

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

PROPUESTA DE MEJORA TÉCNICO ECONÓMICA PARA VIGAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Marcos Antonio Soto Bujaico

Asesor:

Mg. Ing. Julio Quesada Llanto

Lima - Perú

2021



DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a quienes se encargaron de guiarme por la senda de la vida, a quienes me apoyaron incondicionalmente y en especial va dedicado a nuestro creador Dios, quien siempre estuvo conmigo en cada instante de mi vida y por cuidar de las personas que hicieron posible mi existencia y mi felicidad; mis padres, hermanos esposa e hijas.

AGRADECIMIENTO

Hago extensivo mi más profundo agradecimiento a los docentes de esta prestigiosa casa de estudios, por forjar y enseñarme a ver la vida desde otro ángulo profesional, y a toda la familia UPN, por seguir formando profesionales calificados en bien del desarrollo de nuestro país.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
TABLA DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	84
CAPÍTULO III. RESULTADOS	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	¡Error! Marcador no definido.6
REFERENCIAS	¡Error! Marcador no definido.9
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición de los residuos sólidos urbanos en porcentaje peso y de acuerdo a tres estratos sociales de la población en San Salvador	22
Tabla 2: Propiedades Mecánicas del vidrio	55
Tabla 3: Propiedades físicas y mecánicas del vidrio	56
Tabla 4: Composición de distintos tipos de vidrio (% en peso)	59
Tabla 5: Tiempo de degradación de los residuos	63
Tabla 6: Consistencia y asentamientos	70
Tabla 7: Resistencia a la compresión promedio	71
Tabla 8: Requisitos granulométricos del agregado grueso	72
Tabla 9: Selección del asentamiento	73
Tabla 10: Volumen unitario de agua	74
Tabla 11: Contenido de aire atrapado	74
Tabla 12: Contenido de aire incorporado y total	75
Tabla 13: Relación agua/cemento por resistencia	76
Tabla 14: Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto	77
Tabla 15: Número de probetas ensayadas a compresión.	86
Tabla 16: Número de vigas ensayadas a flexión.	87

Tabla 17: CH% del Agregado Grueso	97
Tabla 18: CH% del Agregado Fino	98
Tabla 19: Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa	102
Tabla 20: Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa	104
Tabla 21: Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67	105
Tabla 22: Características físicas del Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67	107
Tabla 23: Datos de laboratorio y cálculo del volumen de agregados	110
Tabla 24: Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA	112
Tabla 25: Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa	114
Tabla 26: Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	115
Tabla 27: Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	117
Tabla 28: Datos de laboratorio	122
Tabla 29: Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA	124
Tabla 30: Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA	126
Tabla 31: Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	127
Tabla 32: Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	129
Tabla 33: Datos de laboratorio	132
Tabla 34: Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA	134

Tabla 35: Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 -	
ARENA GRUESA	136
Tabla 36: Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	137
Tabla 37: Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	139
Tabla 38: Datos de laboratorio	142
Tabla 39: Comparativo de los resultados a compresión entre el diseño patrón optimizado y el diseño vidrio molido reciclado 5%	144
Tabla 40: Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa	145
Tabla 41: Características físicas del Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67	146
Tabla 42: Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa	147
Tabla 43: Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	148
Tabla 44: Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 -	
ARENA GRUESA	149
Tabla 45: Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	150
Tabla 46: Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 -	
ARENA GRUESA	151
Tabla 47: Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	152
Tabla 48: Resultados de los ensayos a compresión a los 7 días	155

Tabla 49: Resultados de los ensayos a compresión a los 14 días	156
Tabla 50: Resultados de los ensayos a compresión a los 28 días	156
Tabla 51: Descriptivos	157
Tabla 52: Resultados de la prueba de Normalidad	160
Tabla 53: Resultados de la prueba de Homogeneidad	161
Tabla 54: Prueba de ANOVA	162
Tabla 55: Prueba hoc Tukey compresión a 7 días	163
Tabla 56: Prueba hoc Tukey compresión a 14 días	164
Tabla 57: Prueba hoc Tukey compresión a 28 días	165
Tabla 58: Cuadro resumen de pruebas	166
Tabla 59: Resultados de los ensayos a la flexión a los 7 días	167
Tabla 60: Resultados de los ensayos a la flexión a los 14 días	167
Tabla 61: Resultados de los ensayos a la flexión a los 28 días	168
Tabla 62: Comparativo de promedio de módulos de rotura a la flexión a los 28 días	168
Tabla 63: Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una viga experimental de concreto armado optimizado con 5% de fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	170
Tabla 64: Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una viga de concreto tradicional optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	172

Tabla 65: Comparativo ACU's entre viga experimental de concreto armado más 5% de fibra de vidrio reciclado molido con refuerzo de acero de 1/2", y viga de concreto tradicional con refuerzo de acero de 1/2" 174

Tabla 66: Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una columna experimental de concreto armado optimizado con 5% de fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2" 175

Tabla 67: Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una columna de concreto tradicional optimizado con refuerzo de acero de 1/2" 177

Tabla 68: Comparativo ACU's entre columna experimental de concreto armado más 5% de fibra de vidrio reciclado molido con refuerzo de acero de 1/2", y viga de concreto tradicional con refuerzo de acero de 1/2" 179

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Generación de residuos en Chile	15
Figura 2: Generación de residuos según origen por región	16
Figura 3: Consumo del vidrio en Colombia	19
Figura 4: Generación de residuos en Colombia	19
Figura 5: Botadero a cielo abierto donde se aprecian botellas de vidrio sin reciclar	20
Figura 6: Residuos sólidos domésticos en San Salvador	23
Figura 7: Manejo de residuos sólidos en Cusco	24
Figura 8: Generación de Residuos Sólidos (t / día)	26
Figura 9: Uso de Vidrio reciclado para elaboración de concreto	27
Figura 10: Resumen ámbito urbano, rural y la provincia de Arequipa	29
Figura 11: Desecho de botellas de vidrio en Lima	30
Figura 12: Composición Física de Residuos Sólidos en Lima	30
Figura 13: Micrografía del corte transversal de una barra de mortero con adición de vidrio	31
Figura 14: Estructura interna del vidrio y cristal	54
Figura 15: Factores que afectan a la durabilidad	56
Figura 16: Clasificación del vidrio	58
Figura 17: Objetos de vidrio de uso doméstico más comunes y 100% reciclables	61

Figura 18: Propiedades del concreto fresco	68
Figura 19: Determinación de la consistencia por el ensayo el cono de Abrams	69
Figura 20: Variables de la investigación	85
Figura 21: Características físicas.	89
Figura 22: Ensayos en el laboratorio MATESTLAB SAC	90
Figura 23: Vidrio reciclado preparado para ser molido	91
Figura 24: Selección, muestreo y pesado del vidrio reciclado molido	92
Figura 25: Obtención del contenido de humedad y absorción de los agregados	93
Figura 26: Elaboración del concreto con vidrio reciclado molido	100
Figura 27: Elaboración de probetas de concreto con vidrio reciclado molido	101
Figura 28: Elaboración de viguetas prismáticas armadas con adición de vidrio reciclado molido	101
Figura 29: Análisis granulométrico del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa	103
Figura 30: Análisis granulométrico del Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67	106
Figura 31: Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA	113
Figura 32: Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67	116

Figura 33: Análisis granulométrico de Agregado Fino ASTM C33 -	
ARENA GRUESA	125
Figura 34: Análisis granulométrico de Agregado grueso ASTM C33	
HUSO # 67	128
Figura 35: Análisis granulométrico de Agregado Fino ASTM C33 -	
ARENA GRUESA	135
Figura 36: Análisis granulométrico de Agregado grueso ASTM C33	
HUSO # 67	138
Figura 37: Diagrama de cajas a los 7 días	158
Figura 38: Diagrama de cajas a los 14 días	158
Figura 39: Diagrama de cajas a los 28 días	159
Figura 40: Comparativo de promedio de módulos de rotura a la flexión a los 28 días	169
Figura 41: Tipo de Viga Vs Costo	174
Figura 42: Tipo de Columna Vs Costo	179

RESUMEN

El objetivo general fue elaborar la propuesta de mejora técnico económica para vigas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Se utilizó la siguiente metodología: El tipo de investigación es aplicada, porque servirá como una técnica nueva para el desarrollo y elaboración de un concreto con adición de vidrio molido reciclado optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, permitiendo obtener materiales alternativos para vigas de concreto armado con propiedades mecánicas similares o mejores a los elementos estructurales convencionales y asimismo reducir el impacto medioambiental. La investigación realizada es de diseño experimental donde el tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia y al ser de nivel cuasi experimental, su población es lo mismo que la muestra, para lo cual se realizó la comparación y análisis porcentual de los resultados que arrojaron los ensayos realizados en el laboratorio. Asimismo, se ha utilizado el programa estadístico el IBM SPSS v25 la prueba de “T-Student” con un nivel de significancia del 5%, los cuales nos determinaron la fiabilidad del instrumento de investigación.

Por tanto, concluimos con un nivel de significancia del 5% que, existe evidencia suficiente para afirmar que a los 7, 14 y 28 días la influencia al añadir el 5% de vidrio reciclado molido resultó más eficiente que el diseño convencional, tanto en compresión y flexión. Asimismo, la optimización del costo por cada unidad cubica de concreto producido.

Palabras Clave: Vigas de concreto armado, reciclado de vidrio, optimización del costo, diseño de concreto armado.

ABSTRACT

The general objective was to elaborate the proposal of economic technical improvement for reinforced concrete beams with added recycled ground glass in a mixture design optimizing $f'c = 210$ kg / cm². It is a type of applied research, because it will serve as a new technique for the development and elaboration of concrete with the addition of recycled ground glass, optimizing $f'c = 210$ kg / cm², allowing to obtain alternative materials for reinforced concrete beams with similar mechanical properties. or better than conventional structural elements and also reduce the environmental impact. The research carried out is of experimental design where the type of sampling is non-probabilistic for convenience and being of a quasi-experimental level, its population is the same as the sample, for which the comparison and percentage analysis of the results that the tests carried out in the laboratory. Likewise, the statistical program the IBM SPSS v25 was used, the “T-Student” test with a significance level of 5%, which determined the reliability of the research instrument.

Therefore, we conclude with a significance level of 5% that there is sufficient evidence to affirm that at 7, 14 and 28 days the influence of adding 5% of ground recycled glass was more efficient than the conventional design, both in compression and flexion. Likewise, the optimization of the cost for each cubic unit of concrete produced.

Key Words: Reinforced concrete beams, glass recycling, cost optimization, reinforced concrete design.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

✧ *Enfoque Internacional*

- *Chile*

Desde un tiempo a esta parte, se han desarrollado investigaciones que apuntan a reducir el impacto que genera la industria del concreto en el medioambiente, particularmente mediante el uso de material reciclado como agregado para la preparación de hormigones a distintos niveles, principalmente el uso de cenizas volantes, escoria de altos hornos en fundiciones de acero, desechos de vidrio, neumáticos, plásticos en general y concreto proveniente de demoliciones, entre otros. (Catalán, 2013)



Figura 1: Generación de residuos en Chile

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente 2016

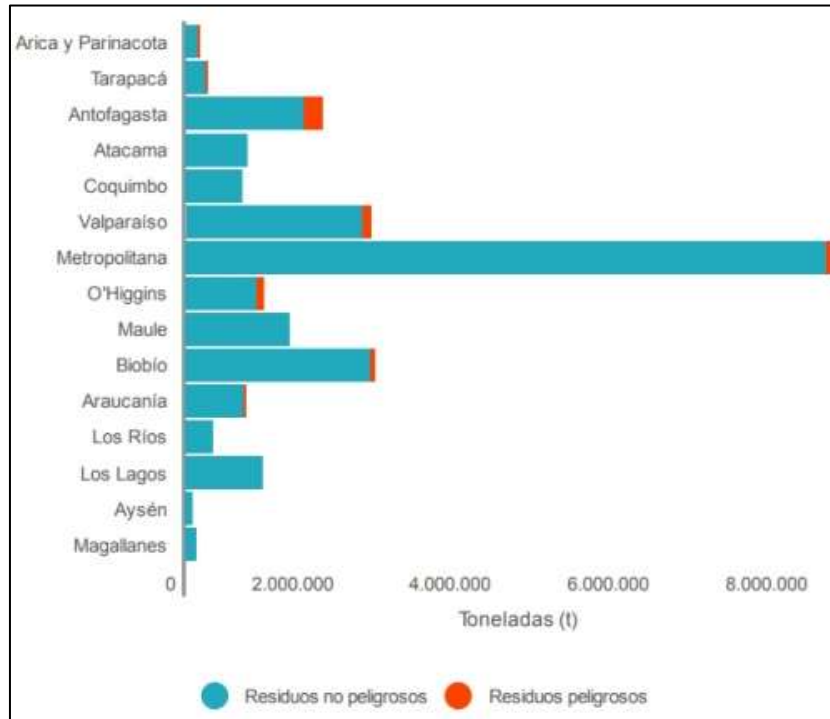


Figura 2: Generación de residuos según origen por región

Fuente: SINADER y SIDREP 2016

La extracción, transporte y tratamiento de materias primas, además del impacto medioambiental ocasionado, impulsa la búsqueda de alternativas para hacer sustentable la ejecución de proyectos de obras civiles en general. La ingeniería de materiales de construcción como rama de la ciencia es una disciplina que avanza día a día, en una constante búsqueda por tener mejores alternativas para dar solución a los distintos requerimientos del mercado. Se desea que las estructuras sean lo más resistentes posibles, que aseguren una determinada vida útil, y un óptimo desempeño de los materiales empleados, pero sin perder de vista la rentabilidad del proyecto, todo esto enmarcado en el ambiente en el cual nos desenvolvemos como sociedad. El hormigón es por lejos el material más utilizado en la construcción, debido a su buen comportamiento, cuando se diseña y se produce adecuadamente el hormigón presenta excelentes propiedades

mecánicas, en cuanto a resistencia a distintos esfuerzos, impactos, la acción del fuego, ambientes agresivos, etc.

Se estima que anualmente se producen en el mundo alrededor de 10 billones de toneladas de este material, lo que conlleva la utilización de recursos naturales no renovables, una demanda importante de energía, además de la emisión de gases de efecto invernadero. (Catalán, 2013)

Por ejemplo, la producción de una tonelada de cemento Pórtland, libera aproximadamente una tonelada de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. A nivel mundial, la industria del cemento aporta un 7% del CO₂ generado. Por otro lado, la disposición de los desechos producto de la demolición de estructuras de hormigón y residuos en general, añade otro problema medioambiental, constituyendo una fracción considerable de los desechos sólidos en países industrializados, por ello se va introduciendo al mercado la reutilización del vidrio de desecho, como un agregado no natural en el hormigón, considerándolo como un árido más, reemplazando una cantidad controlada de arena. (Catalán, 2013)

- ***Colombia***

Como bien es conocido dentro del ámbito de la ingeniería, el fin esencial de toda estructura cuando es construida, es soportar las cargas generadas por su propio peso y su uso, así como también resistir las sollicitaciones que se generan durante un evento sísmico, garantizando la seguridad para las personas que la ocupan.

El departamento de Risaralda no es ajeno a los eventos sísmicos, de acuerdo a estudios de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda, se estipula que el

departamento tiene un aproximado de 37 fallas geológicas sobre toda su extensión territorial, “la razón para que sean tan numerosas las fracturas de rocas de la corteza terrestre es la alta actividad tectónica que presenta la región occidental de Suramérica”. En el caso específico de la ciudad de Pereira la evaluación neotectónica realizada en el año 2000, identifica cuatro fallas activas: La falla Santa Rosa, Falla San Jerónimo, Falla Río Otún y Falla Consota.¹

Estas particularidades de la región plantean desafíos para la ingeniería aplicada, entendiendo que esta ciencia debe propender por el desarrollo técnico y tecnológico que garantice cada vez mayor seguridad en las estructuras, bien sea implementando nuevos procedimientos de construcción o mejorando, por medio de los materiales, las propiedades mecánicas de los elementos de la estructura misma. (Cano, 2017)

Por otra parte, dentro de la ingeniería, ha tomado mucha fuerza la inclusión del aspecto ambiental, de las construcciones ecológicas, haciendo necesario el análisis de materiales que impacten positivamente el medio ambiente, como la reutilización del vidrio reciclado molido añadido en cantidades adecuadas a la mezcla de concreto. Las ciudades requieren estructuras estables que impacten de forma positiva al medio ambiente, que les brinden a sus ocupantes seguridad máxima cuando se está expuesto a los fenómenos de la naturaleza, que no son controlados por el hombre. El sector de la construcción ha generado impactos negativos al medio ambiente, siendo necesario generar acciones que permitan la reducción de dicho impacto, una de ellas ha sido la utilización de materiales reciclados, es decir el aprovechamiento de materiales desechados por la industria como el vidrio, vidrio granular como alternativa en la producción de hormigón. (Cano, 2017)



Figura 3: Consumo del vidrio en Colombia

Fuente: Biohotelcolombia.com

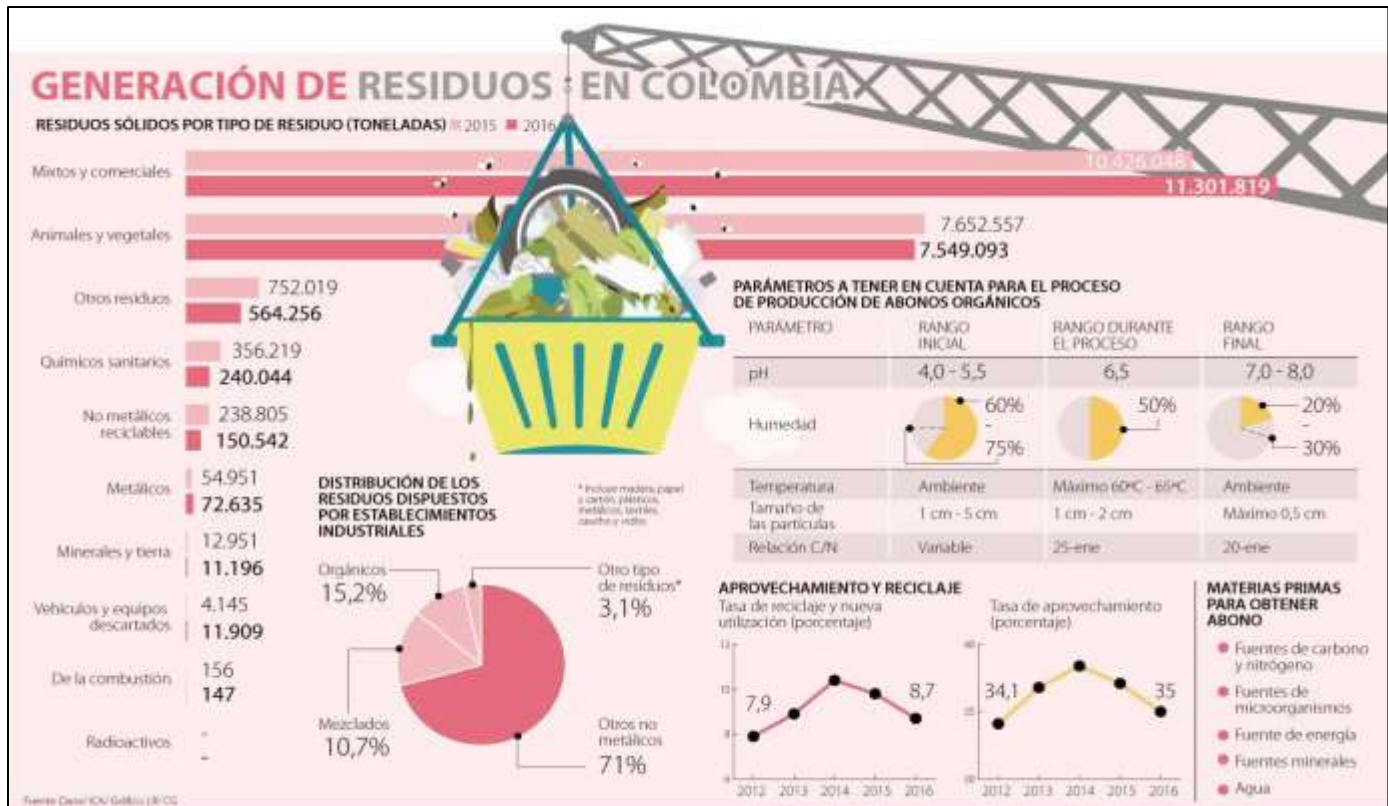


Figura 4: Generación de residuos en Colombia

Fuente: La República

- *San Salvador*

En El Salvador, el crecimiento poblacional incrementa la necesidad de contar con espacios construidos para el diario vivir, es por ello, que la solución viable es construir edificios de mediana a gran altura y otros tipos de obras, los cuales satisfacen esta necesidad a través de la relación superficie útil y área del terreno; sin embargo, esto conlleva a contar con materiales de construcción que deben cumplir con características de buen desempeño, durabilidad y bajo costo.

El concreto es uno de los principales materiales utilizados en la industria de la construcción de elementos estructurales, por lo que la demanda de sus componentes es creciente conforme al crecimiento de la población, ante dichos requerimientos, el concreto ha ido evolucionando a tal grado de poder mejorar sus características mediante el uso de adiciones al cemento y sustituciones a los agregados, tales como; puzolanas, aditivos químicos, materias producto del reciclado, como vidrio, entre otras. (Palacios, 2019)



Figura 5: Botadero a cielo abierto donde se aprecian botellas de vidrio sin reciclar

Fuente: Villacorta , 2009

Las adiciones antes mencionadas, mejoran cuantiosamente las propiedades de desempeño y durabilidad, sin embargo, en la búsqueda de modificar el diseño del concreto, se trata de innovar utilizando componentes que posean características similares a las del cemento, sin afectar de manera negativa el comportamiento final del concreto; con el uso de materiales reciclados se reduce la contaminación del medio ambiente, se prolonga la vida útil y la conservación de los bancos de caliza. A lo largo de la historia, en la búsqueda del mejoramiento de las características del concreto, se ha procedido a utilizar muchas técnicas que modifiquen su comportamiento; adiciones que ayuden a diversificar las propiedades del concreto en estado fresco y en estado endurecido; sin embargo, muchas de estas técnicas, tienden a incrementar el costo del mismo. (Palacios, 2019)

La búsqueda de adiciones ha llevado a utilizar vidrio molido como una de las técnicas cuyas investigaciones datan de 1970, donde el principal problema que se tuvo con la colocación de este material al concreto fue la reacción Álcali-Sílice, la cual era una barrera para la época; esta reacción suele producirse en el concreto como consecuencia de la reactividad existente entre sus materiales componentes (Cemento Portland, Agua, Agregados, Adiciones minerales y Aditivos), principalmente por la presencia de sílice amorfo (no-cristalino). Al combinarse con la pasta de cemento, de naturaleza alcalina, en presencia de humedad, esta última ataca al sílice presente en los agregados formando un gel silicato-alcalino viscoso, que provoca una expansión no uniforme en el elemento de concreto, lo que finalmente produce grietas en la superficie del mismo. Dado que esta reacción se produce en presencia de humedad, es importante controlarla especialmente en aquellas estructuras que prestarán servicio de forma permanente, en ambientes húmedos o bajo el agua. Este es un problema que se manifiesta a largo plazo, pudiendo pasar incluso

años antes que sea evidente el daño provocado por este fenómeno. La complejidad de esta reacción hace que sea muy difícil establecer cuando un agregado es potencialmente reactivo o no. Estudios en la materia han determinado que a medida se usan partículas de vidrio más fino (menor a 0.15mm, Malla No 100 según ASTM) se reduce y hasta logra controlarse la reacción Álcali-Sílice.

