539475

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 0.8757

Luego:

σ_p = 1.43397176

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = 0.75199378

El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 14 días entre un concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 14 días entre un concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: $P < 0.05$; entonces: H_1 es verdadero $P > 0.05$; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.25

Por consiguiente, se determina que no existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 14 días del concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla IV-10

resumen de resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento.

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	238.14	233.28	0.3725	0.13875625	-0.8875	0.787656
2	237.16	234.54	-0.6075	0.36905625	0.3725	0.138756
2	237.93	234.75	0.1625	0.02640625	0.5825	0.339306
4	237.84	234.1	0.0725	0.00525625	-0.0675	0.004556
Promedio	237.767	234.167	Sc1	0.539475	Sc2	1.270275

X1 = resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto normal.

X2 = resistencia a la compresión a los 14 días de un concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 0.539475

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 0.1270275

Luego:

σ_p = 1.50118703

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = 3.39142873

El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 14 días entre un concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 14 días entre un concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: $P < 0.05$; entonces: H_1 es verdadero $P > 0.05$; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.025

Por consiguiente, se determina que existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 14 días del concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla IV-11
resumen de resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto normal y un concreto con 5% por vidrio molido como remplazo del cemento.

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2-x2prom)	(x1-x1prom)2
1	274.68	279.34	0.245	0.060025	0.355	0.126025
2	274.75	279.64	0.315	0.099225	0.655	0.429025
3	274.15	280.29	-0.285	0.081225	1.305	1.703025
4	274.16	276.67	-0.275	0.075625	-2.315	5.359225
Promedio	274.435	278.985	Sc1	0.3161	Sc2	7.6173

X1 = resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto normal

X2 = resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 0.3161

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 7.6173

Luego:

σ_p = 2.18104333

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = -2.9502723

El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 21 días entre un concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 21 días entre un concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: P < 0.05; entonces: H_1 es verdadero P > 0.05; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.025

Por consiguiente, se determina que existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 21 días del concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla IV-12
resumen de resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto normal y un concreto con 10% por vidrio molido como remplazo del cemento.

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	274.68	275.64	0.245	0.060025	0.7975	0.63600625

2	274.75	274.49	0.315	0.099225	-0.3525	0.12425625
2	274.15	274.75	-0.285	0.081225	-0.0925	0.00855625
4	274.16	274.49	-0.275	0.075625	-0.3525	0.12425625
Promedio	274.435	274.8425	Sc1	0.3161	Sc2	0.893075

X1 = resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto normal

X2 = resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 0.3161

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 0.893075

Luego:

σ_p = 1.18103239

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = -0.48795616

El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 21 días entre un concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 21 días entre un concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: P < 0.05; entonces: H_1 es verdadero P > 0.05; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.01

Por consiguiente se determina que existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 21 días del concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla IV-13
resumen de resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento.

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	274.68	270.34	0.245	0.060025	0.78	0.6084
2	274.75	270.27	0.315	0.099225	0.71	0.5041
2	274.15	269.34	-0.285	0.081225	-0.22	0.0484
4	274.16	268.29	-0.275	0.075625	-1.27	1.6129
promedio	274.435	269.56	Sc1	0.3161	Sc2	2.7738

X1 = Resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto normal

X2 = Resistencia a la compresión a los 21 días de un concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 0.3161

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 2.7738

Luego:

σ_p = 1.52813612

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = 4.51156872

El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 21 días entre un concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 21 días entre un concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: $P < 0.05$; entonces: H_1 es verdadero $P > 0.05$; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.0005

Por consiguiente se determina que existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 21 días del concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	301.26	320.59	-0.2375	0.05640625	-2.3375	5.46390625
2	301.24	321.35	-0.2575	0.06630625	-1.5775	2.48850625

3	302.13	325.19	0.6325	0.40005625	2.2625	5.11890625
4	301.36	324.58	-0.1375	0.01890625	1.6525	2.73075625
promedio	301.4975	322.9275	Sc1	0.541675	Sc2	15.802075

Tabla V-14

resumen de resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal y un concreto con 5% por vidrio molido como remplazo del cemento.

X1 = resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal

X2 = resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 0.541675

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 15.802075

Luego:

σ_p = 3.086432

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = -9.81929834

El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 28 días entre un concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 28 días entre un concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: P < 0.05; entonces: H_1 es verdadero P > 0.05; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.0005

Por consiguiente, se determina que existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto normal y el concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla IV-15
resumen de resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal y un concreto con 10% por vidrio molido como remplazo del cemento.