Tabla 1

Composición de los residuos sólidos urbanos en porcentaje peso y de acuerdo a tres estratos sociales de la población en San Salvador

Material (%)	Estratos sociales de la población		
	Alto	Media	Bajo
Inertes	3.14	2.65	2.10
Materia orgánica	59.80	66.42	54.80
Metales	3.23	1.34	2.10
Papel y cartón	16.95	9.02	16.60
Plásticos	10.68	16.30	12.40
Telas y cueros	1.10	0.69	2.90
Vidrio	4.90	3.54	8.70
Total	98.80	99.96	99.60

Fuente: Unidad de Investigación y Proyección Social – Universidad Francisco Gavidia

La creciente demanda de desempeño y durabilidad de las estructuras de concreto obliga a la utilización de técnicas de mejoramiento que puedan satisfacer dichos requisitos. En este sentido, se observa la necesidad de disminuir el costo, pero manteniendo la calidad utilizando adiciones, ejemplo de ellos es el empleo que se ha tenido de vidrio molido como sustituto parcial de la arena, el cual reduciría de manera controlada la cantidad de arena e indirectamente incrementará la resistencia del concreto debido a sus propiedades silíceas.

La problemática está ligada principalmente a tres aspectos fundamentales dentro de la ingeniería y el desarrollo tecnológico, la primera es la innovación en cuanto a la

reutilización de materiales reciclados (vidrio) en las mezclas de concreto, la segunda es la reducción de costos asociados a la utilización y producción de materias primas dentro de la industria de la construcción y la tercera es el cuidado del medio ambiente vinculado a la reducción de desechos sólidos a nivel domiciliario e industrial.

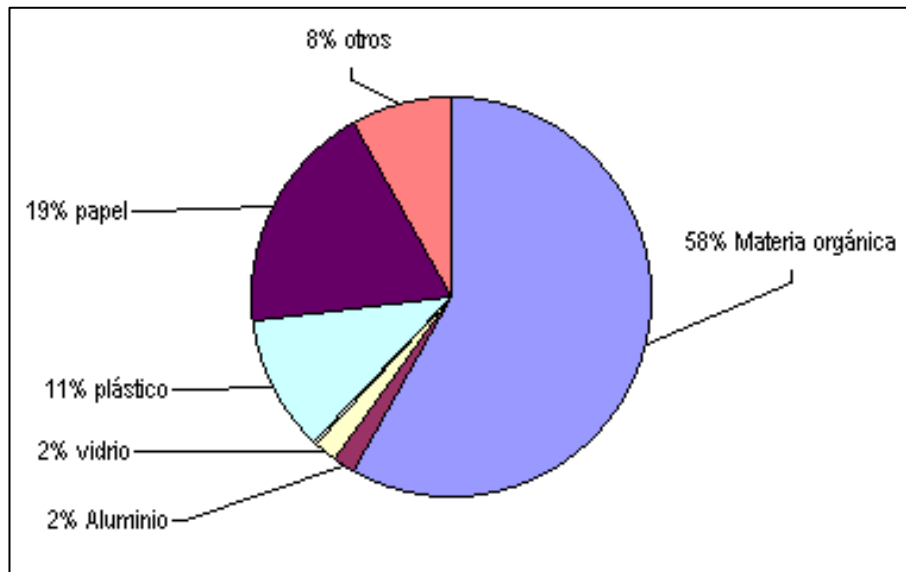


Figura 6: Residuos sólidos domésticos en San Salvador

Fuente: Ministerio de Ambiente y recursos Naturales – San salvador

✧ *Enfoque Nacional*

- **Cusco**

Actualmente el concreto es uno de los materiales de construcción indispensable en obras civiles, por ello, es casi imposible imaginar en una edificación que no use concreto en alguno de sus elementos. La mezcla tradicional de concreto contiene cemento, agregados finos y gruesos, agua, y en ocasiones aditivos, esta combinación ha sido y es la base sobre la cual se han levantado infinidad de construcciones hasta la actualidad. Variar los componentes de la mezcla de concreto parcial o totalmente, manteniendo su comportamiento estructural es uno de los retos que se tiene en nuestros días, y una de las

técnicas más usadas es la de sustituir parcialmente el agregado fino por vidrio molido, que, a pesar de tener un origen y composición química muy diferente, variará las propiedades y resistencia mecánica del concreto favorablemente. (Quispe, 2020)

Anualmente se elaboran millones de productos a base de vidrio, y en la mayor parte son usados como envases de vidrio para productos alimenticios, bebidas, o como vidrio para ventanas de viviendas y edificios; por lo que, estos luego de ser usados terminan como desechos y son arrojados a la basura con el resto de los desperdicios generados por el hombre. Toda la basura producida llega a parar a los botaderos o rellenos sanitarios de cada localidad, sin embargo, la irresponsabilidad de los seres humanos y la falta de práctica de la cultura del reciclaje ocasiona que la mayoría de estos desechos lleguen a parar en la naturaleza, provocando la contaminación del planeta y generando un daño irreparable al medio ambiente. (Quispe, 2020)



Figura 7: Manejo de residuos sólidos en Cusco

Fuente: Agencia Peruana de Noticias

Por otro lado, se sabe que la producción de concreto se realiza utilizando cemento, así como agregados fino y grueso; por lo que se requiere de la explotación de canteras para la obtención de estos materiales, perjudicando así la estética natural de los paisajes. Debido a que el vidrio es un material que tarda mucho tiempo en degradarse, así como el perjuicio y daño que genera en la salud del planeta, se vio la necesidad de brindarle al vidrio un uso secundario del que inicialmente tenía, en este caso como un material que integre parte del concreto, específicamente reemplazando parte del agregado fino por vidrio molido; y que al mismo tiempo ayude a desarrollar una industria de la construcción con materiales reciclados en la región Cusco y en el Perú. (Quispe, 2020)

En la actualidad los desechos generados por la actividad humana se han convertido en un problema por una serie de factores y posibles consecuencias, entre las cuales se tiene: problemas sanitarios, contaminación, impacto ambiental y desperdicio de recursos materiales que pueden ser reutilizados o reciclados. Entre los elementos desechados, el vidrio presente en los botaderos de basura, es uno de los materiales que necesita mayor tiempo para su descomposición. La basura generada por las personas es un problema que aqueja enormemente a la ciudad del Cusco, así como al resto del país; que entre los desechos de basura más comunes se encuentra el vidrio, es por ello que una de las recientes técnicas busca brindar una alternativa diferente para reciclar y reutilizar el vidrio, evitando así que lleguen a parar al medio ambiente. (Quispe, 2020)

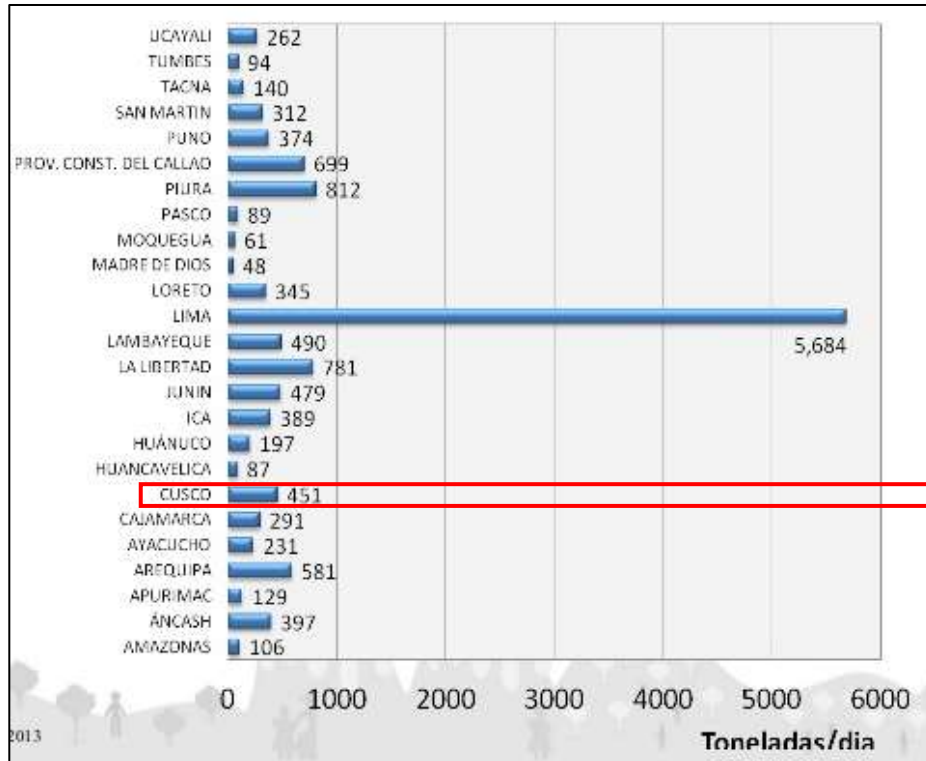


Figura 8: Generación de Residuos Sólidos (t / día)
Fuente: Ministerio del ambiente

• Arequipa

El concreto es un material de construcción ampliamente utilizado para diversos tipos de estructuras debido a su gran estabilidad y resistencia. El cemento Wari tipo I, es uno de los principales ingredientes utilizados para la producción de concreto. En los últimos tiempos se ha visto un aumento en la producción de cemento, lo que, implica la emisión de grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera, un contribuyente importante para el efecto invernadero y el calentamiento global, por lo que es necesario buscar otro material o en parte sustituirlo por algún otro que cumpla su función. La búsqueda de cualquier alternativa para el cemento debe conducir a un desarrollo sostenible del planeta y un menor impacto ambiental. Ahorros sustanciales de energía y de costo pueden resultar al sustituir el cemento por productos que se utilicen como un sustituto parcial del mismo.

Las cenizas volantes, escorias, cenizas de cascarilla de arroz, meta caolín, arena de sílice y vidrio reciclado molido son algunos de los materiales puzolánicos que pueden ser usados en el concreto como sustitución parcial del cemento. Un gran número de técnicas se están llevando a cabo para estudiar el impacto del uso de estos materiales en el concreto industrial. (Castillo, 2019)



Figura 9: Uso de Vidrio reciclado para elaboración de concreto

Fuente: Economía Circular - Arequipa

La protección del medio ambiente es un tema muy importante por ello el mundo entero viene realizando investigaciones en búsqueda de la reutilización de sub productos o desechos como materiales no convencionales en el diseño de mezclas de concreto, para mejorar sus propiedades físico mecánicas y así disminuir el uso de los recursos naturales no renovables. (Castillo, 2019)

Estudios realizados por la Universidad de Michigan (MSU) en EEUU, han dado como resultado el descubrimiento de un nuevo tipo de concreto, el cual lleva en su

composición vidrio molido, lo que hace al concreto más fuerte, más durable y más resistente al agua.

Uchikawa (2000), estudió los problemas tratados por la industria del cemento y hormigón y la dirección futura del desarrollo técnico, como el reciclaje de los residuos como materia prima y combustible para la fabricación de cemento; utilizando desechos; reduciendo el cemento que emite menos CO₂, durante la fabricación.

Zainab (2009), utilizó residuos de vidrio para tratar de reducir los residuos sólidos y reciclar lo más posible, sumándose a la industria del hormigón que ha adoptado una serie de métodos para lograr este objetivo. Su investigación consistió en utilizar vidrio triturado proveniente del reciclaje para tratar de reemplazar con agregado fino en determinados porcentajes. Los resultados demostraron la fortaleza puzolánica del vidrio. En base al estudio realizado se da a conocer que aproximadamente 20% del cemento utilizado para producir concreto se sustituyó por vidrio (reciclado) molido, generando un significativo ahorro en cemento.

Catalán (2013), estudio la influencia del vidrio molido en las mezclas de hormigón al reemplazar agregado fino por vidrio molido y como resultados muestran que el hormigón con adición de vidrio, mantiene prácticamente inalterable sus propiedades, tanto en estado fresco como endurecido, observándose un ligero aumento en la resistencia de las mezclas con un 10% de agregado fino.

El reciclaje de vidrio en Arequipa tiene tres características que hacen de él un material excelente. Uno es que puede ser reciclado el 100% del producto; puede ser reciclado infinidad de veces y además mantiene todas sus propiedades. La composición

física de los residuos domiciliarios en los 17 distritos del ámbito urbano demuestra que existe mayor generación de residuos orgánicos, seguido de residuos sanitarios, residuos inertes, plásticos, papel, madera-follaje y cartón, principalmente. (Castillo, 2019)

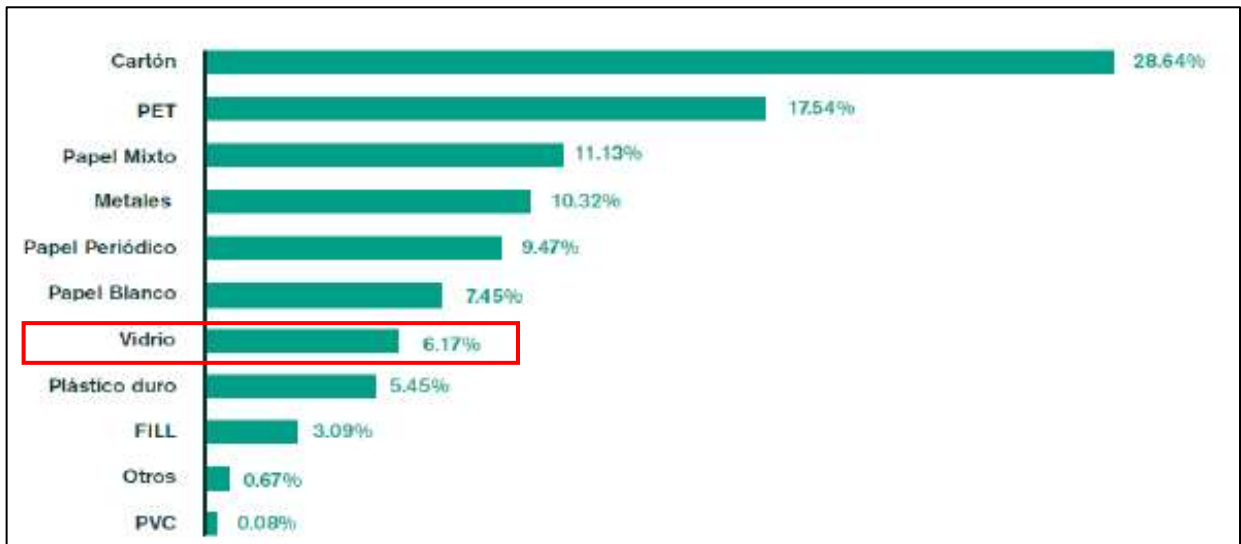


Figura 10: Resumen ámbito urbano, rural y la provincia de Arequipa

Fuente: (Castillo, 2019)

- **Lima**

La construcción es una de las actividades que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, ya que en ella interviene el concreto como principal actor. Como se sabe, el cemento es uno de los materiales más importantes en la elaboración del concreto, además de que su producción genera aproximadamente el 6% del total de emisiones de carbono que realiza el hombre de acuerdo con CDP (2018). También se sabe que en el proceso de fabricación del cemento se requiere de una gran cantidad de insumos minerales, energéticos y humanos. La creciente preocupación de la humanidad por minimizar el impacto que sus actividades tienen sobre el medio ambiente ha llevado a la necesidad de idear nuevas formas de reducir las emisiones de gases generadas, o nuevas formas de

reutilizar materiales que están en desuso para reducir la demanda de recursos naturales. Es en este contexto que interviene el vidrio, del cual se desechan más de 3 millones de toneladas al año solamente en la ciudad de Lima - Perú. (Enriquez, 2019)



Figura 11: Desecho de botellas de vidrio en Lima

Fuente: Traperos Solidarios Emaus Perú

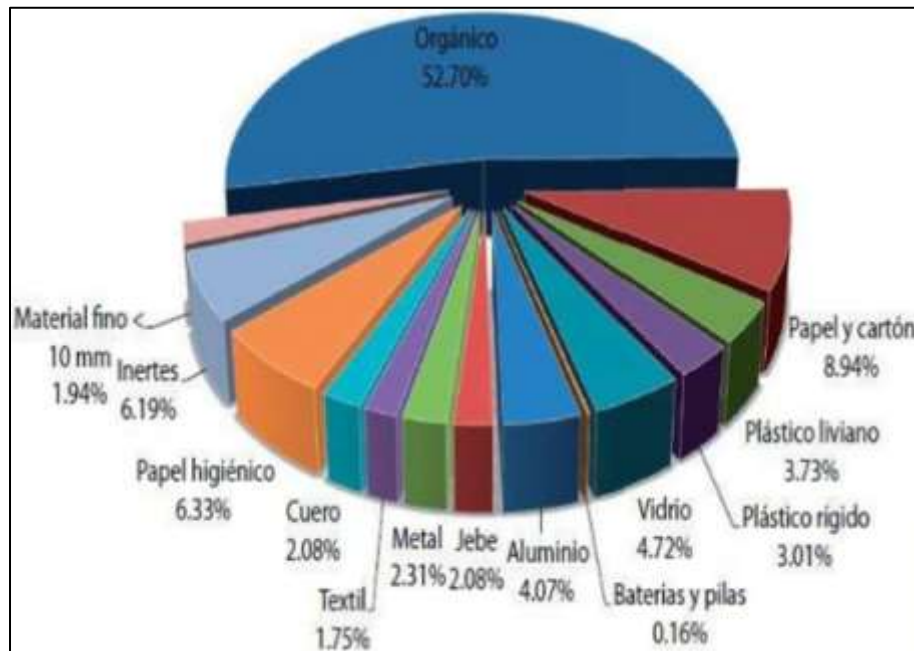


Figura 12: Composición Física de Residuos Sólidos en Lima

Fuente: Ministerio del Ambiente

La investigación sobre el uso de vidrio molido o triturado en el concreto se viene dando desde hace muchos años en otros países, principalmente en su forma de utilización:

como agregado fino, agregado grueso, o puzolana. Los resultados de diversas investigaciones sobre la utilización del vidrio en el concreto muestran que es posible alcanzar resistencias adecuadas en cualquiera de estas tres situaciones, pero que el uso como puzolana es el que alcanza mejores resultados. Es así como hoy en día se utiliza vidrio reciclado molido como puzolana en un diseño de mezcla de concreto en la ciudad de Lima - Perú. (Enriquez, 2019)

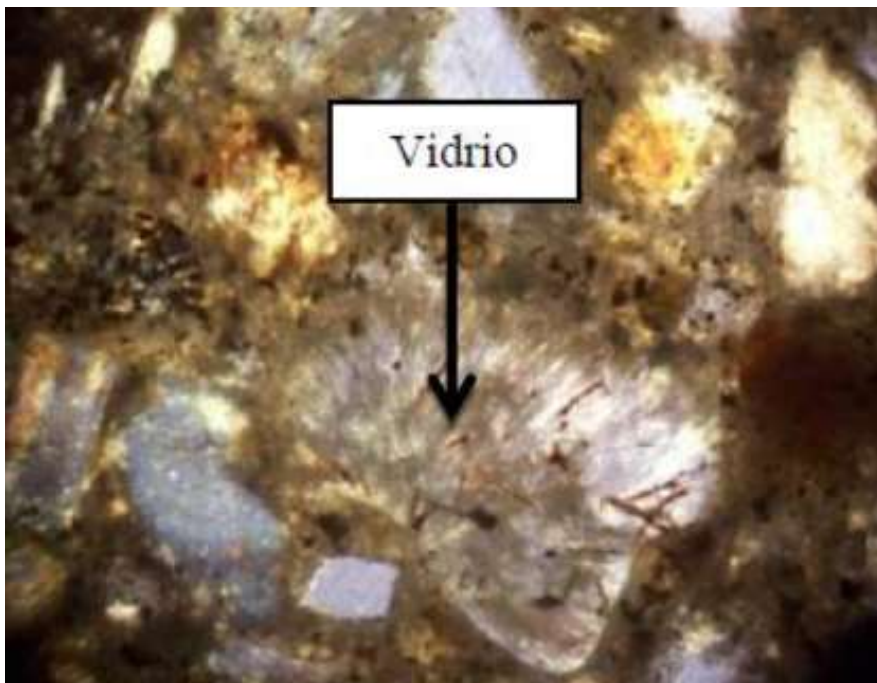


Figura 13: Micrografía del corte transversal de una barra de mortero con adición de vidrio

Fuente: Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Como antecedentes internacionales es importante tener en cuenta que:

Según Espinoza (2017) , en la tesis “ ESTUDIO DE VIDRIO RECICLADO COMO COMPONENTE PARA LA ELABORACIÓN DE CEMENTOS TERCARIOS” , trabajo de investigación presentado para la obtención de la Licenciatura en Ingeniería en Construcción, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en

Construcción, y cuyo objetivo principal fue contribuir con las mejoras en la producción de cemento hidráulico nacional mediante el análisis de la afectación directa de polvo de vidrio (GP) como material cementante con un tamaño de partícula de $75 \mu\text{m}$ (material pasando el tamiz #200) en pastas de cemento hidráulico, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que el método de diseño de Montgomery es propicio para este tipo de proyectos en los cuales entran en consideración tantas variables que afectan directamente el resultado final, siempre y cuando se estipulen los rangos en los cuales las variables van a girar. Se obtuvo un tamaño de partícula de $75 \mu\text{m}$ luego de un amplio proceso de molienda continuo y sin interrupciones. Las adiciones de GP no presentan un impacto considerable en la consistencia normal ni los tiempos de fragua de las mezclas. Los valores de tiempos de fraguas para los elementos con adiciones de GP se encuentran dentro de normativa excepto para el bloque 1 (49-202 min para tiempo de fragua inicial y 185-312 min para tiempo de fragua final). El GP mejora las condiciones mecánicas del cemento a edades de 28 para compresión y edades de 7 días y 28 días para tensión. Las dosificaciones óptimas son las presentes del bloque 5 al 8 tanto sin vidrio como con vidrio. Los mejores rendimientos son obtenidos con porcentajes de sustitución desde un 25% hasta un 30%. Se corrobora la actividad puzolánica del GP dentro de la mezcla cementicia, así como la densificación de la matriz cementicia, a edades lejanas de la conformación de los elementos, esto debido a la ganancia tardía de resistencia a compresión y tensión. El porcentaje de sustitución de GP por cemento se vuelve irrelevante a edades posteriores de los 28 días tanto a compresión como a tensión. De igual manera a continuación se desglosan las recomendaciones que se consideran necesarias para el mejoramiento de los resultados anteriormente descritos y para futuras investigaciones relacionadas a este campo: Dejar los especímenes a edades

mayores a los 28 días, con el fin de corroborar el crecimiento en la resistencia promedio de los bloques y de esta forma poder observar si la resistencia promedio de los elementos que contienen vidrio supera a la resistencia promedio de los bloques control. (Tendencia del comportamiento de elementos con vidrio muy cercana a igualar resistencias de elementos control en todas las dosificaciones). Realizar los ensayos en condiciones óptimas por parte del laboratorio, esto debido a las fallas que presentaron los aires acondicionados a lo largo de la realización de los elementos a compresión y tensión. (No se pudo mantener la humedad relativa y la temperatura constantes a la hora de la realización de los ensayos). (Afectación directa en el flujo reportado). Mejorar el proceso de molienda adquiriendo un molino adecuado para moler vidrio o mejorar las condiciones del molino de bolas en la escuela de Ing en Materiales, ya que no es un molino para moler vidrio (picos en vez de esferas). En caso de no poder realizar recomendación anterior, mejorar las condiciones de sonido del establecimiento del molino de bolas, con el fin de poder realizar la molienda durante más horas a las realizadas para este proyecto (6 horas como máximo debido a múltiples quejas del director de la escuela de Ing en Producción Industrial). Disminuir el tamaño de partícula del vidrio (el utilizado en este proyecto es de $75\mu\text{m}$, pasando el tamiz #200), con el fin de buscar un mejor acople de las partículas del vidrio con las de cemento, esto para aumentar la densificación de la matriz cementante. Realizar un estudio químico al vidrio a utilizar antes de la ejecución de pruebas, de modo que se conozca con certeza los componentes y sus cantidades (porcentajes). Realizar las pruebas de consistencia normal y tiempo de fragua en un ambiente 100% controlado todo el tiempo. De esta forma se podrá observar la influencia del ambiente dentro de las mezclas. Realizar la prueba de Consistencia Normal con un rango de A/C más amplio, de esta forma se obtendrán

mayores puntos de observación y la correlación de datos será más precisa. Realizar ensayos de calor de hidratación y permeabilidad para las muestras con adición de GP para corroborar comportamientos esperados de las mezclas. Realizar un análisis granulométrico al GP a utilizar para poder controlar de mejor manera el tamaño de partícula.

De acuerdo a Cano (2017), en la tesis “ANÁLISIS DE MEZCLAS DE CONCRETO CON PROPORCIONES DE VIDRIO MOLIDO, TAMIZADO Y GRANULAR COMO ADITIVO, A FIN DE AUMENTAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN” , trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, en la Universidad Libre Seccional Pereira , Facultad de Ingenierías - Ingeniería Civil, cuyo objetivo principal fue analizar mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que una vez analizados y confrontados los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto se pudo concluir que, como se planteó en la hipótesis, las probetas que contenían vidrio en cualquiera de las presentaciones y los porcentajes de estudio, alcanzaron una resistencia mayor a las probetas testigo de mezcla común. La mezcla ideal para cada tipo de vidrio se define como la mezcla en la cual la adición de vidrio maximiza la resistencia a la compresión de la mezcla de concreto, en este sentido después de analizar los resultados del proceso de los laboratorios se determina que: La mezcla ideal para las probetas con adición de vidrio molido es la que contiene una proporción en peso del 5%; en el caso de la mezcla con adición de vidrio tamizado, la mezcla ideal la representa la que contiene una proporción en peso del 3% y entre tanto al utilizar vidrio granular como aditivo, la mezcla ideal se alcanza con una proporción en

peso del 5%. Desde un punto de vista general, la mezcla ideal con la que se alcanza la máxima resistencia a la compresión de todo el estudio es la mezcla con 3% en peso de vidrio tamizado. Se determina que los resultados en conjunto para los tres tipos de vidrio utilizados como aditivo en la mezcla de concreto en estudio no muestran un patrón de respuesta homogéneo, dado a que la acomodación final del vidrio en la probeta en el momento del ensayo puede influir directamente en la falla temprana del espécimen y por lo tanto representar una resistencia a la compresión menor. Analizando los resultados obtenidos del peso de las probetas con vidrio con respecto a las de mezcla común, se concluye que la adición de vidrio en diferentes porcentajes genera un leve aumento en el peso del concreto, lo que se entiende como un comportamiento normal por tratarse de un material adicional a la mezcla común. Sin embargo, el porcentaje de aumento en el peso del concreto comparado con el aumento en la resistencia del mismo, no reviste gran impacto si se observa desde el punto de vista del beneficio que el vidrio le otorga a las propiedades mecánicas del material.

Por su lado Catalán (2013), en la tesis “ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN HORMIGONES GRADO H15, H20, Y H30”, trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles, en la Universidad Austral de Chile , Facultad de Ciencias de la Ingeniería, cuyo objetivo principal fue estudiar la influencia de la adición de vidrio sobre la resistencia mecánica del hormigón, de grados H15, H20 y H30, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que dado que la absorción de agua es prácticamente nula en el vidrio, se puede disminuir la cantidad de agua necesaria, para un determinado descenso del cono. La incorporación del vidrio en la mezcla de hormigón permite la reutilización de dicho material, considerando

que una gran cantidad de vidrio de desecho es tirado directamente a la basura. Con esto se estaría realizando un aporte a la disminución de volúmenes de desechos sólidos acopiados en vertederos autorizados y clandestinos, además de reducir los costos asociados a la producción de hormigón, en relación a la extracción de áridos. El reemplazo de parte de los áridos por vidrio triturado no provoca cambios significativos en la densidad del hormigón, no se genera un aumento excesivo del peso final de las probetas, ya que el vidrio posee una densidad del mismo orden que los áridos utilizados, manteniéndose dentro del rango permitido por la norma, para los áridos utilizados en hormigones (según NCh163Of.1979 entre 2000 y 3000 kg/m³). El contenido de materia orgánica en el vidrio es despreciable, siempre y cuando se le dé un tratamiento adecuado de limpieza, previo a su incorporación en la mezcla de hormigón, lo que se traduce en una mayor estabilidad físico-química a reaccionar con distintos agentes presentes ya sea en el agua de amasado, o en el cemento mismo. Se deben establecer condiciones adecuadas para la manipulación y trituración del vidrio, teniendo especial cuidado al manejar granulometrías menores a 5mm, debido a la composición del mismo, con un alto contenido de Sílice, el que al ser aspirado en grandes cantidades puede ser nocivo para la salud, provocando en casos extremos, enfermedades como la silicosis. Existe una tendencia, aunque en este caso ligero, a un aumento en la resistencia del hormigón, al incluir un 10% de vidrio en la mezcla, lo que corrobora estudios anteriores referentes al tema. Al incluir un porcentaje mayor en la mezcla, se tiende a una disminución de la resistencia, lo cual se explica en la naturaleza como material frágil del vidrio, en detrimento de la ductilidad deseada en hormigones. Si bien, según los resultados obtenidos, no se apreció una variación significativa en la resistencia a partir de los hormigones patrones, este mismo hecho permite verificar que la inclusión de vidrio en

el hormigón, es completamente factible, desde el punto de vista de inalterabilidad de las características principales de este material (densidad y resistencia). En el proceso de triturado y manipulación del vidrio en este estudio, se pudo apreciar en el vidrio un comportamiento similar al cemento en condiciones de tamaño parecido, en presencia de humedad. En estudios anteriores respecto a este tema, se han observado propiedades puzolánicas en el polvo de vidrio, lo cual no fue objeto de este tema, pero bien puede abrir la posibilidad a estudios posteriores.

En relación al hormigón, el vidrio posee un coeficiente de dilatación térmica menor que el concreto (entre 0,3 a 0,5 veces), lo cual es beneficioso para elemento expuestos al calor, pudiendo controlar de mejor manera la expansión y/o contracción frente a ciclos de cambios de temperatura (choques térmicos, cambios de estación, etc.) La fabricación de hormigón con agregado de vidrio de desecho es viable en la medida en que se disponga de suficiente material para ser procesado. Dado que la idea de este estudio se enfoca a la utilización de residuos domiciliarios principalmente, la recolección de envases de vidrio a nivel de la población juega un papel preponderante. Si bien, el reciclaje de vidrio para la elaboración de productos de este material es el destino ideal de los residuos de vidrio, la industria del concreto pareciera ofrece un buen espectro de posibilidades para su incorporación. Un punto que juega en contra de esta iniciativa, es la inversión inicial asociada al tratamiento

que requieren los residuos de vidrio, destinada a la implementación de maquinaria adecuada para el trabajo con este material, limpieza, separación de otros residuos, trituración, tamizado, etc., aunque en la actualidad existe gran variedad de productos desarrollados para la trituración de residuos.

De acuerdo a Peñafiel (2016), en la tesis “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN AL EMPLEAR VIDRIO RECICLADO MOLIDO EN REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”, trabajo de investigación presentado para la obtención del título de Ingeniería Civil, en la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil, cuyo objetivo principal fue analizar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón dosificadas para un $f'c$ de 210 kg/cm² empleando en su composición vidrio reciclado molido en granulometrías adecuadas reemplazando parcialmente al agregado fino, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que al procesar el vidrio reciclado de botellas previamente desinfectadas, mediante una máquina trituradora de mandíbula, se obtuvo un material cuya curva granulométrica permitió aceptarlo como material adecuado para la elaboración de hormigón en reemplazo parcial de la arena, debido a que la curva se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma Inen 872, ajustándose a los límites mejor que la arena proveniente de la Mina Maricela en el Cantón Mera, esto se debe a que el vidrio al ser procesado de acuerdo a ciertos requerimientos permite obtener una adecuada distribución granulométrica. Se obtuvo un Modulo de Finura (MF) del vidrio molido de 3.226 correspondiente al límite inferior de arenas gruesas, mientras que en la arena se determinó un Modulo de 2.226 tendiendo al límite superior de arenas finas. Con esto el vidrio molido y la arena de la Mina en cuestión se complementaron adecuadamente para conformar el agregado fino en el hormigón.

El aumento del porcentaje de vidrio que reemplaza a la arena en la mezcla puede permitir disminuir la cantidad de cemento a emplear, debido a que el vidrio al tener mayor tamaño de partícula, su superficie específica disminuye requiriendo menor cantidad de

cemento para cubrirla. Durante la elaboración del hormigón con los diferentes porcentajes de vidrio añadidos en reemplazo de la arena se visualizó que al incrementar el porcentaje de vidrio la trabajabilidad mejora levemente, debido a la impermeabilidad en el vidrio que deja agua, que en el caso de la arena sería mayormente absorbida. La homogeneidad se mantiene en todos los casos. La dosificación del hormigón fue elaborada en base a los datos obtenidos de los ensayos a los agregados como arena (Mina Maricela) y ripio (Mina Santa Isabel), donde la cantidad de agua determinada fue 193.489 Lts por cada m³ de hormigón, esta cantidad se ve obligada a reducirse cuando se emplea vidrio en reemplazo de la arena, gracias a su impermeabilidad. La consistencia no presenta una variación significativa, sin embargo se produce un ligero aumento del asentamiento conforme incrementa el contenido de vidrio, esto debido al agua no absorbida por el material de reciclaje. En todas las mezclas se obtuvo asentamientos dentro del rango para hormigón de 210 kg/cm² (6 a 9 cm). La determinación del peso específico del hormigón tanto en estado fresco como endurecido en el hormigón común y con los distintos contenidos de vidrio no mostró variaciones importantes, todos los valores se encuentran dentro del rango de 2000 a 3000 kg/m³. En cuanto al peso de las probetas no existe una diferencia al incrementar el porcentaje de vidrio, ligeramente las muestras con 40% de vidrio molido reducen su peso. Al analizar los resultados del ensayo de compresión a los 7 días de edad de probetas cilíndricas de hormigón ($f'c$ 210kg/cm²), se obtuvo resistencias de 157.26kg/cm² para el hormigón común, 157.24kg/cm², 156.86kg/cm², 155.97kg/cm² y 155.58kg/cm² al reemplazar parcialmente a la arena por vidrio molido en 10%, 20%, 30% y 40% respectivamente; La mezcla de hormigón común logró una mayor resistencia en comparación con las que contenían vidrio alcanzando un 74.89% de la resistencia de

diseño. En el ensayo de las probetas a los 7 días de edad se determinó que conforme se incrementa el porcentaje de vidrio la resistencia a la compresión se ve disminuida sutilmente, esto debido a que el vidrio es un material totalmente impermeable dando lugar a que la acción de adherencia con los demás componentes del hormigón se de de forma tardía y a edades tempranas por su fragilidad ocasione falla en el hormigón, sin embargo todas las muestras alcanzaron resistencias dentro de los límites establecidos. Las muestras cilíndricas de hormigón ensayadas a los 14 días de edad presentaron resistencias de 192.47kg/cm² para el hormigón común, mientras que en las que contenían vidrio se obtuvo 175.77kg/cm², 164.48kg/cm², 192.66kg/cm² y 215.23kg/cm², para los porcentajes de 10% - 20% - 30% y 40% de vidrio molido respectivamente. Todas las probetas adquirieron la resistencia requerida, con excepción del hormigón elaborado con 20% de arena que obtuvo un 1.68% de error en cuanto a la resistencia requerida a esta edad; esto debido a que durante el ensayo existió un cilindro cuyo diámetro sobrepasaba la capacidad de los cabezales de neopreno, por lo cual se lo ensayo usando placas, esto dio como resultado un valor considerado absurdo, que para efecto de análisis fue descartado. Las muestras ensayadas a los 14 días manifiestan que mientras se aumenta el contenido de vidrio molido como reemplazo de la arena la resistencia se reduce ligeramente hasta la mezcla que contiene 20% de vidrio, a partir de aquí se produce un aumento de la resistencia hasta alcanzar el 102.5% de la resistencia de diseño con un 40% de vidrio añadido. El ensayo de compresión a los 28 días de edad arrojó los siguientes resultados de resistencia 227.73kg/cm², 224.09kg/cm², 223.66kg/cm², 221.68kg/cm² y 234.76kg/cm², para adición de vidrio molido del 0% - 10% - 20% - 30% y 40% respectivamente. Verificando así que todas alcanzaron la resistencia de diseño. A los 28 días las muestras ensayadas

permiten determinar que las mezclas cuyo porcentaje de vidrio añadido en reemplazo parcial de la arena es de 10, 20 y 30% alcanzan una resistencia ligeramente menor a la resistencia obtenida con las probetas de hormigón común, mientras que en el hormigón elaborado con 40% de vidrio en reemplazo de la arena se obtuvo una resistencia mayor a la del hormigón patrón, logrando 111.8% de la resistencia de diseño. Como se presenta en la Gráfica N°23, las curvas de las mezclas con un 30% y 40% de vidrio molido añadido en reemplazo parcial de la arena tienen la forma característica de la curva Edad vs Resistencia Relativa a la Compresión del Hormigón común, donde el incremento de resistencia es mayor en las primeras edades y va ralentiéndose con el paso del tiempo hasta estabilizarse. Para las curvas correspondientes a las mezclas con 10% y 20% de vidrio el proceso de incremento de resistencia con la edad es relativamente lento; sin embargo cabe mencionar que todas las mezclas sobrepasaron el $f'c$ de diseño, alcanzado a los 28 días de edad. Se evidencia tras los análisis que el porcentaje óptimo que mejora la resistencia al interactuar químicamente con el cemento es el 40% de vidrio molido en peso reemplazando a la arena, siendo éste el que permite obtener mayores resistencias a edades a partir de los 14 días donde se empiezan a dar las reacciones. Esto ocurre debido a que llega un punto donde el vidrio molido cumple la función de reemplazar parcialmente a la arena y adicionalmente como lo menciona Parviz Soroushian, profesor de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Estatal de Michigan en las investigaciones sobre un hormigón con aproximadamente 20% del cemento sustituido con vidrio reciclado molido, “El vidrio molido entra en una reacción beneficiosa con los hidratos del cemento, así que básicamente la química del cemento se mejora con el vidrio” “Se hace más fuerte y más durable y no absorbe el agua tan rápido como el cemento” [29], de aquello se deduce que

el 40% de vidrio contenido en la mezcla es el punto de partida para mejorar las características del hormigón, con considerables incrementos de resistencia debidos a las propiedades mecánicas, al tamaño, a la composición (propiedades puzolánicas) y geometría del vidrio. El incremento de resistencia se da con la edad debido a que al usar el vidrio molido este sigue el mismo fenómeno físico de endurecimiento que el cemento, sus partículas se hidratan progresivamente. Inicialmente de manera superficial, y desde ahí el endurecimiento continúa hasta llegar al núcleo de las partículas. El empleo de vidrio molido en la elaboración de hormigón ofrece algunas ventajas y beneficios como reducir la materia orgánica, que en el caso de la arena empleada en el estudio está presente al ser un material proveniente del lecho del rio Pastaza, las impurezas se pueden reducir en el vidrio reciclado al darle un adecuado tratamiento de desinfección, proporcionando mejor reacción con los distintos componentes como el cemento y el agua; Mejora la resistencia a la humedad otorgándole al hormigón mayor durabilidad. Se observó las características físicas de las probetas cilíndricas luego de ser curadas y antes de ensayarlas, las mismas que presentaron una mínima porosidad, el color se mantuvo similar para todas las muestras con los distintos porcentajes de vidrio añadido. En cuanto al peso se obtuvo una mínima diferencia con el incremento de vidrio, notándose que al incorporar 40% de vidrio molido por arena en peso, se obtiene un menor peso respecto a los demás porcentajes, demostrando que a mayor cantidad de vidrio existe un mejor secado en las muestras. Una vez ensayados los cilindros se pudo identificar las fallas más características, generalmente se dan desprendimientos en los extremos superior e inferior a causa de un inadecuado tratamiento de las caras de los cilindros, lo señalado se puede evitar realizando un cabeceo con mortero de azufre siguiendo la norma ASTM C 617 o colocando almohadillas no

adherentes de neopreno según la norma ASTM C 1231; Otra falla frecuente se da por los esfuerzos de compresión debidos al ensayo, los que provocan fisuras verticales y de adherencia entre el agregado grueso y el mortero, para disminuir lo mencionado es necesario un correcto llenado de los moldes cilíndricos, los mismos que deben ser normalizados, y proporcionar un curado que de continuidad al proceso de hidratación del cemento mejorando la durabilidad, resistencia y estabilidad volumétrica; En algunos casos se presentaron fisuras inclinadas originadas por esfuerzos de corte. Se identificó luego de ensayadas las probetas que la adherencia entre los componentes pasta – ripio – arena – vidrio se ve incrementada con la edad del hormigón. Se concluye que la elaboración de hormigón simple con $f'c= 210$ kg/cm² empleando vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino es una posibilidad viable tanto estructuralmente como para beneficio del medio ambiente.

Por su lado Beltrán (2017), en la tesis “PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE UTILIZANDO VIDRIO TRITURADO EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGONES” , trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, en la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil, cuyo objetivo principal fue analizar los Principios de la Construcción Sostenible Utilizando Vidrio Triturado en la elaboración de Hormigones, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que la elaboración del hormigón con vidrio triturado presenta varios beneficios y ventajas al ser un material reciclado reduce la explotación de agregados en este caso la arena y la contaminación del medio ambiente, el vidrio puede tardar hasta 4000 años en degradarse además de ser un elemento que no contiene material orgánico con el procedimiento adecuado de desinfección, a diferencia de

la arena que puede contener pequeñas cantidades siendo perjudicial para las propiedades del hormigón. La trabajabilidad de la mezcla de hormigón con el remplazo parcial de la arena por el vidrio triturado mejora sutilmente conforme se aumenta el porcentaje de vidrio al tener este la propiedad de ser impermeable, a diferencia de la arena que absorbe el excedente de agua. El asentamiento de las mezclas con vidrio triturado varia ligeramente conforme se aumenta el porcentaje de vidrio esto es por el excedente de agua liberada que no es absorbida por los demás materiales. En todos los casos se obtuvo el asentamiento de diseño $8\text{cm} \pm 2\text{cm}$ según lo que establece la Norma INEN. La resistencia se ve incrementada conforme aumenta la edad del hormigón, tanto en el convencional como los de la inclusión de vidrio, debido a que al usar este material este sigue el fenómeno físico de endurecimiento que el cemento y la adherencia aumenta conforme pasa el tiempo por la liberación de agua que no es absorbida por el vidrio. La apariencia física de los cilindros de hormigón convencional con los de reemplazo de arena por vidrio triturado una vez transcurrido el tiempo de curado no tuvo una mayor diferencia, existió una mínima porosidad en los cilindros de inclusión de vidrio por el agua que no fue absorbida y a su vez se evaporo dejando espacio vacíos. Con respecto a la exudación se presentó de igual forma en los cilindros con inclusión de vidrio por la impermeabilidad de este y con respecto al color no se obtuvo diferencia significativa alguna. Las fallas que se observan por los esfuerzos de compresión en las probetas de hormigón tanto en el convencional como el de inclusión de vidrio fueron de forma vertical en la mayoría, existiendo una mejor adherencia en las probetas con porcentajes mayores de vidrio triturado. El hormigón más óptimo que se obtuvo es el realizado con vidrio triturado al 36% al tener una resistencia de 21.10 MPa a los 7 días de edad. En obra este hormigón puede ser muy útil

para un desencofrado a edades tempranas de los elementos estructurales ahorrando tiempo, dinero y materiales. La corrección de humedad al 36% permite observar que no es significativa, afectando solo al estado fresco en el grado de trabajabilidad al tener menor cantidad de agua se pierde facilidad de amasado, la consistencia de la mezcla se mantiene pero tiende a disminuir la resistencia del hormigón. Con el empleo de vidrio triturado se obtuvo un hormigón con mejores propiedades físico-mecánicas que un hormigón convencional al haber obtenido la resistencia de diseño a edades tempranas, buena adherencia y trabajabilidad, comprobando una de las hipótesis planteadas en este trabajo de titulación. Teniendo como antecedente el trabajo de titulación realizado por la Ing. Peñafiel Daniela (2016) donde se recomienda reemplazar los porcentajes del 30% al 40% de vidrio triturado para obtener la resistencia de diseño de 210 kg/cm², se comprueba que el mejor comportamiento y la resistencia de diseño requerida en la mezcla, esta efectivamente en ese rango pero en el 36% de vidrio triturado es el óptimo. El análisis económico de la mezcla de hormigón convencional con el de inclusión de vidrio al 36%, indica que esta última es mayor con \$6.58 por m³; este coste se da por el proceso de obtención, transporte, trituración, limpieza y almacenamiento del vidrio para ser apto para la elaboración del hormigón. Este valor puede reducirse y compensar en la explotación de recursos naturales y el ahorro de materias primas. Se obtiene como ventaja una resistencia mayor a edades tempranas y entrega de obras civiles a menores tiempos. Al utilizar el hormigón elaborado con vidrio triturado se pueden reducir los índices de impacto ambiental que actualmente está sufriendo nuestro planeta, además de mejorar la calidad de las estructuras proveyendo seguridad a sus habitantes.