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	301.26	310.67	-0.2375	0.05640625	0.795	0.632025
2	301.24	309.39	-0.2575	0.06630625	-0.485	0.235225
2	302.13	310.28	0.6325	0.40005625	0.405	0.164025
4	301.36	309.16	-0.1375	0.01890625	-0.715	0.511225
Promedio	301.4975	309.875	Sc1	0.541675	Sc2	1.5425

X1 = Resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal

X2 = Resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 0.541675

Suma de cuadro 2 (Sc2) = 1.5425

Luego:

σ_p = 1.54799063

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = -7.65351796

El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 28 días entre un concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 28 días entre un concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: $P < 0.05$; entonces: H_1 es verdadero $P > 0.05$; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.005

Por consiguiente, se determina que existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto normal y el concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla 12. Cuadro de resumen de resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento.

Tabla IV-16
resumen de resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal y un concreto con 15% por vidrio molido como remplazo del cemento.

N°	X1	X2	(X1-Xprom1)	(x1 - x1prom)2	(x2 - x2prom)	(x1 - x1prom)2
1	301.26	288.25	-0.2375	0.05640625	0.0925	0.00855625
2	301.24	287.98	-0.2575	0.06630625	-0.1775	0.03150625
2	302.13	288.35	0.6325	0.40005625	0.1925	0.03705625
4	301.36	288.05	-0.1375	0.01890625	-0.1075	0.01155625
promedio	301.4975	288.1575	Sc1	0.541675	Sc2	0.088675

X1 = resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto normal

X2 = resistencia a la compresión a los 28 días de un concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

N1 = 4

N2 = 4

Suma de cuadro 1 (Sc1) = 0.541675 Suma de cuadro 2 (Sc2) = 0.088675

Luego:

σ_p= 1.29203812

Ahora se desarrolla la ecuación T:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

T = 14.6014337

El grado de confiabilidad será del 95 % y un grado de libertad de 3.

H_1 = Existe diferencia de resistencia a la compresión a los 28 días entre un concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

H_0 = No existe diferencia de resistencia a la compresión a los 28 días entre un concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

Si: $P < 0.05$; entonces: H_1 es verdadero $P > 0.05$; entonces: H_0 es aceptado

Entonces el valor de P = 0.0005

Por consiguiente, se determina que existe diferencia significativa entre la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto normal y el concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento.

4.2.2 ANÁLISIS DE DATOS DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN COSTOS DE FABRICACIÓN COMPARADO CON EL CONCRETO CONVENCIONAL

Se debe considerar que para el diseño y la elaboración del concreto en obra lo óptimo es obtener un material en buenas condiciones respecto a su calidad de resistencia a la compresión al menor costo de inversión.

Se realizó el análisis de costos unitarios de materiales (en Nuevos soles) a utilizarse por metro cubico de concreto para cada una de las dosificaciones.

Es importante hacer mención que los análisis de precios unitarios del concreto para cada una de las dosificaciones estudiadas son de manera referencial ya que los precios de los materiales tienden a variar con el paso del tiempo

- ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON 5%, 10%, 15% DE VIDRIO MOLIDO COMO REMPLAZO DEL CEMENTO EN PESO

Tabla IV-17

Análisis de costos unitarios para la elaboración de 1m3 de concreto convencional con resistencia fc=210 Kg/ cm3.

Rendimiento	m3/DIA	MO.	10.000	EQ.	10.000	
Descripción Recursos		Unid.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OPERARIO		hh	1.000	0.8000	17.17	13.736
OFICIAL		hh	1.000	0.8000	14.56	11.648
PEON		hh	8.000	6.4000	13.11	83.904
						109.288
Materiales						
PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		0.3200	45.00	14.40
AGUA		m3		0.3000	0.85	0.255
ARENA GRUSA		m3		0.2700	35.00	9.45
CEMENTO PORTLAND TIPO I		bol		8.6100	17.80	153.258
						177.363
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	121.97	3.66
MESZCLADORA DE CONCRETO		hm	0.500	0.4000	25.00	10
						13.66
					costo unitario directo por: m3	300.311

Tabla IV-18

Análisis de costos unitarios para la elaboración de 1m3 de concreto con 5% de vidrio molido como remplazo del cemento en peso , con resistencia fc=210 Kg/ cm3.