En base a los antecedentes nacionales tenemos que:

Según Quispe (2020), en la tesis “ANÁLISIS DE LA VARIACION EN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO $f'c=210$ kg/cm² CON LA ADICIÓN DE VIDRIO MOLIDO”, trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco, y cuyo principal objetivo es analizar la variación en el comportamiento del concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de vidrio molido, en la ciudad del Cusco, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que se logró analizar la variación en el comportamiento del concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de vidrio molido, en reemplazo del agregado fino; donde el concreto con adición de 20% y 30% de vidrio molido fueron los que mejores resultados ofrecieron, donde el concreto con 20% de VM llega a sobrepasar la resistencia del concreto convencional (0% de VM); mientras que el concreto con 30% de VM adicionado posee una resistencia similar al del concreto convencional. Se determinaron las propiedades mecánicas de los agregados, tanto de Vicho como de Cunyac, cuyos valores se emplearon en el diseño de mezcla por el método del comité ACI 211, que permitió cuantificar las proporciones de los materiales que componen el concreto, para una resistencia $f'c=210$ kg/cm², con la extracción posterior de probetas cilíndricas. De los resultados obtenidos de resistencia a la compresión para distintas dosificaciones de vidrio molido incorporadas en la elaboración del concreto $f'c = 210$ kg/cm² muestran que es factible la adición del vidrio molido en la mezcla de concreto, en reemplazo del agregado fino en porcentajes de 20% y 30%, para que el concreto ofrezca un desempeño similar o superior al concreto convencional. Luego de someter a ensayos de resistencia a la compresión las probetas cilíndricas con adición de distintos porcentajes de vidrio molido, se determina que la cantidad apropiada de vidrio molido adicionada para un concreto $f'c = 210$ kg/cm², es de

20%, llegando a presentar una resistencia a la compresión superior a la del concreto convencional, cuyo valor es de 226.4 kg/cm², excediendo en 7.8% al valor de la resistencia de diseño. Desde el punto de vista ambiental el concreto elaborado con vidrio molido beneficia en la reducción en la explotación y extracción de agregados de las canteras y así mismo la reutilización del vidrio reciclado y posteriormente molido evita que estos terminen en los campos y botaderos de basura contaminando el medio ambiente, en vista de que el vidrio es un material cuyo proceso de descomposición y degradación se da en más de 1000 años. El vidrio molido adicionado a la mezcla de concreto en reemplazo parcial del agregado fino, influye en la trabajabilidad de esta, el cual se evidencia aún más a medida que se aumenta el porcentaje de vidrio molido; esto debido a que las partículas de vidrio son más impermeables que el agregado tradicional. Es por ello que, en la prueba de revenimiento, el asentamiento de las mezclas con vidrio molido es ligeramente mayor que la mezcla convencional (0% de vidrio molido). El análisis de costos realizado determinó que, para la producción de 1 m³ de concreto $f'c = 210$ kg/cm² con la adición de 20% vidrio molido en reemplazo del agregado fino, genera un costo de S/. 496.95 soles; mientras que, para el concreto convencional (0% de VM) el costo de producción es de S/. 488.81 soles; lo que establece una diferencia de S/. 8.14 soles entre ambos, es decir, que el costo de producir 1 m³ de concreto con 20% de vidrio molido es 1.67% mayor que producir el concreto convencional.

De acuerdo a Castillo (2019), en la tesis “PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ELABORADO CON ADICIÓN DE VIDRIO MOLIDO Y CUARCITA”, trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de San Agustín, cuyo objetivo principal fue determinar la influencia

que tiene el vidrio reciclado molido y la cuarcita molida en el concreto, en reemplazo porcentual de 5 %, 10%, 15%, 20% y 25 % en peso del cemento estudiando su resistencia a compresión del concreto, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que para los ensayos de las características físicas y mecánicas se presentaron valores dentro del rango de aceptación, cumpliendo con los requisitos establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP).

De acuerdo a los ensayos realizados se determinó que al hacer el remplazo en un 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en peso del cemento por vidrio molido la resistencia a la compresión aumenta en un 0.43% y disminuye en 11.67%, 21.81%, 28.96% y 35.41% respectivamente a los 28 días de edad del concreto. Según los ensayos realizados se determinó que al hacer el remplazo en un 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en peso del cemento por cuarcita molida la resistencia a la compresión disminuyo en 1.4%, 8.46%, 11.26%, 23.26% y 31.73% respectivamente, a los 28 días de edad del concreto. La dosificación con mejor aporte de resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto fue el remplazo porcentual de 5% en peso del cemento por vidrio molido dando una resistencia de 510 kg/cm², aumentando su resistencia en un 0.43%. La dosificación con mejor aporte de resistencia a la compresión a 28 días de edad del concreto fue el remplazo porcentual de 5% en peso del cemento por cuarcita molida generando una resistencia de 501 kg/cm², disminuyendo su resistencia en un 1.4%. Al sustituir porcentualmente en peso del cemento por vidrio molido y/o cuarcita molida se aprecia que disminuye la trabajabilidad dándonos como resultado un slump menor a 3", por lo que se añadió agua y la relación agua cemento varia para así obtener un slump de 3" a 4". Del mismo modo el peso unitario del concreto disminuye a medida que se aumenta el porcentaje de vidrio molido y/o cuarcita molida

como sustituyente del cemento. En el ensayo de resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga a los tercios del tramo, se obtuvo que en el remplazo porcentual de 5% en peso del cemento por vidrio molido y/o cuarcita molida la resistencia a la flexión disminuye en 12.59% y 17.17% respectivamente, a 28 días de edad del concreto. En los ensayos de resistencia a la tracción indirecta con remplazo porcentual de 5% en peso del cemento por vidrio molido y/o cuarcita molida esta resistencia disminuye en 1.9% y 3.04% respectivamente en muestras cilíndricas a 28 días de edad. Ensayos adicionales de resistencia a la compresión a edades de 56 días del concreto con adición porcentual de 5% en peso del cemento por vidrio molido y/o cuarcita molida nos da como resultado una igualdad de resistencia con el vidrio molido y un aumento de resistencia de 2.45% con la cuarcita molida, detectándose claramente la actividad de reacciones a largo plazo. La Textura de las probetas de concreto con reemplazo de vidrio molido y/o cuarcita una vez transcurrida el tiempo de curado no tuvo una mayor diferencia. Con respecto a la exudación se presentó de forma más notoria en el concreto con un remplazo porcentual de 20% y 25% en peso del cemento por vidrio molido y con respecto al color se obtuvo diferencia significativa al aumentar el porcentaje de vidrio molido y/o cuarcita.

Por su lado Rojas (2015), en la tesis “ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA INCREMENTAR LA RESISTENCIA DE UN CONCRETO DE $f'c=210$ KG/CM² ADICIONANDO UN PORCENTAJE DE VIDRIO SÒDICO CÁLCICO”, trabajo de investigación presentado para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Privada Antonio Orrego, y cuyo principal objetivo es realizar el estudio experimental para obtener la resistencia de un concreto de $f'c=210$ kg/cm² adicionando un

porcentaje de vidrio sódico cálcico, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que la resistencia a la compresión obtenida fue de 318.75 Kg/cm² a los 28 días, utilizando una dosificación que incluye un porcentaje mínimo de vidrio molido. Los resultados obtenidos para obtener las características de los agregados fueron satisfactorios ya que estos cumplen con los husos granulométricos de la Norma Técnica Peruana 400.037. La dosificación para un concreto $f'c = 210$ Kg/cm² agregando un porcentaje mínimo de vidrio molido mediante el método del ACI, fue de 1 : 1.68 : 2.87 : 0.06Kg/bls / 22.7 lts/bls. La resistencia a la compresión obtenida en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días fueron de 184 Kg/cm², 220.4 Kg/cm², 245.4 Kg/cm² y 318.8 Kg/cm² respectivamente, utilizando una dosificación que incluye un porcentaje mínimo de vidrio molido. Considerando que la trabajabilidad para un concreto $f'c = 210$ Kg/cm² depende del asentamiento (slump) que tiene la mezcla, realizada la dosificación resultó 8cm, prueba que fue realizada con el cono de Abrams, por lo que se concluye que la adherencia del vidrio molido a la mezcla no afecta su consistencia en su estado fresco. Los resultados obtenidos resultaron no satisfactorios en cuanto a la propiedad de resistencia a la compresión que debe tener el concreto $f'c = 210$ Kg/cm², al parecer el porcentaje de vidrio molido añadido a una dosificación normal fue insuficiente.

De acuerdo a Walhoff (2017), en la tesis “INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO Y COSTOS DE FABRICACIÓN, COMPARADO CON EL CONCRETO CONVENCIONAL, BARRANCA-2016” ,trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, y cuyo principal objetivo es 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, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que 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.

Según Enriquez (2019), en la tesis “DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO F'CR 210 KG/CM2 MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN REEMPLAZO PARCIAL DE CEMENTO TIPO I EN LIMA-PERÚ”, trabajo de investigación presentado para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, y cuyo principal objetivo es realizar un diseño de mezcla para un concreto mediante la adición de vidrio molido reciclado en reemplazo parcial del cemento Tipo I, con una resistencia a la compresión requerida de 210 kg/cm² que sea más económico que un concreto sin adición en Lima - Perú, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que se ha comprobado que el vidrio molido sí funciona como puzolana al ser adicionado al concreto debido a que su índice de actividad puzolánica es mayor a 75%. Según el ensayo de contenido de sílice y el de contenido de sílice amorfa, se puede observar que el 68% del material es sílice, y el 99% de este, amorfo; por lo tanto, se

puede concluir que aproximadamente el 68% del vidrio molido es sílice amorfa, la cual puede reaccionar con la cal libre presente en el cemento. El vidrio molido utilizado en este proyecto tiene una absorción de agua casi nula, ocasionando que sea beneficioso realizar diseños de mezcla con este material. La calidad de los agregados (limpieza, forma y granulometría) impactan el comportamiento del concreto. Se observó que utilizando materiales de mejor calidad se obtenía un mejor comportamiento. El peso unitario del concreto está ligado directamente a su comportamiento. Mientras menor es el peso unitario, resulta en slump mayores y, por lo tanto, más trabajabilidad. Los resultados de las roturas de probetas indican que, a mayor porcentaje de vidrio en reemplazo de cemento en el concreto, menor es la resistencia a edades tempranas. El vidrio molido, al tener un peso específico menor al del cemento, ocupa más espacio en el diseño; por lo tanto, se genera mayor cantidad de pasta y, por ende, mayor slump. El costo de producción del vidrio molido reciclado es menor que el costo de producción del cemento. El diseño con 20% de vidrio es el que presenta el menor costo de fabricación debido a que reemplaza el insumo más costoso por vidrio.

La presente investigación tiene como justificación el propósito de aportar información conceptual nutrida y consistente acerca de la Propuesta de mejora técnico económica para vigas y columnas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210$ kg/cm², ya que en la actualidad los desechos generados por la actividad humana se han convertido en un problema por una serie de factores y posibles consecuencias, entre las cuales se tiene: problemas sanitarios, contaminación, impacto ambiental y desperdicio de recursos materiales que pueden ser reutilizados o reciclados. Entre los elementos desechados, el vidrio presente en los

botaderos de basura, es uno de los materiales que necesita mayor tiempo para su descomposición.

La realización de la investigación busca reducir el impacto que genera en el medio ambiente los residuos sólidos producidos por la población, específicamente desechos de vidrio, y así mismo disminuir la sobre explotación de canteras de los cuales se obtienen los agregados empleados en la industria de la construcción, es decir, en el proceso de elaboración del concreto; todo ello mediante el uso de material reciclado (vidrio molido), como agregado fino en la preparación de la mezcla concreto

Los resultados que se obtengan de este estudio contribuirán con información importante para la realización de investigaciones posteriores con respecto a la mejora técnico económica para vigas y columnas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm².

La presente investigación tiene como limitaciones los siguientes puntos:

Dependiendo del uso que se le vaya a dar a los elementos elaborados con esta mezcla de concreto propuesta, se podría requerir que el concreto cumpla ciertos requisitos de durabilidad, tales como resistencia al congelamiento y deshielo o ataque químico. Estas consideraciones podrían establecer limitaciones adicionales en la relación agua cemento (a/c), el contenido de cemento y en consecuencia podrían requerir el uso de aditivos.

A continuación, presentamos también los siguientes conceptos y definiciones básicas, relevantes para esta investigación:

➤ EL VIDRIO

✓ DEFINICIÓN

“El vidrio es una sustancia sólida, sobrefundida, amorfa, dura, frágil, que es complejo químico de silicatos sólidos y de cal que corresponde a la fórmula: SiO_2 $(\text{Na}_2\text{O})_m (\text{CaO})_n$ ” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2018, art. 2). Toro & Pereira, (2010) afirman que, “El vidrio es un producto inorgánico de fusión, enfriado hasta llegar a la condición de rigidez sin cristalización. El vidrio carece de punto de fusión determinado, al contrario de lo que ocurre con la mayor parte de los cuerpos”.

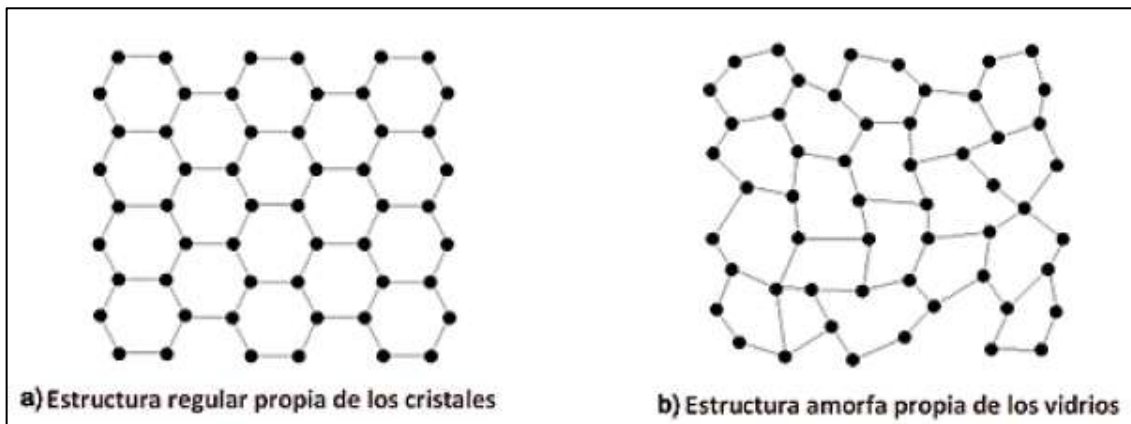


Figura 14: Estructura interna del vidrio y cristal

Fuente: (Quispe, 2020)

Es muy común la confusión entre vidrio y cristal, por lo que es necesario hacer una aclaración en este punto. Si bien es cierto que estos materiales pueden tener la misma composición, no obstante, poseen una ordenación diferente de su estructura atómica tal como se muestra en la figura 14. En el cristal los átomos permanecen ordenados, sin embargo, en el vidrio estos se presentan de forma desordenada, generándose un material amorfo (Quispe, 2020).

Los cristales son creados por la naturaleza y se hallan en diferentes formas, el cuarzo es un ejemplo claro de ello. La mayor parte de los cristales se forman a partir de la cristalización de gases a presión en la pared interior de cavidades rocosas, sin embargo, aquello que se fabrica fundiendo principalmente arena de sílice, es vidrio (Friends of Glass, 2019, párrafo 2).

✓ PROPIEDADES DEL VIDRIO

El vidrio es un material duro pero frágil al mismo tiempo, y algo que refuerza esa debilidad es la presencia de imperfecciones superficiales, como astilladuras o grietas. Posee características mecánicas que lo hacen muy útil para la fabricación de distintos objetos como botellas, frascos, vasos, etc. Según (Calderón, 2010) “El comportamiento mecánico del vidrio va a depender de factores como la rigidez de las uniones moleculares y fundamentalmente del estado de su superficie. En la superficie de los vidrios se albergar microfisuras que soportan esfuerzos mecánicos” (p.18). Todo lo antes mencionado da inicio a la rotura del material, luego de aplicado una carga o fuerza. A continuación, en la Tabla 2 se menciona las propiedades mecánicas del vidrio:

Tabla 2

Propiedades Mecánicas del vidrio

Resistencia	Vidrio		Observaciones
	Recocido	Templado	
A la compresión (Kg/cm ²)	10 000		Peso necesario para romper un cubo de vidrio de 1 cm de lado
A la tracción (Kg/cm ²)	400	1 000	Es variable y dependerá en parte de las micro fisuras que tenga en su superficie
A la flexión (Kg/cm ²)	400	1 000	La carga a flexión se descompone en una carga a tracción y otra a compresión .Debido a que la resistencia del vidrio a tracción

siempre será menor que la resistencia a compresión , fallara por tracción

Fuente: (Quispe, 2020)

El vidrio posee otras propiedades físicas y mecánicas, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Propiedades físicas y mecánicas del vidrio

Características	Símbolo	Valor numérico
Densidad (a 18° C)	P	2500 Kg/m ³
Dureza	-	6 (escala Mohs)
Módulo de Young	E	7×10^{10} Pa
Índice de Poisson	μ	0,22
Calor específico	C	$0,72 \times 10^3$ x
Coefficiente medio de dilatación lineal entre 20 y 300 °C	A	9×10^{-6} K ⁻¹
Conductividad térmica	A	1 W/(mK)
Índice de refracción medio en el espectro visible (380 nm y 780 nm)	N	1,5

Fuente: (Quispe, 2020)

✓ **FACTORES QUE AFECTAN A LA DURABILIDAD DEL VIDRIO**

En la figura 15 se muestran los factores que influyen en la durabilidad del vidrio

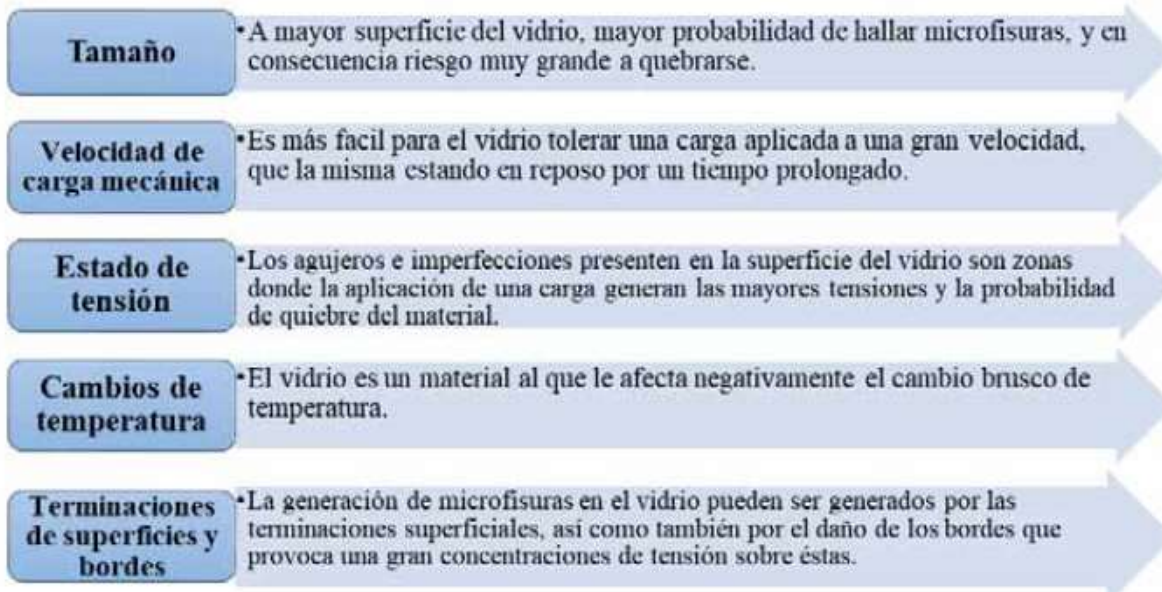


Figura 15: Factores que afectan a la durabilidad

Fuente: (Quispe, 2020)

Según Kamahu (2009), los envases a base de vidrio en ciertos casos poseen una gran resistencia, esto se debe varios motivos como la forma del envase, distribución de vidrio y grado de recocido. Si tiene algún defecto, ocurre distintos tipos de fractura: por impacto, por choque térmico o por presión interna; todas estas tienen por origen una descompensación en las fuerzas de tensión interna (párrafo 42).

✓ CLASIFICACIÓN DEL VIDRIO

En el mundo existen una gran variedad y muchas clases de vidrio, que poseen distintas características, composición química, y propiedades físico mecánicas como el color, forma, resistencia y además de ello las materias primas utilizadas en su proceso de fabricación, permite crear diferentes tipos de vidrios según el fin o uso, a la que van a ser destinados.



Figura 16: Clasificación del vidrio

Fuente: (Quispe, 2020)

De acuerdo al RNE (2018, Capítulo 2) Norma E.040, los vidrios se agrupan en dos grupos como son los vidrios primarios, que se obtienen directamente del horno de fundición y los vidrios secundarios, que son resultado de una segunda elaboración por parte de una industria transformadora que utiliza como materia prima el vidrio producido

por alguna industria primaria. Estos grupos de vidrios primarios y secundarios abarcan una gran variedad de tipos de vidrios tal como se representa en la figura 16

Es necesario mencionar que según su aplicación en el ámbito cotidiano del ser humano se tiene el vidrio de uso doméstico, los cuales son empleados para el almacenamiento de productos de carácter alimenticios, como por ejemplo las conservas, el vino y distintas bebidas, yogures, etc. El soplado es el sistema por el que se obtiene como resultado objetos tales como botellas, vasos y similares (Tipos, 2014, párrafo 4).

✓ COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL VIDRIO

Los dos tipos de vidrio que se usaron en la investigación fueron los de uso doméstico, es decir, vidrios de envases usados para el almacenamiento de productos alimenticios y bebidas, así como pedruzcos de vidrios usados en ventanas (vidrio plano). La Composición química de estos tipos de vidrio se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Composición de distintos tipos de vidrio (% en peso)

Compuesto Químico	Vidrio plano	Vidrio de Envases
SiO ₂	72.60	73.00
Al ₂ O ₃	0.70	1.40
Fe ₂ O ₃ + TiO ₂	0.22	0.10
CaO	8.60	10.50
MgO	4.10	1.60
Na ₂ O	13.30	12.80
K ₂ O	0.31	0.40
SO ₃	0.17	0.20

Fuente: (Quispe, 2020)

➤ **RECICLAJE Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

✓ **IMPACTO AMBIENTAL DEL RECICLAJE DE VIDRIO**

Reciclar vidrio es un proceso muy sencillo, gracias a las características que posee este material; además de ello, el reciclado del vidrio ofrece grandes ventajas para el medio ambiente como los que se indican a continuación:

- Disminuye el la cantidad y el volumen de residuos.
- Disminuye la explotación de canteras de agregados.
- El bajo costo de reciclado.

✓ **RECICLADO DE VIDRIO**

El reciclaje o reciclado de vidrio es un proceso a través del cual desechos y restos de vidrio se transforman en materiales que serán utilizados para fabricar nuevos productos. El reciclaje de vidrio, es una actividad muy favorable para el medio ambiente, no obstante, no puede ser realizado al 100 % de los vidrios existentes, solo se recicla, en gran volumen, el vidrio doméstico (botellas y demás envases alimenticios), así como se muestra en la Figura 17.



Figura 17: Objetos de vidrio de uso doméstico más comunes y 100% reciclables

Fuente: (Quispe, 2020)

En cuanto al vidrio industrial no siempre se recicla y es devuelto al ciclo de reciclado para ser reutilizado, ya que, a veces, los tratamientos a los que ha sido sometido, invalidan éste proceso (deposición de otros materiales, adhesión de láminas, serigrafías, etc.), más al contrario, si el vidrio industrial no ha sido sometido a los procesos antes mencionados, podría retornar al ciclo.

✓ CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

La Construcción Sostenible, de acuerdo a (Soriano, 2012), busca satisfacer las necesidades de vivienda e infraestructuras sin comprometer a las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Incorpora elementos de eficiencia económica, desempeño ambiental y responsabilidad social (p.16).

La construcción sostenible es un concepto que está en constante evolución, y según (Miranda, Neira, Torres, & Valdivia, 2014) comprende etapas que van desde el diseño y la selección de la materia prima empleados en el proceso constructivo. Así mismo considera

criterios de reciclaje, uso de tecnologías de ahorro de energía, e interacción con el medio ambiente, en el proceso de urbanización (p.16).

✓ **CONSTRUCCIÓN CON VIDRIO MOLIDO RECICLADO**

La industria de la construcción es uno de los sectores de más crecimiento en la ciudad del Cusco, que en los procesos constructivos, en especial en la elaboración y producción del concreto, necesita una gran cantidad de agregados, lo que genera una sobre explotación de las canteras (que son una especie de banco de materia prima), así como la alteración estética del ambiente natural del punto de extracción y el espacio geográfico que lo rodea; por ello, es necesario minimizar la reducción de consumo de agregados (finos y/o gruesos), preservando el espacio natural del área de influencia, mediante el uso de materiales reciclados, que en el caso de esta investigación es el vidrio que posteriormente es molido y luego empleado en la industria de la construcción, formando parte de elementos estructurales, sin alterar su función o desempeño estructural, contribuyendo de ese modo a la preservación del medio ambiente. La construcción utilizando vidrio molido reciclado en reemplazo del agregado fino se puede denominar como construcción ecoamigable y/o sostenible debido a que en su proceso emplea material de desecho que normalmente es arrojado a la basura o termina en la naturaleza.

Tabla 5

Tiempo de degradación de los residuos

Producto	Material	Tiempo de degradación de los residuos
Prendas de vestir	Algodón-lino	1 - 5 meses
Prendas	sintéticas	40 años
Medias o calcetas	Lana	1 año
Zapato	Cuero	3 - 5 años
Papel	Vegetal	3 semanas - 5 meses
Envase (conservas)	metal	10 - 100 años
Envase	plástico	300 años
Vidrio	-	4000 años - indefinido
Colilla de cigarro	-	1 - 2 años
Chicle	-	5 años
Pañales desechables	-	100 - 450 años
Botella	plástico	100 - 1000 años
Bolsa	plástico	150 años
Juguetes	plásticos	300 años
Pilas o baterías	-	+1000 años
Zapatillas	-	200 años
Tapas de botellas	metal	30 años

Fuente: (Quispe, 2020)

La naturaleza necesita alrededor de 4 000 años para degradar el vidrio, tal como se indica en la Tabla 5. “La degradación de residuos, es la reintegración a la naturaleza en natural de los residuos orgánicos e inorgánicos, a través de un proceso de desgaste o corrosión generado por factores climáticos (temperatura, humedad, luz, etc.) y microorganismos” (Fuentes Aliaga, 2018). Es por ello que; reciclar y reutilizar el vidrio es una manera eficiente de reducir los desechos, contribuyendo al cuidado del medio ambiente, al darle al vidrio un uso alternativo en la elaboración del concreto, en sustitución del agregado fino.

➤ CONCRETO

Hoy en día es indiscutible afirmar que, en la industria de la construcción el material más utilizado es el concreto, por la resistencia y durabilidad que ofrece, así como también por su versatilidad ya que puede ser empleado en diferentes obras civiles (edificios, canales, pavimentos, puentes, presas, entre otros). El concreto es elaborada de acuerdo a la aplicación o uso que se requiera, y diseñada en base a las normas. “El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado” (Rivva, 2000, p.8). En consecuencia, para poder entender y ser expertos en el uso de este material, hay que conocer no sólo las propiedades del producto resultante, sino también la de los componentes y su interrelación, ya que son en primer lugar los que le dan su particularidad.

✓ COMPONENTES DEL CONCRETO

“El concreto hidráulico u hormigón, es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena y grava y en algunos casos de aditivos.” (Gutiérrez, 2003, p.33). Es preciso indicar que el Aire también es considerado como un componente más del concreto, tal como se indica en la ecuación 1, en vista que la mezcla posee de 1% a 3% de aire atrapado y que además éste puede ser incorporado según la aplicación que se le quiera dar al concreto ya en estado endurecido.

$$\text{CONCRETO} = \text{Agregados} + \text{Cemento} + \text{Agua} + \text{Aire} + \text{Aditivos} \quad (1)$$

Tradicionalmente los aditivos eran materiales que se les usaba como un componente opcional del concreto, sin embargo, en la actualidad es un elemento indispensable cuya aplicación en la industria de la construcción es muy conveniente, por la necesidad alterar y mejorar algunas características del concreto: de modo tal, que el aditivo ayude a que el concreto se adecue a las condiciones que se requiere en obra.

✓ **CEMENTO**

Según Porrero, Ramos, Grases, & Velazco, (2014) el cemento es el componente activo del concreto e influye en todas sus características. Sin embargo, el cemento constituye aproximadamente sólo un 10 a un 20% del peso del concreto, siendo los materiales restantes los que condicionan que se desarrollen las propiedades del concreto (p. 91). El cemento Portland es un material finamente molido de color verdoso, el cual al ser mezclado con agua adquiere la característica de una masa plástica y moldeable, que al paso del tiempo atraviesa por el proceso de fraguado y endurecimiento, logrando de esa manera obtener resistencia y durabilidad (Torre, 2004, p. 5).

✓ **AGREGADO**

Según Rivva L. (2004) el agregado es el componente mayoritario del concreto, cuya presencia ocupa aproximadamente del 70% al 80% de la unidad cúbica, y que cumple un rol primordial en las propiedades del concreto. Que se pueden clasificar por su peso en normal, liviano o pesado. Por su granulometría en finos o gruesos (p. 14). Son llamados también áridos o inertes, son usualmente fragmentos o granos pétreos, cuya finalidad es de dotar a la mezcla de ciertas características favorables, entre las cuales se destaca la disminución de la retracción de fraguado y el desarrollo de ciertas propiedades en el

concreto, entre las cuales destacan: la trabajabilidad, las exigencias del contenido de cemento, la adherencia con la pasta y el desarrollo de resistencias mecánicas. (Porrero, Ramos, Grases, & Velazco, 2014, p. 61).

✓ AGUA

“El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y mortero, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante” (Gutiérrez, 2003, p.46). El agua, como elemento natural del planeta es considerado como materia prima para la elaboración y el curado del concreto, el cual debe cumplir ciertos parámetros y condiciones de calidad. “El agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en éste” (Torre, 2004, p.30).

En la región Cusco, tanto como en el resto del país es frecuente trabajar con aguas no potables, en especial en las zonas rurales. Sin embargo, el agua no potable también puede ser utilizada para preparar concreto, siempre y cuando cumplan con algunos requisitos mínimos, como estar limpia, exenta de ácidos, bases, aceites y materia orgánica.

✓ ADITIVOS

Rivva L. (2004), define al aditivo como “un material que no sienta agua, agregado, cemento hidráulico o fibra de refuerzo, se utiliza como un ingrediente del concreto y es añadido a la mezcla antes o durante el mezclado, para modificar propiedades del concreto fresco y/o endurecido (p. 59)”.

Existen varios tipos de aditivos y su uso depende según la necesidad que se tenga para otorgarle alguna característica en particular al concreto, en donde su aplicación se da

con la finalidad de modificar el comportamiento de concreto (condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad), de acuerdo a los requerimientos y especificaciones técnicas que se tenga en obra.

➤ **PROPIEDADES DEL CONCRETO**

✓ **PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

Se denomina concreto fresco al material mientras permanece en estado fluido, es decir desde que los componentes son mezclados hasta que se inicia el fraguado de la masa (periodo plástico). En ese lapso el concreto es transportado, colocado en moldes o encofrados y luego compactado manualmente o por vibración (Porrero, Ramos, Grases, & Velazco, 2014; p. 45). Estas propiedades están representadas en la figura x.

✓ **Trabajabilidad**

La trabajabilidad de una mezcla de concreto, según Quiroz & Salamanca (2006), se puede definir como la facilidad con la que esta puede mezclarse, manejarse, transportarse y vaciarse en su posición final con una pérdida mínima de homogeneidad. Esta, depende de las proporciones y características físicas de los ingredientes como se explica más adelante, de las condiciones de puesta en obra, de la geometría del elemento y del espaciamiento y tamaño del refuerzo (p. 143).

La trabajabilidad de la mezcla de concreto depende de sus componentes, de la manera como se realiza el mezclado, del método de diseño de mezcla, de las condiciones del medio ambiente y de las condiciones de trabajo. El tiempo que dura el estado de plasticidad entre una y otra localidad, y de una época del año a otra, en vista que las

condiciones del clima influyen considerablemente. En lugares cálidos y secos el estado fresco dura menos tiempo que en lugares húmedos y fríos (Quispe, 2020)

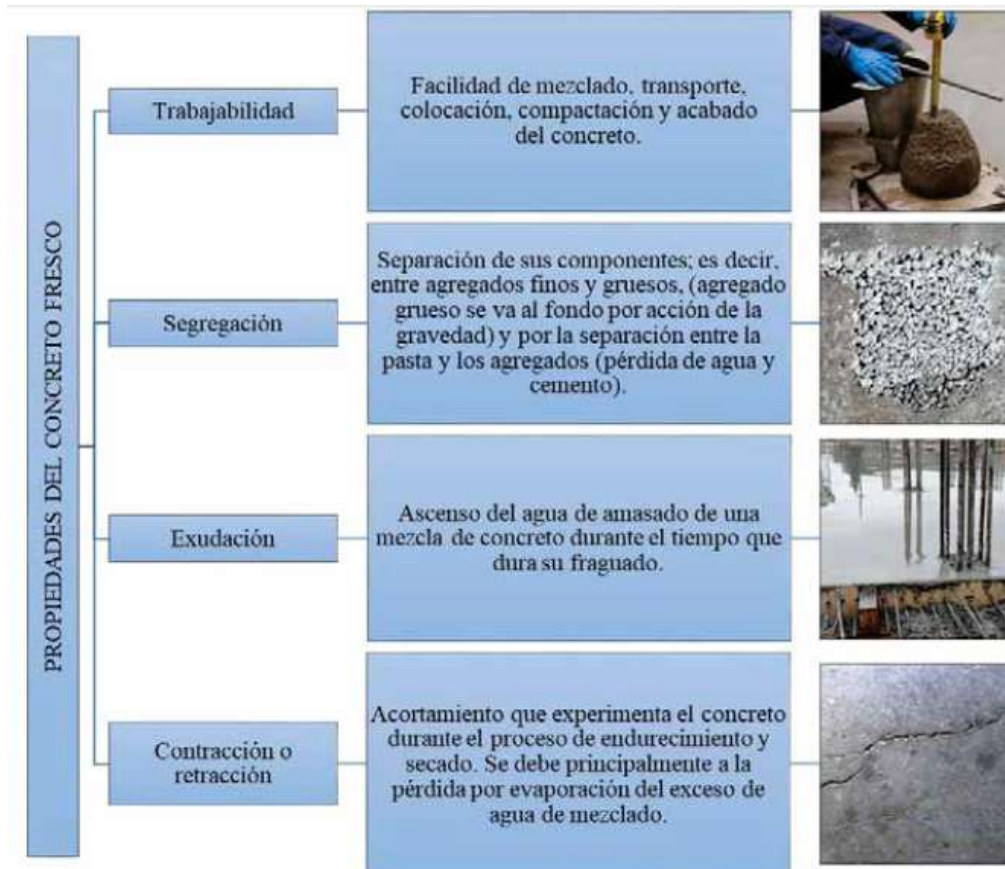


Figura 18. Propiedades del concreto fresco

Fuente: (Quispe, 2020)

✓ El Ensayo de Cono de Abrams

Mide la consistencia o fluidez de la mezcla de concreto, se le llama también ensayo de revenimiento o asentamiento, el cual consiste en compactar una muestra de concreto fresco en un molde tronco-cónico, midiendo el asentamiento o descenso de la mezcla luego de desmoldarlo.

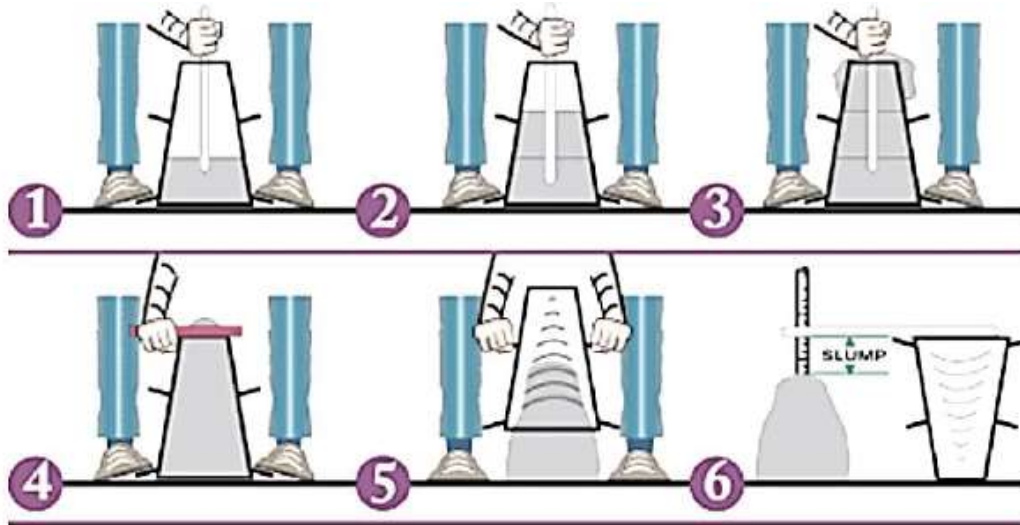


Figura 19: Determinación de la consistencia por el ensayo el cono de Abrams

Fuente: (Quispe, 2020)

De acuerdo Medina (2019) el procedimiento del Ensayo de Cono de Abrams es como sigue: Se coloca el tronco de cono sobre una superficie lisa, plana, horizontal (plancha metálica) y se lo mantiene afirmado al piso. Se presiona las aletas con los pies para mantener inmóvil el molde, seguidamente se vierte con un cucharón metálico una capa de concreto hasta un tercio de la altura y se chusea con la varilla, aplicando 25 golpes distribuidos uniformemente, para luego completar las otras dos capas de concreto, cada una ocupando un tercio de la altura del molde y consolidando la mezcla, de manera que la barra de acero penetre hasta llegar a la capa inmediata inferior sin penetrarla. Cuando el molde está lleno y enrasado, se levanta cuidadosamente el molde tomándolo por las aletas en dirección vertical, el concreto moldeado fresco se asentará, y este descenso de altura de la mezcla previamente medido se denomina Slump o asentamiento. Este proceso se debe realizar en 2 minutos como máximo, de los cuales el desmolde no debe tomar más de cinco segundos (figura 19).

Con este ensayo se puede determinar tres tipos de consistencia de mezclas según su asentamiento tal como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Consistencia y asentamientos

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 cm) a 2" (5 cm)
Plástica	3" (7.5 cm) a 4" (10 cm)
Fluida	≥ 5 " (12.5 cm)

Fuente: (Quispe, 2020)

➤ **PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO**

Luego del vaciado de la mezcla de concreto, este pasa de un estado fresco a un estado endurecido con el paso del tiempo, perdiendo paulatinamente humedad y adquiriendo dureza (Construmática, 2018). Quiroz & Salamanca (2006) afirman que: Las resistencias del concreto, tanto a compresión, tracción y flexión, y sus propiedades reciben la influencia de los tipos y cantidades de los materiales que conforman el concreto, y la forma de puesta en obra" (p. 115).

✓ **Resistencia a la compresión**

Es la medida el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta cilíndrica de concreto a una carga de presión, y determina el desempeño que ofrece esta probeta fracturándola en una máquina de ensayos de compresión, donde cuantitativamente se calcula la resistencia que ofrece, verificando la carga axial de ruptura aplicada sobre ésta, dividida entre el área de la superficie que soporta dicha carga y cuyo valor resultante se expresa en las unidades de kg/cm^2 (IMCYC, 2006, p. 20).

➤ DISEÑO DE MEZCLAS CON EL MÉTODO ACI-211

El comité 211 del ACI ha elaborado un procedimiento de diseño de mezcla, el cual, basándose en tablas, permite obtener valores de las cantidades de los materiales que componen el concreto por metro cúbico, y el cual, será empleado para el desarrollo de esta investigación.

✓ SECUENCIA DE DISEÑO.

a) Determinación de la resistencia promedio requerida, cuyo valor a tomar en cuenta debe ser el mayor resultado obtenido de la solución de las ecuaciones 2 y 3.

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 s \quad (2)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 s - 35 \quad (3)$$

Es preciso indicar, que en la circunstancia en el que no sea posible contar con un registro de resultados de ensayos previamente realizados, la resistencia promedio requerida se calculará empleando los valores que contiene la Tabla 7, y así de ese modo determinar la desviación estándar.

Tabla 7

Resistencia a la compresión promedio

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

Fuente: (Quispe, 2020)

b) Selección del tamaño máximo nominal del agregado. La tabla 8 muestra los límites de las curvas granulométricas que corresponden a tamaños máximos nominales comprendidos entre 2” y 3/8”; de acuerdo a la norma ASTM C 33.

Tabla 8

Requisitos granulométricos del agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 1/2 in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 1/2 in.)	25 mm (1 in.)	19 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 in.)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 in.)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 in.)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 in. a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 mm a 9 mm (1 1/2 a 3/4 in.)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
457	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in.)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 in. a N° 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 in. a N° 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in. a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: (Quispe, 2020)

c) Selección del Asentamiento.

El grado de humedad de la mezcla es definida por la consistencia (propiedad del concreto no endurecido). Según Rivva López (2014), las mezclas de concreto se clasifican de acuerdo a su consistencia en:

- i. *Mezclas secas*; donde el asentamiento varía de 0 a dos pulgadas (0 mm a 50 mm).
- ii. *Mezclas plásticas*; donde el asentamiento varía de tres a cuatro pulgadas (75 mm a 100 mm).
- iii. *Mezclas fluidas*; donde el asentamiento varía de cinco a más pulgadas (mayor de 125 mm).

La Tabla 9 muestra los rangos correspondientes a los concretos consolidados por vibración

Tabla 9

Selección del asentamiento

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples , cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: (Quispe, 2020)

- d) Selección de volumen unitario de agua de diseño.

La Tabla 10 permite seleccionar el volumen unitario de agua, para agregados al estado seco; considerando para ello el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia que se desea en la mezcla preparados con o sin aire incorporado.

- e) Selección del contenido de aire.

El aire atrapado en la mezcla de concreto es algo que siempre está presente en un pequeño porcentaje, cuya presencia es producida a causa de los materiales que componen

la mezcla, tamaño máximo del agregado y la granulometría, así como de las condiciones de mezclado, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 10

Volumen unitario de agua

Agua en l/m³ , para tamaños máximos nominales de agregados gruesos y consistencia indicada

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: (Quispe, 2020)

Tabla 11

Contenido de aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: (Quispe, 2020)

Tabla 12

Contenido de aire incorporado y total

Tamaño máximo nominal	Contenido de aire , en %		
	Exposición Suave	Exposición moderada	Exposición severa
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4.5	5.5
2"	2	4	5
3"	1.5	3.5	4.5
6"	1	3	4

Fuente: (Quispe, 2020)

Para el caso, que por condiciones de trabajo y severidad de las condiciones del clima a la que será expuesta, se requiere la incorporación de aire a la mezcla de concreto. La tabla 12 muestra tres niveles de aire total, que dependen del propósito de empleo de aire incorporado.

f) Selección de la relación agua/cemento, por resistencia. La tabla 13 muestra las relaciones agua/cemento en peso máximas permisibles, para diferentes valores de la resistencia promedio.

Tabla 13

Relación agua/cemento por resistencia

f'cr (28 días) Kg/cm ²	Relación agua / cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: (Quispe, 2020)

g) Determinación del factor cemento.

El factor cemento se establece por unidad cúbica de concreto, por medio de la división del volumen unitario de agua (litros/m³) entre la relación agua/cemento, así como se indica en la ecuación 4, dando como resultado la cantidad de kilos de cemento por metro cúbico de concreto.

$$Cantidad_{Cemento} = \frac{Agua\ de\ mezcla}{relación\ agua/cemento} \quad (4)$$

Para obtener el número de bolsas de cemento que son necesarios por metro cúbico de concreto, se divide la cantidad de cemento entre 42.5 kg.

h) Determinación del contenido de agregado grueso. La Tabla 14, permite obtener un coeficiente b/bo, el cual es resultado de dividir el peso seco del agregado grueso requerido por metro cúbico de concreto entre el peso unitario compactado del agregado grueso.