Rendimiento	m3/DIA	MO.	10.000	EQ.	10.000	
Descripción Recursos		Unid.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OPERARIO		hh	1.000	0.8000	17.17	13.736
OFICIAL		hh	1.000	0.8000	14.56	11.648
PEON		hh	8.000	6.4000	13.11	83.904
						109.288
Materiales						
PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		0.3200	45.00	14.40
AGUA		m3		0.3000	0.85	0.255
ARENA GRUSA		m3		0.2700	35.00	9.45
CEMENTO PORTLAND TIPO I		bol		8.1800	17.80	145.604
5% VIDRIO MOLIDO		KG		18.3000	0.6500	11.895
						181.604
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	121.97	3.66
MESZCLADORA DE CONCRETO		hm	0.500	0.4000	25.00	10
						13.66
					costo unitario directo por: m3	304.552

Tabla IV-19

Análisis de costos unitarios para la elaboración de 1m3 de concreto con 10% de vidrio molido como remplazo del cemento en peso , con resistencia fc=210 Kg/ cm3.

Rendimiento	m3/DIA	MO.	10.000	EQ.	10.000	
Descripción Recursos		Unid.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OPERARIO		hh	1.000	0.8000	17.17	13.736
OFICIAL		hh	1.000	0.8000	14.56	11.648
PEON		hh	8.000	6.4000	13.11	83.904
						109.288
Materiales						
PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		0.3200	45.00	14.40
AGUA		m3		0.3000	0.85	0.255
ARENA GRUSA		m3		0.2700	35.00	9.45
CEMENTO PORTLAND TIPO I		bol		7.7500	17.80	137.95
10% VIDRIO MOLIDO		KG		36.6000	0.6500	23.79
						185.845
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	121.97	3.66
MESZCLADORA DE CONCRETO		hm	0.500	0.4000	25.00	10
						13.66
					costo unitario directo por: m3	308.793

Tabla IV-20

Análisis de costos unitarios para la elaboración de 1m3 de concreto con 15% de vidrio molido como remplazo del cemento en peso , con resistencia fc=210 Kg/ cm3.

Rendimiento	m3/DIA	MO.	10.000	EQ.	10.000	
Descripción Recursos		Unid.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
OPERARIO		hh	1.000	0.8000	17.17	13.736
OFICIAL		hh	1.000	0.8000	14.56	11.648
PEON		hh	8.000	6.4000	13.11	83.904
						109.288
Materiales						
PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		0.3200	45.00	14.40
AGUA		m3		0.3000	0.85	0.255
ARENA GRUSA		m3		0.2700	35.00	9.45
CEMENTO PORTLAND TIPO I		bol		7.3200	17.80	130.296
15% VIDRIO MOLIDO		KG		54.9000	0.6500	35.685
						190.086
EQUIPOS						
HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	121.97	3.66
MESZCLADORA DE CONCRETO		hm	0.500	0.4000	25.00	10
						13.66
					costo unitario directo por: m3	313.034

- RESULTADOS DE LOS COSTOS DE FABRICACIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL CONCRETO CON 5%, 10%, 15% DE VIDRIO MOLIDO COMO REMPLAZO DEL CEMENTO EN PESO.

Tabla IV-21
Resumen de costos de fabricación del concreto convencional y el concreto con 5%, 10%, 15% de vidrio molido como remplazo de cemento en peso, en 1m3 de concreto fc=210 Kg/ cm3.

Descripción	Costo por m3 de concreto fc =210 Kg/cm3
Concreto convencional	300.311
Concreto con 5% de vidrio en peso sustituyendo al cemento	304.552
Concreto con 10% de vidrio en peso sustituyendo al cemento	308.793
Concreto con 15% de vidrio en peso sustituyendo al cemento	313.034

Tabla IV-22
Diferencia en el costos de fabricación del concreto convencional y el concreto con 5%, 10%, 15% de vidrio molido como remplazo de cemento en peso, en 1m3 de concreto fc=210 Kg/ cm3.

Descripción	Diferencia del costo con vidrio molido con el concreto convencional
Concreto con 5% de vidrio en peso sustituyendo al cemento	4.241
Concreto con 10% de vidrio en peso sustituyendo al cemento	8.482
Concreto con 15% de vidrio en peso sustituyendo al cemento	12.723

4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A los 28 días se observa que la resistencia del concreto convencional respecto al concreto con 15 % de vidrio molido como remplazo del cemento de acuerdo a la distribución t student es significativa siendo de mayor que la resistencia del concreto convencional pero el concreto con 5 % de vidrio molido tiene una

mayor resistencia a compresión significativa respecto a los concretos con 10% y 15% de vidrio molido de acuerdo con la distribución t student por lo tanto este mismo supera a la resistencia del concreto convencional, lo cual nos da un parámetro de remplazo de cemento por vidrio molido que de acuerdo con esta investigación es como máximo remplazar 5% de vidrio molido por cemento ,si bien es cierto que esta investigación coincide con otras investigaciones donde indican que el vidrio molido brinda una mayor resistencia a la comprensión en el concreto donde Catalan en su investigación de la; "influencia que tiene el vidrio en hormigones de diversos grados de resistencia (H15, H20 y H30)"nos dice que con 10 % de vidrio molido como remplazo del cemento se logra su resistencia máxima.