Coefficiente cuyo valor está determinado en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino.

Tabla 14

Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso , seco y compactado , por unidad de volumen de concreto , para diferentes módulos de fineza del fino (b/b ₀)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.8	0.78	0.76
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (Quispe, 2020)

Por consiguiente, la cantidad de agregado grueso de obtendrá de multiplicar el volumen de agregado grueso (b/b₀) y el peso unitario compactado del agregado grueso, así como se indica en la ecuación 5.

$$Cantidad_{Ag. Grueso} = \left[\left(\frac{b}{b_0} \right) \right] \times [PUC_{Ag. Grueso}] \quad (5)$$

i) Cálculo de la suma de los volúmenes absolutos de los componentes del concreto (cemento, agua, aire y de agregado grueso).

El volumen de los materiales que forman el metro cúbico de concreto se determina dividiendo el peso de los materiales entre su peso específico y en el caso del aire entre 100, para luego sumar el volumen de cada uno de ellos, tal como se indica en la ecuación 6.

$$V_1 = V_{\text{cemento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{aire}} + V_{\text{Ag.Grueso}} \quad (6)$$

j) Cálculo del volumen absoluto de agregado fino.

Para determinar la cantidad de agregado fino se realiza por diferencia del metro cúbico de concreto, es decir hallamos el volumen de arena aplicando la ecuación 7.

$$V_{\text{Ag.Fino}} = 1 - V_1 \quad (7)$$

k) Cálculo del peso seco del agregado fino. El peso del agregado fino por metro cúbico de concreto se obtiene multiplicando el volumen de arena por su peso específico, así como se indica en la ecuación 8.

$$\text{Cantidad}_{\text{Ag. Fino}} = (V_{\text{Ag. Fino}}) \times (PE_{\text{Ag. Fino}} \times 1000) \quad (8)$$

l) Cálculo de los valores de diseño de los componentes del concreto (cemento, agua, aire, agregado grueso y agregado fino).

Hasta este paso se obtuvieron los valores de diseño sin corrección por humedad, como se muestran a continuación:

- Cemento (del Paso “g”)
- Agua (del Paso “d”)
- Aire (del Paso “e”)
- Agregado Grueso (del Paso “h”)
- Agregado Fino (del Paso “k”)

m) Corrección por humedad del agregado, de los valores de diseño. La corrección por humedad tanto del agregado grueso y de agregado fino se realiza considerando para ello los contenidos de humedad de cada uno de ellos respectivamente, tal como se indica en las ecuaciones 9 y 10.

$$Ag. Grueso_{(Corregido)} = (Ag. Grueso) \times \left(1 + \frac{Contenido\ de\ humedad}{100} \right) \quad (9)$$

$$Ag. Fino_{(Corregido)} = (Ag. Fino) \times \left(1 + \frac{Contenido\ de\ humedad}{100} \right) \quad (10)$$

Así mismo el aporte de humedad del agregado al agua neta de la mezcla se terminará mediante las ecuaciones 11 y 12.

$$Agua_{(Ag. Grueso)} = (Ag. Grueso) \times \left(\frac{Contenido\ de\ humedad - Absorción}{100} \right) \quad (11)$$

$$Agua_{(Ag. Fino)} = (Ag. Fino) \times \left(\frac{Contenido\ de\ humedad - Absorción}{100} \right) \quad (12)$$

Por consiguiente, el agua efectiva de acuerdo a la ecuación 13 será:

$$Agua_{(efectiva)} = Agua_{(De\ diseño)} - (Agua_{(Ag. Grueso)} + Agua_{(Ag. Fino)}) \quad (13)$$

n) Cálculo los de los componentes del concreto, corregidos por humedad del agregado.

Los pesos de los materiales por metro cúbico serán:

- Cemento
- Agua(efectiva)
- Aire
- Agregado Grueso(corregido)
- Agregado Fino(corregido)

o) Cálculo de la proporción en peso del concreto.

$$\text{Cemento} : \text{Agregado Fino} : \text{Agregado Grueso} + \text{Agua (Efectiva)}$$

p) Cálculo de la proporción en base al volumen suelto, se obtiene en base a las ecuaciones 14, 15 y 16.

$$V_{\text{Cemento(m}^3)} = \frac{\text{Peso cemento (kg)}}{P.U.\text{ cemento (kg/m}^3)} \quad (14)$$

$$V_{\text{Ag. Fino (m}^3)} = \frac{\text{Peso Ag. Fino (Corregido) (kg)}}{P.U.\text{ Ag. Fino (Corregido) (kg/m}^3)} \quad (15)$$

$$V_{\text{Ag. Grueso (m}^3)} = \frac{\text{Peso Ag. Grueso (Corregido) (kg)}}{P.U.\text{ Ag. Grueso (Corregido) (kg/m}^3)} \quad (16)$$

Proporciones en volumen:

$$\text{Cemento} : \text{Agregado Fino} : \text{Agregado Grueso} / \text{Agua} \left(\frac{l}{bls} \right)$$

$$\frac{V_{\text{Cemento(m}^3)}}{V_{\text{Cemento(m}^3)}} : \frac{V_{\text{Ag. Fino (m}^3)}}{V_{\text{Cemento(m}^3)}} : \frac{V_{\text{Ag. Grueso (m}^3)}}{V_{\text{Cemento(m}^3)}} / \text{Agua} \left(\frac{l}{bls} \right)$$

1.2. Formulación del problema

¿ De qué manera elaborar una propuesta de mejora técnico económica para vigas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm² ?

1.2.1. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las propiedades físicas de los agregados que serán empleados en la preparación del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de vidrio molido para elaborar vigas de concreto armado?
- ¿Qué porcentaje de vidrio reciclado molido añadido a la mezcla de concreto , garantiza la producción de un concreto $f'c=210$ kg/cm² para elaborar vigas de concreto armado con adecuada resistencia a la flexo - compresión ?
- ¿Cuál es la diferencia de costos que existe en producir concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, con respecto al concreto convencional, para elaborar vigas de concreto armado?

1.3. Objetivos

Elaborar la propuesta de mejora técnico económica para vigas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm².

1.3.1. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de los agregados que serán empleados en la preparación del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de vidrio reciclado molido para elaborar vigas de concreto armado.

- Establecer la apropiada cantidad o porcentaje de vidrio reciclado molido añadido en la mezcla de concreto, de manera que garantice la producción de un concreto $f'c = 210$ kg/cm² para elaborar vigas de concreto armado con adecuada resistencia a la flexo - compresión.
- Realizar un análisis de costo de producción de concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, en comparación al concreto convencional, para elaborar vigas de concreto armado.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- **Hipótesis Nula (H₀):** La elaboración de la propuesta de mejora técnico económica para vigas de concreto armado con añadido de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm², no permitió identificar y/o demostrar si responde igual o mejor que el concreto convencional
- **Hipótesis Alterna (H_a):** La elaboración de la propuesta de mejora técnico económica para vigas de concreto armado con añadido de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm², permitió identificar y/o demostrar si responde igual o mejor que el concreto convencional.

1.4.2. Hipótesis específicas

1.4.2.1. Hipótesis específica 1

- **Hipótesis Nula (Ho):** La determinación de las propiedades físicas de los agregados, no permitió diseñar y elaborar adecuadamente un concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, para elaborar vigas de concreto armado.
- **Hipótesis Alterna (Ha):** La determinación de las propiedades físicas de los agregados, permitió diseñar y elaborar adecuadamente un concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, para elaborar vigas de concreto armado.

1.4.2.2. Hipótesis específica 2

- **Hipótesis Nula (Ho):** Al añadir un porcentaje apropiado de vidrio reciclado molido a la mezcla de concreto no hubo una mejora significativa en la flexión de las vigas de concreto armado, así mismo en la compresión de las probetas de concreto.
- **Hipótesis Alterna (Ha):** Al añadir un porcentaje apropiado de vidrio reciclado molido a la mezcla de concreto si hubo una mejora significativa en la flexión de las vigas de concreto armado, así mismo en la compresión de las probetas de concreto.

1.4.2.3. Hipótesis específica 3

- **Hipótesis Nula (Ho):** El análisis de costos de producción de concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, no es más barato en comparación al concreto convencional, para elaborar vigas de concreto armado.
- **Hipótesis Alterna (Ha):** El análisis de costos de producción de concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, es más barato en comparación al concreto convencional, para elaborar vigas de concreto armado.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Tipo

El tipo de investigación es aplicada, porque servirá como una técnica nueva para el desarrollo y elaboración de un concreto con adición de vidrio molido reciclado optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, permitiendo obtener materiales alternativos para vigas y columnas de concreto armado con propiedades mecánicas similares o mejores a los elementos estructurales convencionales y asimismo reducir el impacto medioambiental.

2.1.2. Diseño de investigación.

La presente investigación es de diseño experimental debido a que en ella se establece una situación de control en la cual se manipula de manera intencional la variable independiente concreto con adición de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, para que se pueda analizar las consecuencias sobre la variable dependiente mejora técnico económica para vigas y columnas de concreto armado a ensayar.

Dentro del diseño experimental es de Experimento Puro, ya que reúne los dos requisitos principales que son el control, para lo cual se formó dos grupos de comparación, y la validez interna, pues los grupos se formarán aleatoriamente; además se evaluará una variable independiente (concreto con adición de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) y una variable dependiente (mejora técnico económica para vigas y columnas de concreto armado a ensayar).

Siendo la investigación transversal, con la manipulación de una variable y la comparación con el parámetro de control.

Variable Independiente: concreto con adición de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$.

Variable Dependiente: mejora técnico económica para vigas de concreto armado a ensayar.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
MEJORA TÉCNICO ECONÓMICA PARA VIGAS DE CONCRETO ARMADO A ENSAYAR	Propiedades del concreto fresco	Asentamiento
		Peso unitario
	Propiedades del concreto endurecido	Esfuerzo
	Resistencia a la compresión	Módulo de ruptura Deformación unitaria
	Resistencia a la flexión	Volumen
CONCRETO CON ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO MOLIDO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $F'c =$ 210KG/CM ²	Vidrio molido reciclado	Porcentaje de adición
	Agregado grueso	Granulometría
	Agregado fino	$F'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

Figura 20: Variables de la investigación

Fuente; Elaboración propia

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

La población por tratarse de una investigación experimental, estará constituida 48 probetas cilíndricas y 36 probetas prismática.

2.2.2. Muestra

El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia y al ser de nivel cuasi experimental, su población es lo mismo que la muestra, en el cual se tomó 48 probetas cilíndricas y 36 probetas prismática, de las cuales 12 probetas cilíndricas más 18 vigas prismática fueron diseñadas con concreto convencional y 36 probetas cilíndricas más 18 vigas prismática restante fueron diseñadas con concreto convencional adicionando vidrio molido reciclado con refuerzos de acero de 4 mm, 3/8" y 1/2", lo antes mencionado se ensaya a los: 7 días, 14 días, y 28 días de la fecha del vaciado.

Tabla 15

Número de probetas ensayadas a compresión.

Descripción	Ensayos a la compresión		
	7 días	14 días	28 días
Diseño patrón optimizado	4.00	4.00	4.00
Diseño optimizado 5% de vidrio molido reciclado	4.00	4.00	4.00
Diseño optimizado 10% de vidrio molido reciclado	4.00	4.00	4.00
Diseño optimizado 15% de vidrio molido reciclado	4.00	4.00	4.00
Subtotal	16.00	16.00	16.00
Total		48.00	

Tabla 16

Número de vigas ensayadas a flexión.

Descripción	Ensayos a la flexión		
	7 días	14 días	28 días
Concreto optimizado con refuerzo de acero de ½”	2.00	2.00	2.00
Concreto optimizado con refuerzo de acero de 3/8”	2.00	2.00	2.00
Concreto optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	2.00	2.00	2.00
Concreto optimizado con 5% de fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de ½”	2.00	2.00	2.00
Concreto optimizado con 5% de fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 3/8”	2.00	2.00	2.00
Concreto optimizado con 5% de fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	2.00	2.00	2.00
Subtotal	12.00	12.00	12.00
Total		36.00	

2.2.3. Unidad de Estudio

La probeta o espécimen de concreto:

- Para compresión de $\varnothing = 6$ “y $L = 12$ “. (ASTM C39)
- Para flexión sección cuadrada 150 x 150 milímetros y 500 milímetros de longitud. (ASTM C78)

2.3. Técnicas e instrumentos

2.3.1. Técnicas:

- La observación directa.
- Análisis de materiales.
- Fórmulas
- Diseño de mezclas
- Ensayos

2.3.2. Instrumentos de recolección datos.

Ficha de observación directa. Este instrumento permite ser metódico en cuanto al cumplimiento del cronograma para recolección de datos: recolección de las muestras de los agregados de una determinada cantera, pruebas de los respectivos ensayos de los agregados, Método del ACI para el diseño de mezcla a la que incluiremos un porcentaje de vidrio molido, Ruptura de probetas en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días.

2.3.3. Técnicas de análisis de datos

Se procedió a la comparación y análisis porcentual de los resultados que arrojaron los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras de concreto patrón y concreto al añadirle un porcentaje de vidrio molido reciclado.

Asimismo, se ha utilizado el programa estadístico IBM SPSS v25, el cual es un software de análisis estadístico predictivo que ofrece técnicas avanzadas fácil de usar. A fin de validar nuestra herramienta, se analizó en el IBM SPSS v25 la prueba de “T-

Student” con un nivel de significancia del 5%, los cuales nos determinarán la fiabilidad del instrumento de investigación

2.4. Procedimiento

A continuación, se describe la secuencia lógica de actividades que se realizaron para desarrollar el diseño de mezcla según la norma ACI 211, para ello es importante saber las características físicas a requerir para este diseño:

P. Especif. De Masa Seco (kg/m³)

P. Especif. De Masa SSS (kg/m³)

P. Especif. De masa Aparente
(kg/m³)

P. Unitario Compactado (kg/m³)

P. Unitario Suelto (kg/m³)

Absorción (%)

Contenido de Humedad (%)

Módulo de Fineza

% < Malla N° 200 (0.75 μ m)

Figura 21: Características físicas.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio MATESTLAB SAC, el mismo que se encuentra ubicado en Lima, distrito de san Martín de Porres a una temperatura ambiente de 22 grados centígrados.

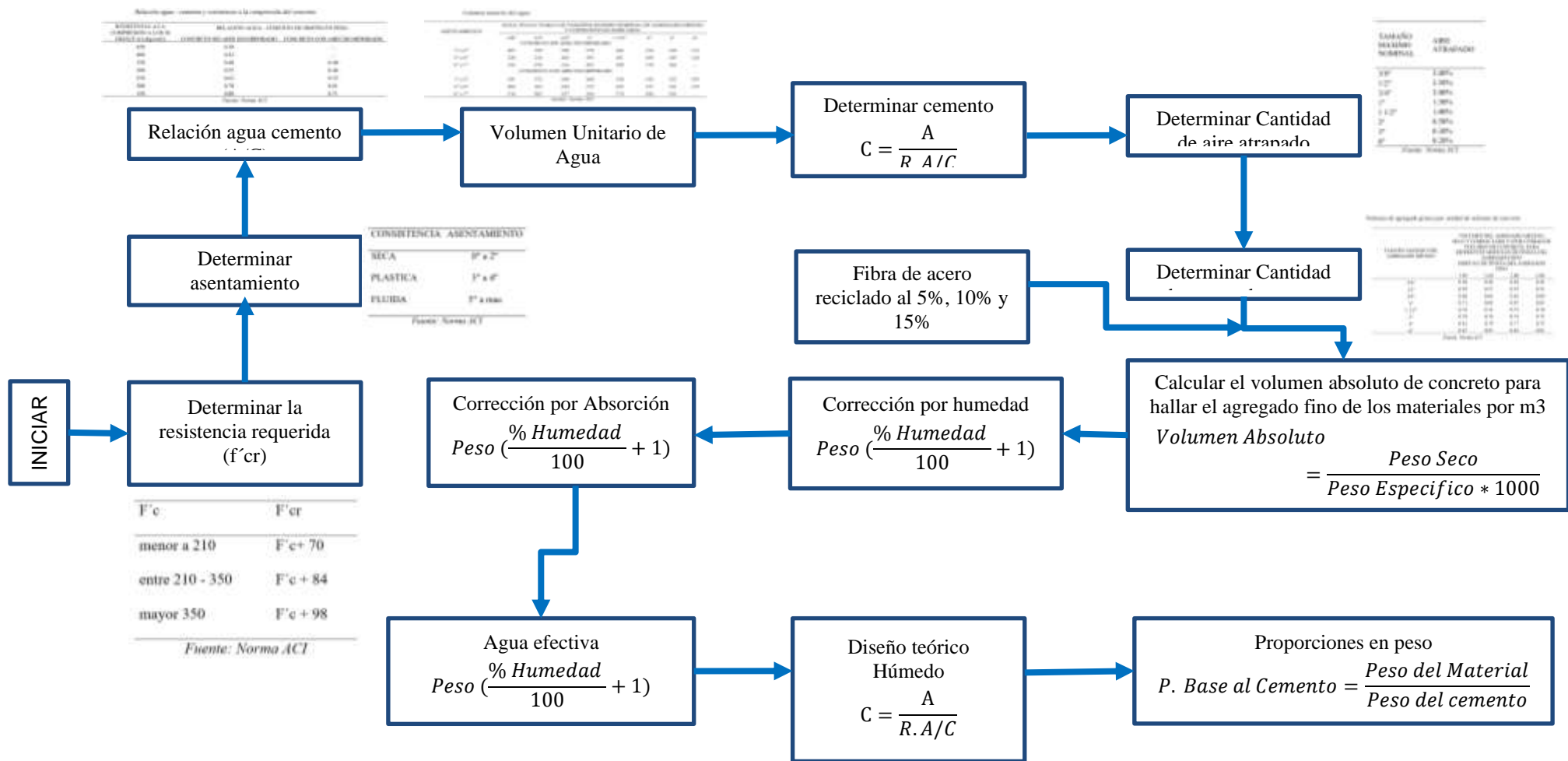


Figura 22: Ensayos en el laboratorio MATESTLAB SAC

Fuente: Crispin & Macalopú, 2020

La técnica que se está implementando es de observación directa apoyándonos en la norma del diseño de mezcla ACI 211, añadiendo el vidrio molido reciclado como resistencia para un concreto convencional de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ lo que denominaremos como probetas de control.

Teniendo en cuenta el diseño de mezcla según la norma ACI 211, el siguiente procedimiento:

- a) Se recolectó el vidrio molido reciclado mediante el proceso de reciclaje.
- b) Se procedió la limpieza del material reciclado para su posterior almacenamiento.



Figura 23: Vidrio reciclado preparado para ser molido

Fuente: Propia



Figura 24: Selección, muestreo y pesado del vidrio reciclado molido

Fuente: Propia

- c) Ensayo granulométrico del agregado grueso y fino.
- d) Se determinó el Tamaño máximo (TM) y tamaño máximo nominal (TMN) de los agregados.
- e) Ensayo de contenido de humedad y absorción.



Figura 25: Obtención del contenido de humedad y absorción de los agregados.

Fuente: Propia

f) Se determinó la resistencia requerida ($f'cr$).

a) Materiales y equipo:

En los materiales se utilizaron el agregado grueso, agregado fino; dentro de los equipos se utilizan una columna de tamices de: 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200, balanza, taras y un cucharón metálico.

b) Procedimiento.

• **Agregado Fino**

Se tomó una muestra de la cantera seleccionada, se procedió a cuartear, luego se pasó a pesar la muestra, para eso ya se tiene listo la columna de tamices ordenadas según la norma ASTM D-422, ASSHTO T88, llenamos el agregado tapamos la columna y se procede a agitar por un prólogo de 10min, una vez ya terminado se procede a pesar lo que ha sido retenido por cada malla y en el fondo de la cacerola.

- **Agregado grueso**

Se tomó una muestra de la cantera seleccionada, se procedió a cuartar, en seguida fue pesada la muestra obtenida, se introdujo el agregado en las mallas correctamente ordenadas de acuerdo a la norma ASTM D-422, ASSHTO T88, se agito, una vez terminado el tamizado se procede a pesar lo que ha retenido cada malla.

Una vez ya realizado el ensayo del agregado fino y grueso se procede a los cálculos correspondientes.

c) Ensayo de Peso Unitario (NTP 400.017, 1999)

Es el peso de la unidad de volumen de material a granel en las condiciones de compactación y humedad es que se efectúa el ensayo, expresada en kg/m³. Se puede realizarse el ensayo sobre agregado fino y agregado grueso.

Se aplicará el siguiente procedimiento para obtener el Peso Unitario según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.017).

$$P.U = \frac{G - T}{V} \quad (1)$$

$$P.U = \frac{G - T}{F} \quad (2)$$

Donde:

P.U: Peso Unitario del agregado en kg/m³ (lb/p³)

G: Peso del recipiente de medida más agregado en kg (lb)

T: Peso del recipiente de medida en kg (lb)

V: Volumen de la medida en m³ (p³)

F: Factor de medida en m⁻³ (p⁻³)

Para obtener el peso unitario por este método de ensayo solo para agregado en estado seco. Si se tiene saturado con superficie seca (SSS) para calcular el peso unitario se requiere el siguiente procedimiento.

$$P.U_{SSS} = P.U \left(1 + \frac{A}{100} \right) \quad (3)$$

Donde:

P.U_{SSS}: Peso Unitario en la condición Saturado Superficial Seco en kg/m³ (lp/p³).

A: Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 o NTP 400.022.

Para obtener el contenido de vacíos del agregado utilizando el peso unitario calculado según el peso unitario del agregado (1) (2)

$$\% \text{ vacíos} = 100 \frac{(P.E * W) - P.U}{P.E * W} \quad (4)$$

Donde:

P.E: Peso Específico de masa (base seca) de acuerdo a la norma NTP 400.022

P.U: Peso Unitario del agregado en kg/m³ (lb/p³)

W: Densidad del agua, 998 kg/m³ (62.3 lb/p³)

- **Materiales y equipos**

Entre los materiales se utilizó agregado grueso y agregado fino, y como equipo una balanza con presión de 0.1%, una varilla compactadora, una varilla lisa redonda de acero de 5/8” de diámetro y 24” de largo, teniendo un extremo o ambos redondeando a una punta semiesférica de 5/8” de diámetro, un recipiente volumétrico para el molde y un cucharón metálico de tamaño convencional para llenar el molde.