A diferencia de Nasssar que en su investigación usó un rango de 15% a 23% cuyos resultados han sido considerablemente positivos obteniendo su máxima resistencia cuando se remplaza en 20% vidrio por cemento.

Por otro lado Castillo en su investigación obtuvo su máxima resistencia cuando logro remplazar en 25% de vidrio por cemento además Hidalgo y Calderón en sus investigaciones obtuvieron resultados positivos en la comprensión cuando se remplazó de 15% a 20% de vidrio por cemento pero a diferencias de las investigaciones mencionadas esta investigación se logra dar un rango de estimación de cuanto porciento de vidrio molido es óptimo para remplazarlo por cemento portland obteniendo una resistencia más alta que el concreto convencional

En el marco teórico se hizo mención de la composición del cemento portland uno de ellos siendo el silicato tricíclico y el silicato dicálcico a la vez estos elementos son componentes de los vidrios sódicos los cuales fueron reciclados para esta investigación donde se asume que tuvieron un roll importante en la resistencia del concreto con porcentajes de vidrio molido.

Castillo en sus investigaciones reconoce que usar el vidrio reciclado de la isla en estudio como los materiales de construcción ayuda a minimizar el impacto ambiental lo cual también es meta de esta investigación reducir el impacto ambiental

El costo de fabricación del concreto con 5% ,10% ,15% de vidrio molido como remplazo del cemento fueron mayores que el concreto convencional a pesar del usó material reciclado sin costo alguno como remplazo del cemento sol tipo I, pero a la vez viene a ser beneficioso para el impacto ambiental y sus efectos que viene sufriendo el país lo cual fue expuesto en el marco teórico y en la justificación del problema siendo cada vez mayor debido a su producción en masa del cemento portland ,con lo cual esta investigación ha buscado una alternativa para disminuir en impacto ambiental que se viene desarrollando.

Respecto al costo de fabricación para un metro cubico de concreto convencional y de concreto con porcentajes de 5%, 10%, 15% vidrio molido como remplazo del cemento en peso, se obtuvo un mayor costo a lo que respecta al concreto con porcentajes de vidrio molido en todos sus porcentajes estudiados según la Tabla V-17 lo que no se esperaba en dicha investigación, pero sin embargo el uso del vidrio reciclado sería muy benéfico y un gran aporte para el medio ambiente, disminuyendo agentes contaminantes del efecto invernadero , y a la vez disminuiríamos también la producción del cemento que es un gran contaminante que se hizo mención en la situación problemática y en el marco teórico.

CONCLUSIONES

- Existe influencia significativa en la resistencia a la compresión del concreto a los 21 días, empleando vidrio molido, con proporción del 5% como reemplazo del cemento

- Existe influencia significativa en la resistencia a la compresión del concreto a los 21 días, empleando vidrio molido, con proporción del 10% como reemplazo del cemento

- Existe influencia significativa en la resistencia a la compresión del concreto a los 14 días, empleando vidrio molido, con proporción del 15% como reemplazo del cemento

- No existe influencia significativa en costos de fabricación siendo que empleando vidrio molido con 5%, 10% y 15% el precio levemente aumente en un 1.52% ,3.04 %,4.56% que el concreto convencional

RECOMENDACIONES

Para obtener resultados más exactos se recomienda ampliar la investigación haciendo ensayos a comprensión del concreto con porcentaje de vidrio molido de una progresión aritmética de 1 hasta llegar al 15 % con un tamaño muestra más grande para ver la significancia probabilística que existe.

De acuerdo con esta investigación seria recomendable remplazar el cemento con vidrio molido hasta un porcentaje de rango no mayor al 5% y así ayudar al medio ambiente del calentamiento global usando materiales reciclados para la elaboración del concreto convencional.

A pesar de obtener ligeramente un incremento en el costo de fabricación mencionada en la investigación de concreto con 5%, 10% y 15% de vidrio molido como remplazo de cemento en peso, respecto al concreto convencional sería beneficioso para el medio ambiente dado que el vidrio y la producción del cemento son contaminantes activos para el medio ambiente

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Astm International Compresión.(2017).método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto astm c39. Editorial Board

Astm International Compresión. (2015).practica normalizada para la preparación y curado de concreto en la obra astm c31. Editorial Board

Bellis, M. (2009). The history of concret and cement, recuperado de: http://inventors.about.com/library/inventors/blconcrete.htm, consultado el 16 de agosto de 2011.