- **Procedimiento**

Se desarrollará este método de ensayo el cual relaciona la masa/volumen del agregado, en condiciones suelto y compactadas como también se determinará el cálculo de porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado según su densidad de masa.

d) Peso Unitario Suelto para el Agregado Fino y Grueso

- **Paso 1**

Se determina el peso del molde, se coloca un molde en un lugar nivelado sobre la bandeja metálica, luego con el cucharón metálico se coloca el agregado en el molde hasta una altura que no exceda 2”, se procedió a nivelar con una varilla, luego se pesa el molde con el agregado incluido, se debe de hacer 3 repeticiones.

e) Peso Unitario Compactado para el Agregado Fino y Grueso

- **Paso 1**

Se determina el peso del molde, se coloca un molde en un lugar nivelado sobre la bandeja metálica, luego con el cucharón metálico se coloca el agregado en el molde hasta una altura de un tercio del molde luego se da 25 golpes con la varilla, se le agrega hasta los

dos tercios del molde luego se da 25 golpes con la varilla luego se pesa el molde con el agregado incluido, se le agrega hasta rebosar el molde luego se da 25 golpes con la varilla, luego se pesa el molde con el agregado incluido.

f) Peso específico y absorción.

Este tipo de ensayo se realiza a los materiales para determinar, las propiedades física y mecánicas del agregado (VTP 400.021/ASTM C127).

Así como:

- Peso específico de masa SSS y aparente.
- Porcentaje de absorción y contenido de humedad.

g) Ensayo de Contenido de Humedad.

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. (NTP 339.185)

- **Para el agregado grueso se utilizaron piedras chancadas**

Tabla 17

CH% del Agregado Grueso

N° de muestra	1	2	3
P. T			
P.T + A.G			
P.T + A. S			

- **Para el agregado fino se utilizaron arena gruesa**

Tabla 18

CH% del Agregado Fino

N° de muestra	1	2	3
P. T			
P.T + A.F			
P.T + A. S			

Donde:

P.T: Peso de la tara

A.G: Agregado Grueso

A.F: Agregado Fino

A.S: Agregado seco

- **Materiales y equipos**

Como material se utilizó el agregado grueso o fino con humedad natural; con los equipos se utilizó un horno con un intervalo de 95°C a 105°C, una balanza, taras, guantes que protejan del calor, un cucharón metálico y recipiente para muestras.

- **Procedimiento**

El material utilizado ya sea agregado grueso o fino, en primer lugar, se pesa la tara, luego se toma un cálculo aproximado de material, se llena el agregado húmedo en las taras y se pesó, es llevado al horno durante 24 horas a una temperatura de 100°C, se saca del horno para dejarlo enfriar y se vuelve a pesar (tara + muestra seca).

Culminado el ensayo se procede a realizar los cálculos de contenido de humedad.

Para la Elaboración de especímenes cilíndricas y prismáticas

a) Ensayo de concreto fresco.

Para determinar la docilidad del concreto fresco se realizó por el método de la prueba de revenimiento (asentamiento) con el cono de Abrams, elaborado en el laboratorio (NTP 339.035, 1999).

- **Material y equipos.**

1. Muestras de concreto fresco.
2. Cono de Abrams.
3. Varilla pisón compactador de acero liso ($5/8'' \times 0.60\text{cm}$)
4. Una bandeja metálica.
5. Un cucharón metálico
6. Wincha

- **Material y equipos.**

1. Placa de acero liso (no absorbente)
2. Molde humedecido
3. Apoyo del molde sobre la placa de acero liso.
4. Presión con los dos pies sobre los estribos del molde
5. Llenado del molde en tres capas.
6. Compactación con la varilla pisón compactadora con 25 penetraciones en forma de espiral, en toda su profundidad (primera capa).

7. En la segunda y tercera capa la compactación será con una penetración de 1" de la capa anterior.
8. En la última capa se adiciona un excedente de concreto para luego hacer el varillado y enrasado del concreto.
9. Hacemos presión con los dos brazos sobre las asas y dejamos de hacer presión con los pies retirando suavemente de los estribos del cono
10. Levantamos el molde suavemente de un tiempo de 5 a 10 segundos, en forma vertical de un solo movimiento
11. Finalmente realizamos la medición del asentamiento, volteando el cono de Abrams y colocando sobre ella la varilla.

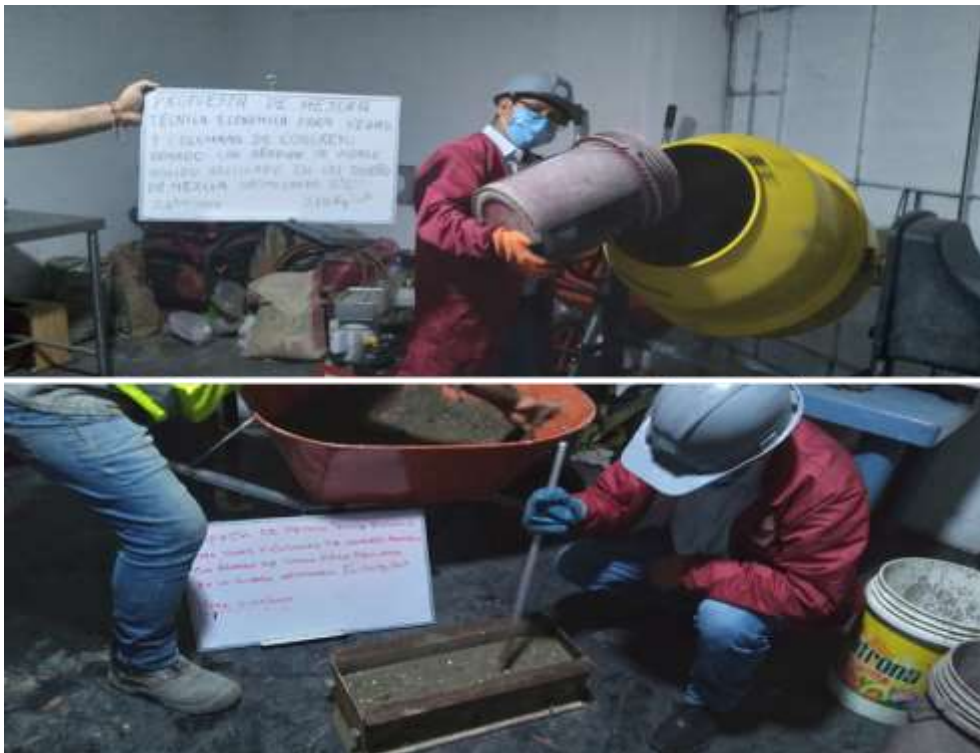


Figura 26: Elaboración del concreto con vidrio reciclado molido

Fuente: Propia



Figura 27: Elaboración de probetas de concreto con vidrio reciclado molido

Fuente: Crispin 2020



Figura 28: Elaboración de viguetas prismáticas armadas con adición de vidrio reciclado molido

Fuente: Propia

De acuerdo a la secuencia lógica presentada con antelación, se mostrará los ensayos realizados a los agregados y el diseño de mezcla para la elaboración del concreto patrón optimizado:

Tabla 19

Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	25.4	3.48	3.48	96.52	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	100.2	13.73	17.21	82.79	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	178.5	24.46	41.67	58.33	50.00	85.00
# 30	0.59 mm	160.5	21.99	63.66	36.34	25.00	60.00
# 50	0.30 mm	120.2	16.47	80.13	19.87	5.00	30.00
# 100	0.15 mm	95.0	13.02	93.15	6.85	0.00	10.00
# 200	0.07 mm	0.0	0.00	93.15	6.85	0.00	5.00
Fondo	0.01 mm	50.0	6.85	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

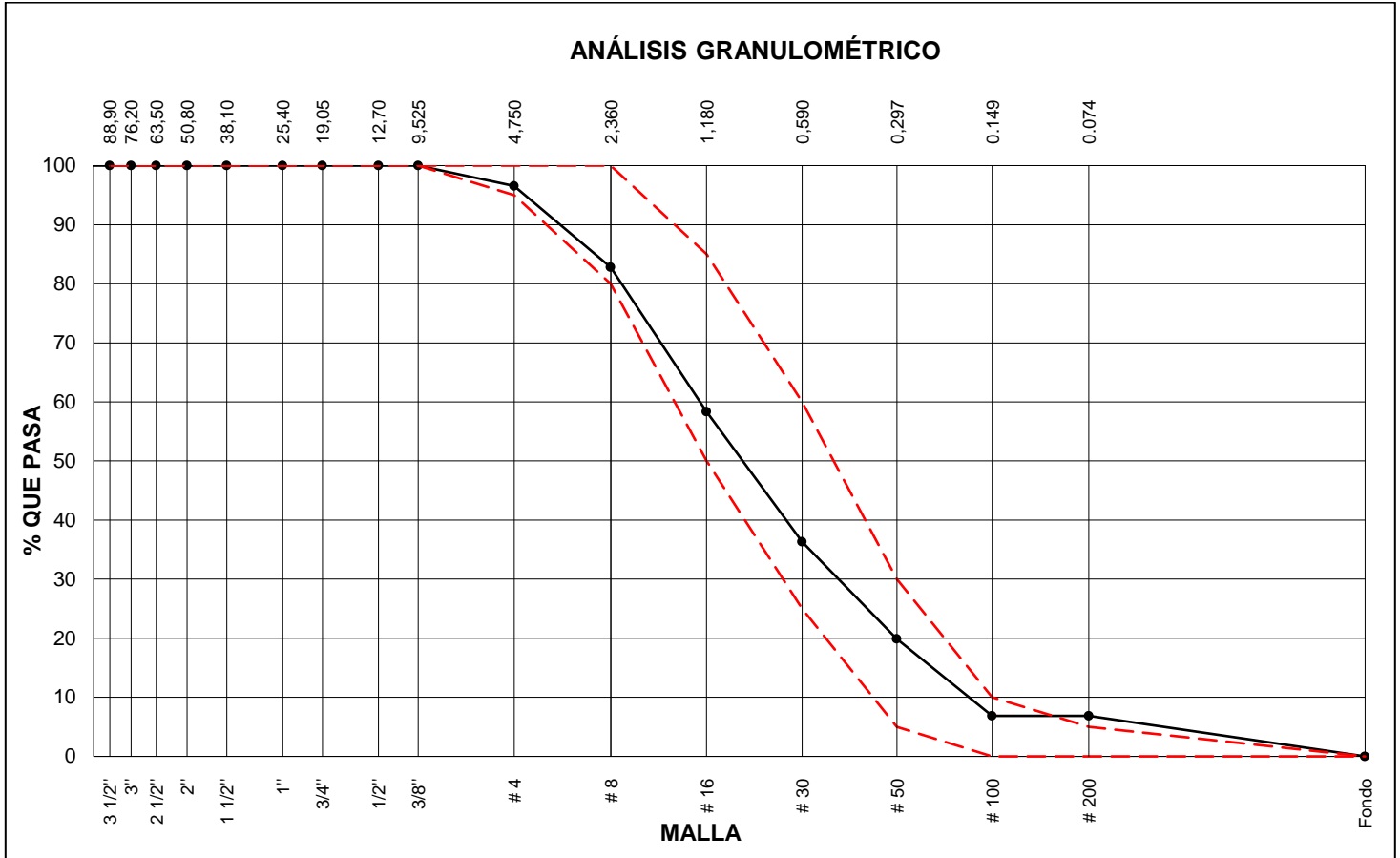


Figura 29: Análisis granulométrico del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa

Fuente: Propia

Tabla 20

Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2585.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2685.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2725.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1805
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1589
Absorción (%)	1.68
Contenido de Humedad (%)	2.60
Módulo de Fineza	2.99
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	2.20

Fuente: Propia

Tabla 21

Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67

AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 67							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	78.5	1.38	1.38	98.62	90.00	100.00
1/2"	12.70 mm	2295.5	40.48	41.86	58.14	50.00	79.00
3/8"	9.53 mm	1674.5	29.53	71.39	28.61	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	1582.2	27.90	99.29	0.71	0.00	10.00
# 8	2.36 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	5.00
# 16	1.18 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 30	0.59 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 50	0.30 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 100	0.15 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 200	0.07 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
Fondo	0.01 mm	40.2	0.71	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

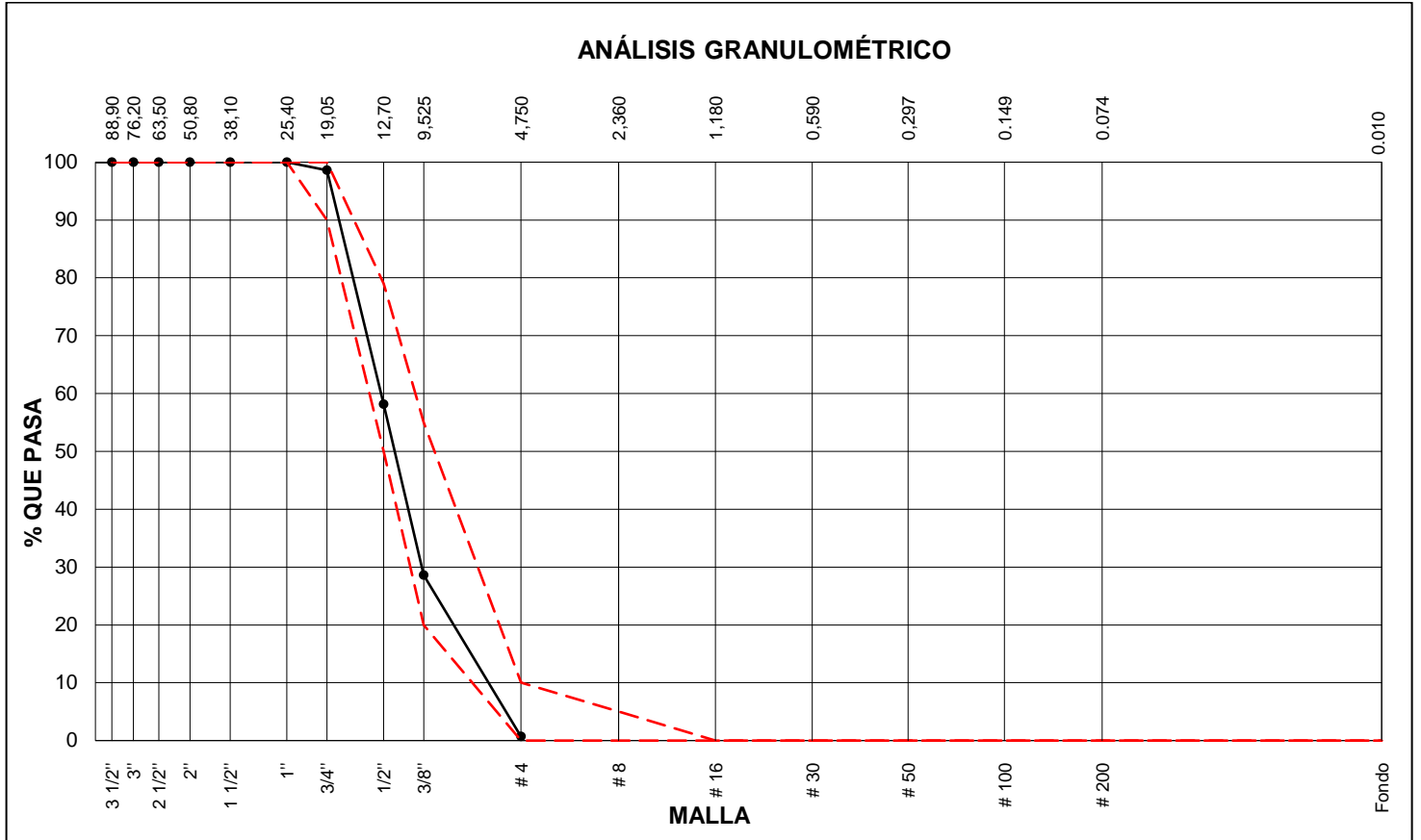


Figura 30: Análisis granulométrico del Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67

Fuente: Propia

Tabla 22

Características físicas del Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2785.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2795.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2825.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1665
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1545
Absorción (%)	0.61
Tamaño Máximo	1 "
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6.69
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	0.35
Contenido de Humedad (%)	1.60

Fuente: Propia

A. Peso específico y absorción del agregado fino.

Datos

- PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO BALÓN + PESO AGUA: 970.05 gr
- PESO DE LA ARENA SSS + PESO BALÓN: 649.40 gr
- PESO DEL AGUA (W = 1 - 2): 320.65 gr
- PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + PESO BALÓN: 642.60 gr
- PESO BALÓN: 149.40 gr
- PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO (A = 4 - 5): 493.20 gr
- VOLUMEN DEL BALÓN (V = 500): 500.00 gr

Resultados

- Peso específico de masa 2750 gr/cc
- Peso específico de masa S.S.S 2788 gr/cc
- Peso específico aparente 2858 gr/cc
- Porcentaje de absorción (%) 1.4 %

B. Contenido de humedad del agregado fino

Datos

- PESO DE LA TARA: 28 gr
- TARA + MUESTRA HUMEDA: 890 gr
- TARA + MUESTRA SECA: 860.05 gr

- PESO DE MUESTRA SECA: 832.05 gr
- CONTENIDO DE AGUA: 29.95 gr

Resultados

- CONTENIDO DE HUMEDAD: 3.60 gr

C. Peso unitario agregado fino

Datos

- PESO DEL MOLDE: 6.282 gr
- VOLUMEN DEL MOLDE: 0.002127 gr
- PESO DE MOLDE CON MUESTRA SUELTA: 9.81282 gr
- PESO DEL MOLDE CON MUESTRA COMPACTADA: 10.04679 gr

Resultados

- PESO UNITARIO SUELTO: 1660 kg/m³
- PESO UNITARIO COMPACTADO: 1770 kg/m³

Según los datos obtenidos y el diseño de mezcla según la norma ACI 211, se obtendrá el siguiente procedimiento para el **concreto patrón**:

- 1.0 $F'_{cr} = 294$ kg/cm².
- 2.0 Relación agua/cemento: 0.63.
- 3.0 Determinación del agua: 205 litros.
- 4.0 Aire atrapado: 2 %

5.0 Cantidad de cemento: 325 kg

6.0 Factor cemento: $325/42.5: 7.7 \text{ bls/m}^3$.

7.0 Datos de laboratorio

Tabla 23

Datos de laboratorio y cálculo del volumen de agregados

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	T M
Agregado grueso	2785 kg/m ³	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4
Agregado fino	2585 kg/m ³	---	2.60%	1.68%	2.99	1589	

8.0 Volumen de pasta: 0.3283 m³

9.0 Volumen de agregados: 0.6717 m³

10.0 Proporción de agregados secos.

- Agregado grueso $\approx 0.3587 \text{ m}^3 \approx 999 \text{ kg}$.
- Agregado fino $\approx 0.3130 \text{ m}^3 \approx 809 \text{ kg}$.

11.0 Peso húmedo de los agregados - corrección por humedad.

- Agregado grueso: 1015 kg.
- Agregado fino: 830 kg.

12.0 Agua efectiva corregida por absorción y humedad

Agua: 188 litros.

13.0 Volumen de tanda de prueba: 0.04 m³.

- Cemento SOL Tipo 1 11.39 kg
- Agua 6.57 L
- Agregado grueso 35.52 kg
- Agregado fino 29.05 kg
- Slump Obtenido 4"

14.0 Proporción en volumen de obra.

Cem. A.F. A.G. Agua

1 : 2.6 : 3.12 : 24.5 L / bolsa

De acuerdo a la secuencia lógica presentada con antelación, se mostrará los ensayos realizados a los agregados y el diseño de mezcla para la elaboración del concreto patrón optimizado con 5% de vidrio reciclado molido:

Tabla 24

Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA							
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"	
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	25.4	3.48	3.48	96.52	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	100.2	13.73	17.21	82.79	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	178.5	24.46	41.67	58.33	50.00	85.00
# 30	0.59 mm	160.5	21.99	63.66	36.34	25.00	60.00
# 50	0.30 mm	120.2	16.47	80.13	19.87	5.00	30.00
# 100	0.15 mm	95.0	13.02	93.15	6.85	0.00	10.00
# 200	0.07 mm	0.0	0.00	93.15	6.85	0.00	5.00
Fondo	0.01 mm	50.0	6.85	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

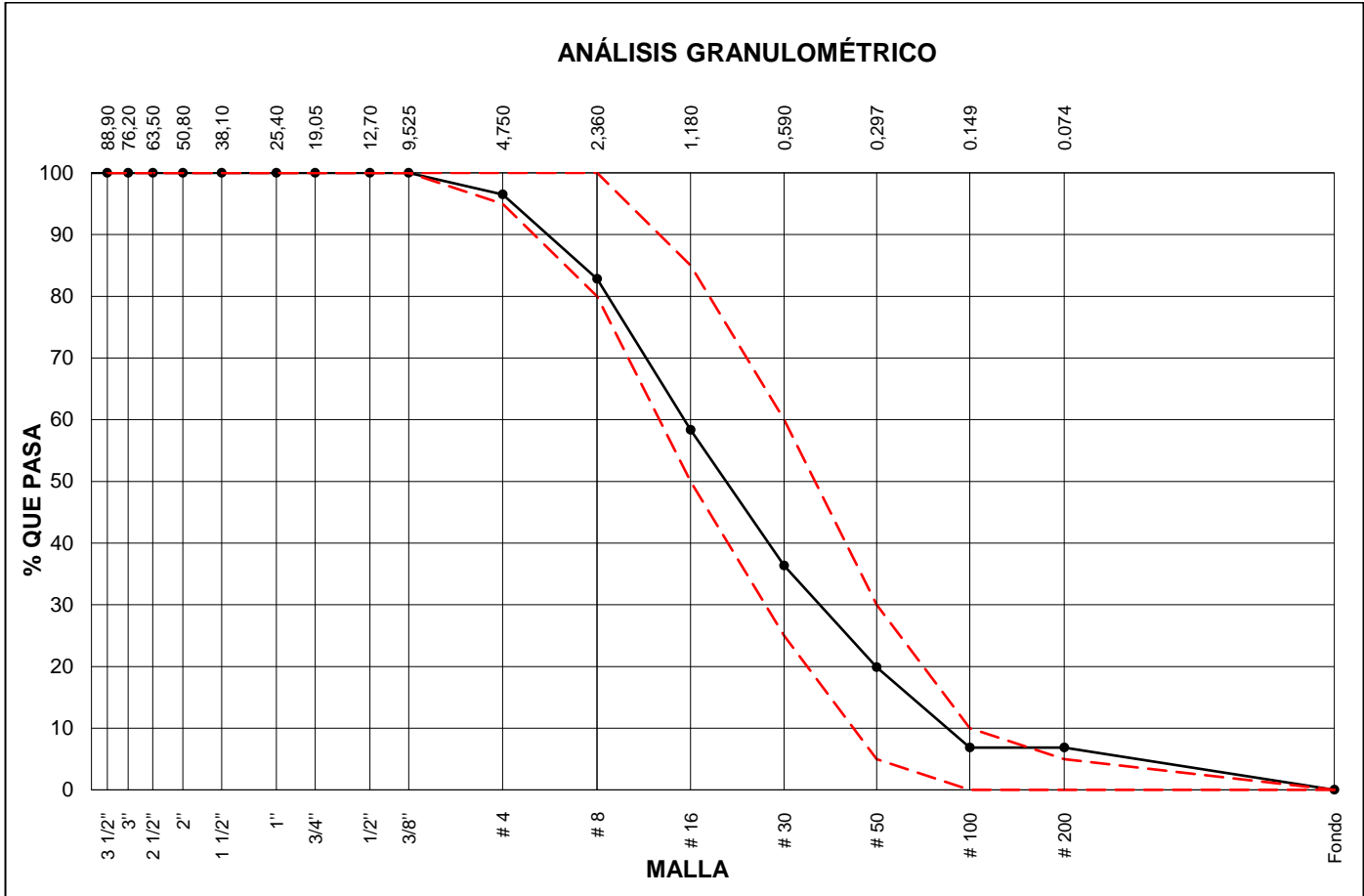


Figura 31: Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

Fuente: Propia

Tabla 25

Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2585.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2685.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2725.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1805
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1589
Absorción (%)	1.68
Contenido de Humedad (%)	2.60
Módulo de Fineza	2.99
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	2.20