C. Catalán.(2013). "Estudio de la Influencia del Vidrio Molido en Hormigones Grado H15, H20 y H30." Tesis de título, Ingeniero Civil en Obras Civiles, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Cembureau.(2009). Cembureau global cement report. Recuperado de: https://cembureau.eu/

Cementos Bio Bio. (2012). Cementos, fabricación y clasificación. Recuperado de: http://www.humphreys.cl/resources/uploads/2016-06/informe-cementos-bio-bio-mayo-2016-anual-y-cambio-tendencia.pdf

Castillo. M. (2010). Investigación de la Utilización del Vidrio Molido como Material de Construcción y Técnicas Constructivas. Isla Santa Cruz, Galápagos Ecuador. Editorial World Wildlife Fund (WWF)

Diario Uno. (2016). Suben precios de materiales de construcción. Recuperado de http://diariouno.pe/2016/02/03/suben-precios-de-materiales-de-construccion/

D. Hidalgo y R. Calderón.(2013) "Obtención de Adoquines Fabricados Con Vidrio Reciclado como Agregado." Tesis de Título, Ing. Mecánico, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

García y Morales, (2014).Análisis de la Resistencia a la Compresión de un Concreto Fc=250 kgf/cm1 Sustituyendo 20% de Cemento por Vidrio Molido, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela

Gutiérrez, L.L. (2003) El concreto y otros materiales para la construcción.Recuperado de:http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/5/9589322824_Parte1.pdf

INDECOPI. (2013). Norma Técnica Peruana ntp 400.017. Lima, Perú. Editorial INDECOPI

INDECOPI. (2013). Norma Técnica Peruana ntp 334.051. Lima, Perú. Editorial INDECOPI

INDECOPI. (2013). Norma Técnica Peruana ntp 400.012. Lima, Perú. Editorial INDECOPI

INDECOPI. (2013). Norma Técnica Peruana ntp 339.185. Lima, Perú. Editorial INDECOPI

INDECOPI. (2013). Norma Técnica Peruana ntp 400.018. Lima, Perú. Editorial INDECOPI

INDECOPI. (2015) Norma Técnica Peruana ntp 339.034. Lima, Perú. Editorial INDECOPI

Mari, E. (1995). Ecology: Glass recycling and environmental pollution. Glass machinery plants and accessories. Milan, Italia.

Meyer. C. (2008).Recycled materials in concrete. En: MINDESS, S.2008.Developments in the formulation and reinforcement of concrete. Inglaterra. Publishing Woodhead Limited.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). Reglamento nacional de edificación e.060, estructuras. Lima, Perú. Editorial Ministerio de Vivienda Ministerio de Vivienda (2008). Norma Chilena Oficial inn, nch148of.1968, cemento –terminología, clasificación y especificaciones. Santiago de Chile, Chile. Editorial Ministerio de Vivienda

Nassar. D. (2016).”Strength and durability of recycled aggregate concrete containing milled glass as partial replancement for cement”.Construcion and Building Materials J.

Parviz. S. (2016). “Towards Broad use of Recycled Glass Concrete on MSU Campus.” Recuperado de: http: //www.blackbeautyabrasives.com/admin /resources/msu-study-recycled-glass-as-a-cement-replacement.pdf

Porrero, Jiménez, Ramos, Graces y Velazco (1996), Manual del Concreto Estructural. Caracas. Editorial Pag Marketing Soluciones

Roz, D. N. , Parviz S. (2011). “Strength and durability of recycled aggregate concrete containing milled glass as partial replacement for cement.” Editorial Construction and Building Materials J.

Sánchez, D. (2010). Tecnología del Concreto y del Mortero. Bogotá. Editorial Lee Lemoine Editores

Universidad Rafael Belloso Chacin. (2009). Centro de investigación de ciencias administrativas gerenciales volumen 6. Venezuela.

Unesco. (2016). Servicio de prensa: consultado 15 de junio de 2016. Recuperado de: http://www.unesco.org/new/es/media-services/

ANEXOS

ANEXO A: Análisis Granulométrico

ANEXO B: Contenido de Humedad

ANEXO C: Peso Específico y Porcentaje de Absorción

ANEXO D: Peso unitario Suelto y Compactado

ANEXO E: Diseños de mezcla para concreto 210 kg/cm2 (concreto convencional

ANEXO F: Ensayo de resistencia a la compresión de concreto convencional y concreto con remplazo de cemento por porcentajes de vidrio molido.