Fuente: Propia

Tabla 26

Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 67							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	78.5	1.38	1.38	98.62	90.00	100.00
1/2"	12.70 mm	2295.5	40.48	41.86	58.14	50.00	79.00
3/8"	9.53 mm	1674.5	29.53	71.39	28.61	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	1582.2	27.90	99.29	0.71	0.00	10.00
# 8	2.36 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	5.00
# 16	1.18 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 30	0.59 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 50	0.30 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 100	0.15 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 200	0.07 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
Fondo	0.01 mm	40.2	0.71	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

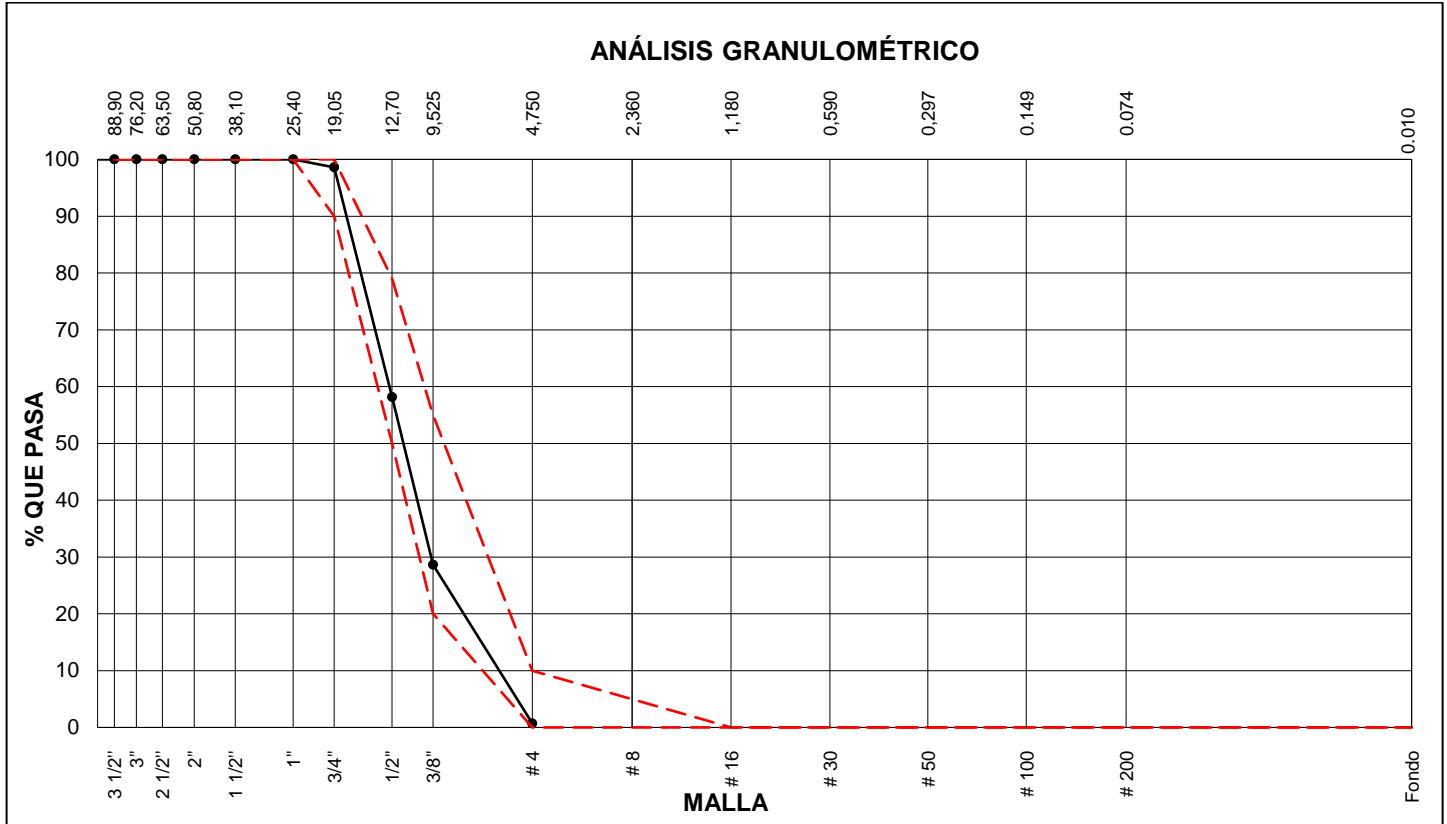


Figura 32: Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

Fuente: Propia

Tabla 27

Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2785.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2795.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2825.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1665
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1545
Absorción (%)	0.61
Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6.69
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	0.35
Contenido de Humedad (%)	1.60

A. Peso Específico y Absorción Del Agregado Fino

Datos

- PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO BALÓN + PESO AGUA= 970.05 gr
- PESO DE LA ARENA SSS + PESO BALÓN= 649.40 gr
- PESO DEL AGUA ($W = 1 - 2$) = 320.65 gr
- PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + PESO BALÓN= 642.60 gr
- PESO BALÓN= 149.40 gr
- PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO ($A = 4 - 5$) = 493.20 gr
- VOLUMEN DEL BALÓN ($V = 500$) = 500.00 cc

Resultados

- PESO ESPECÍFICO DE MASA= 2750 gr
- PESO ESPECÍFICO DE MASA S.S.S= 2788 gr
- PESO ESPECÍFICO APARENTE= 2858 gr
- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)= 1.4 %

B. Contenido De Humedad Del Agregado Fino

Datos

- PESO DE LA TARA= 28 gr
- TARA + MUESTRA HUMEDA= 890 gr
- TARA + MUESTRA SECA= 860.05 gr

- PESO DE MUESTRA SECA= 832.05 gr
- CONTENIDO DE AGUA= 29.95 gr

Resultados

- CONTENIDO DE HUMEDAD= 3.60 %

C. Peso Unitario Agregado Fino

Datos

- PESO DEL MOLDE= 6.282 gr
- VOLUMEN DEL MOLDE= 0.002127 m³
- PESO DE MOLDE CON MUESTRA SUELTA= 9.81282 gr
- PESO DEL MOLDE CON MUESTRA COMPACTADA= 10.04679 gr

Resultados

- PESO UNITARIO SUELTO = 1660 kg/m³
- PESO UNITARIO COMPACTADO = 1770 kg/m³

A. Peso Específico y Absorción Del Agregado Grueso

Datos

- PESO DE LA MUESTRA SECA AL HORNO (A): 2758 gr
- PESO DE LA MUESTRA SSS (B): 2775 gr
- PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA (C): 1713 gr

Resultados

- PESO ESPECÍFICO DE MASA: 2597 gr/cc
- PESO ESPECÍFICO DE MASA S.S.S: 2613 gr/cc
- PESO ESPECÍFICO APARENTE: 2639 gr/cc
- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%): 0.6 %

B. Contenido De Humedad Del Agregado Grueso

Datos

- PESO DE LA TARA: 42 gr.
- TARA + MUESTRA HUMEDA: 1230 gr.
- TARA + MUESTRA SECA: 1215.00 gr.
- PESO DE MUESTRA SECA: 1173.00 gr.
- CONTENIDO DE AGUA: 15.00 gr.

Resultados

- CONTENIDO DE HUMEDAD: 1.28 %

C. Peso Unitario Agregado Grueso

Datos

- PESO DEL MOLDE: 3.509 gr.
- VOLUMEN DEL MOLDE: 0.007056 m³.
- PESO DE MOLDE CON MUESTRA SUELTA: 13.942 gr.

- PESO DEL MOLDE CON MUESTRA COMPACTADA: 14.793 gr.

Resultados

- PESO UNITARIO SUELTO: 1479 kg/m³
- PESO UNITARIO COMPACTADO: 1599 kg/m³.

Según los datos obtenidos y el diseño de mezcla según la norma ACI 211, se obtendrá el siguiente procedimiento para el **concreto patrón optimizado más el 5% de vidrio reciclado molido**:

- 1.0 $F'_{cr} = 250$ kg/m³.
- 2.0 Relación agua/cemento: 0.63.
- 3.0 Determinación del agua: 205 litros.
- 4.0 Aire atrapado: 2 %
- 5.0 Cantidad de cemento: 325 kg.
- 6.0 Factor cemento: $325/42.5 = 7.7$ bls/m³.
- 7.0 Cálculo de vidrio reciclado molido: $5\% \times 325$ kg = 16.27 kg.
- 8.0 Datos de laboratorio

Tabla 28

Datos de laboratorio

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2785 kg/m ³	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4
Agregado fino	2585 kg/m ³	---	2.60%	1.68%	2.99	1589	

9.0 Volumen de pasta: 0.3283 m³

10.0 Volumen de agregados: 0.6717 m³

11.0 Proporción de agregados secos.

- Agregado grueso $\approx 0.3587 \text{ m}^3 \approx 999 \text{ kg}$
- Agregado fino $\approx 0.3130 \text{ m}^3 \approx 809 \text{ kg}$

12.0 Peso húmedo de los agregados - corrección por humedad.

- Agregado grueso: 1015 kg
- Agregado fino: 830 kg

13.0 Agua efectiva corregida por absorción y humedad

Agua: 188 litros.

14.0 Volumen de tanda de prueba: 0.04 m³.

- Cemento SOL Tipo 1 11.39 kg
- Agua 6.57 L
- Agregado grueso 35.52 kg
- Agregado fino 29.05 kg
- Slump Obtenido 4"
- Vidrio molido reciclado 0.57 kg.

15.0 Proporción en volumen de obra.

Cem. A.F. A.G. Agua

1 : 2.6 : 3.12 : 24.5 L / bolsa

De acuerdo a la secuencia lógica presentada con antelación, se mostrará los ensayos realizados a los agregados y el diseño de mezcla para la elaboración del **concreto patrón optimizado con 10% de fibra de acero reciclado:**

Tabla 29

Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	25.4	3.48	3.48	96.52	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	100.2	13.73	17.21	82.79	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	178.5	24.46	41.67	58.33	50.00	85.00
# 30	0.59 mm	160.5	21.99	63.66	36.34	25.00	60.00
# 50	0.30 mm	120.2	16.47	80.13	19.87	5.00	30.00
# 100	0.15 mm	95.0	13.02	93.15	6.85	0.00	10.00
# 200	0.07 mm	0.0	0.00	93.15	6.85	0.00	5.00
Fondo	0.01 mm	50.0	6.85	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

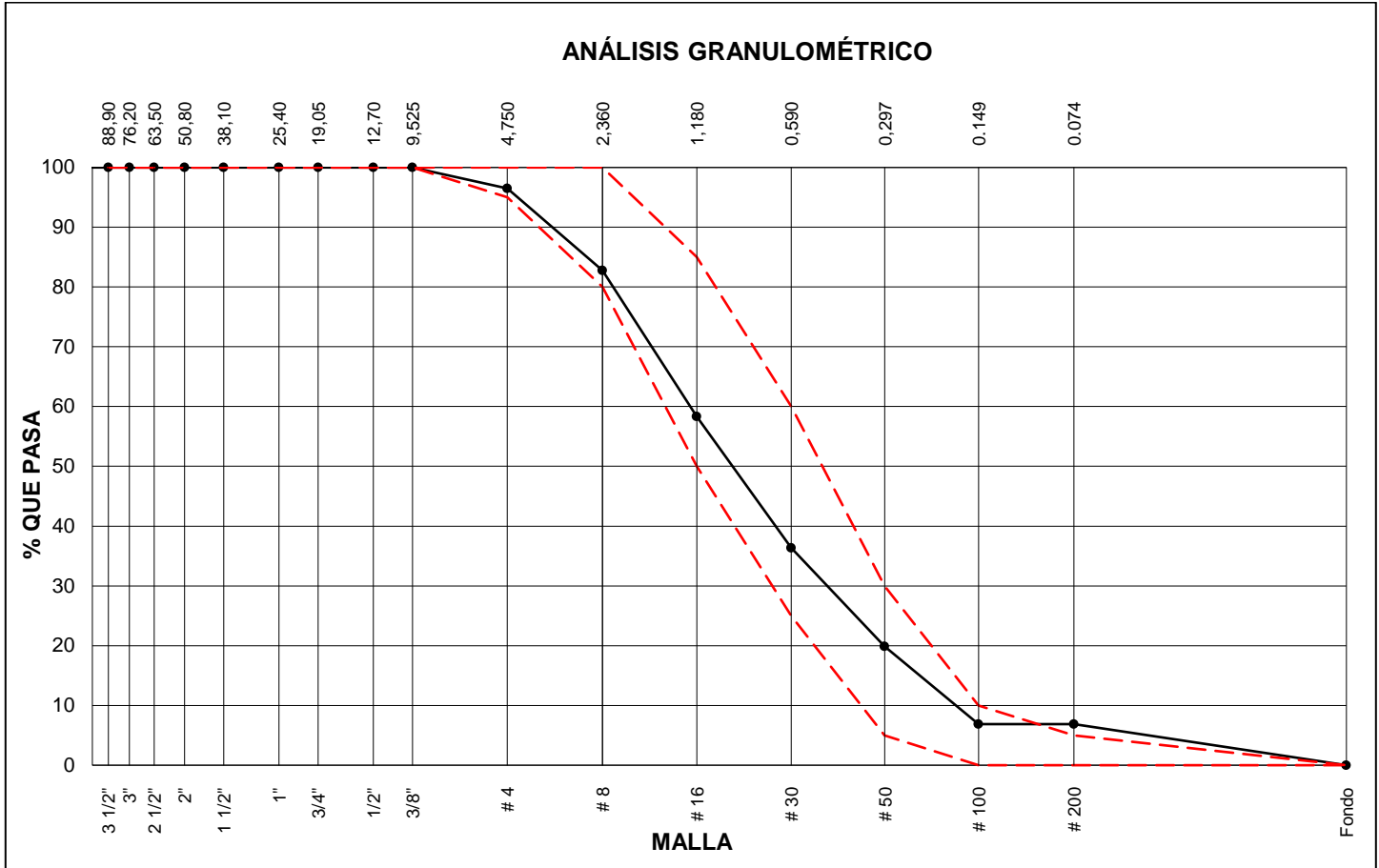


Figura 33: Análisis granulométrico de Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

Fuente: Propia

Tabla 30

Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2585.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2685.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2725.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1805
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1589
Absorción (%)	1.68
Contenido de Humedad (%)	2.60
Módulo de Fineza	2.99
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	2.20

Fuente: Propia

Tabla 31

Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 67							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	78.5	1.38	1.38	98.62	90.00	100.00
1/2"	12.70 mm	2295.5	40.48	41.86	58.14	50.00	79.00
3/8"	9.53 mm	1674.5	29.53	71.39	28.61	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	1582.2	27.90	99.29	0.71	0.00	10.00
# 8	2.36 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	5.00
# 16	1.18 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 30	0.59 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 50	0.30 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 100	0.15 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 200	0.07 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
Fondo	0.01 mm	40.2	0.71	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

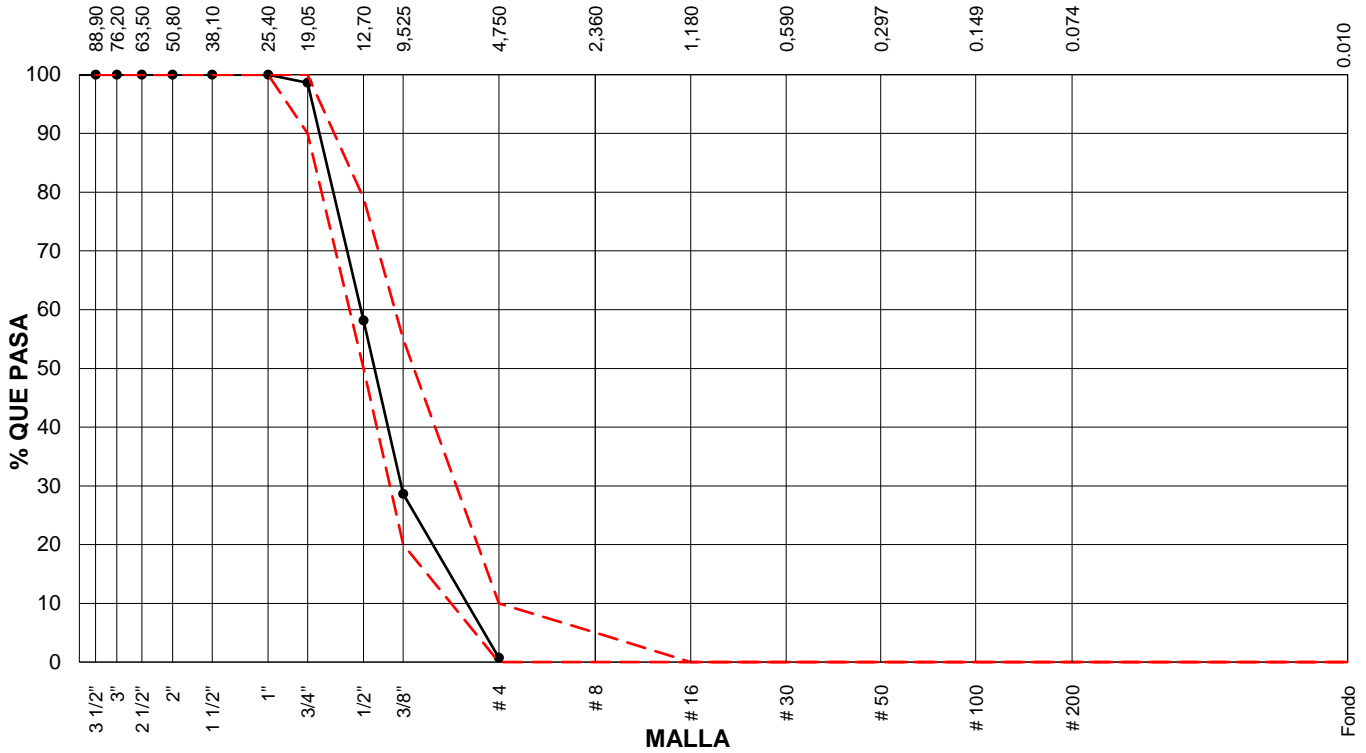


Figura 34: Análisis granulométrico de Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

Fuente: Propia

Tabla 32

Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2785.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2795.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2825.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1665
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1545
Absorción (%)	0.61
Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6.69
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	0.35
Contenido de Humedad (%)	1.60

Fuente: Propia

A. Peso Específico y Absorción Del Agregado Fino

Datos

- PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO BALÓN + PESO AGUA: 970.05 gr
- PESO DE LA ARENA SSS + PESO BALÓN: 649.40 gr
- PESO DEL AGUA ($W = 1 - 2$): 320.65 gr
- PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + PESO BALÓN: 642.60 gr
- PESO BALÓN: 149.40 gr
- PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO ($A = 4 - 5$): 493.20 gr
- VOLUMEN DEL BALÓN ($V = 500$): 500.00 cc

Resultados

- PESO ESPECIFICO DE MASA: 2750 gr/cc
- PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S: 2788 gr/cc
- PESO ESPECIFICO APARENTE: 2858 gr
- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%): 1.4% gr/cc

B. Contenido De Humedad Del Agregado Fino

Datos

- PESO DE LA TARA: 28 gr
- TARA + MUESTRA HUMEDA: 890 gr
- TARA + MUESTRA SECA: 860.05 gr

- PESO DE MUESTRA SECA: 832.05 gr
- CONTENIDO DE AGUA: 29.95 gr

Resultados

- CONTENIDO DE HUMEDAD: 3.60 %

C. Peso Unitario Agregado Fino

Datos

- PESO DEL MOLDE: 6.282 gr
- VOLUMEN DEL MOLDE: 0.002127 m³
- PESO DE MOLDE CON MUESTRA SUELTA: 9.81282 gr
- PESO DEL MOLDE CON MUESTRA COMPACTADA: 10.04679 gr

Resultados

- PESO UNITARIO SUELTO : 1660 kg/m³
- PESO UNITARIO COMPACTADO: 1770 kg/m³.

Según los datos obtenidos y el diseño de mezcla según la norma ACI 211, se obtendrá el siguiente procedimiento para el **concreto patrón optimizado más el 10% de fibra de acero reciclado**:

- 1.0 $F'_{cr} = 250$ kg/m³.
- 2.0 Relación agua/cemento: 0.63.
- 3.0 Determinación del agua: 205 litros.

4.0 Aire atrapado: 2 %

5.0 Cantidad de cemento: 325 kg.

6.0 Factor cemento: $325/42.5: 7.7 \text{ bls/m}^3$.

7.0 Cálculo de fibra de acero reciclado: $10\% \times 325 \text{ kg} = 32.54 \text{ kg}$.

8.0 Datos de laboratorio

Tabla 33

Datos de laboratorio

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
			HUMEDA D	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	T M
Agregado grueso	2785 kg/m ³	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4
Agregado fino	2585 kg/m ³	---	2.60%	1.68%	2.99	1589	

Fuente: Propia

9.0 Volumen de pasta: 0.3283 m³

10.0 Volumen de agregados: 0.6717 m³

11.0 Proporción de agregados secos.

- Agregado grueso $\approx 0.3587 \text{ m}^3 \approx 999 \text{ kg}$.
- Agregado fino $\approx 0.3130 \text{ m}^3 \approx 809 \text{ kg}$.

12.0 Peso húmedo de los agregados - corrección por humedad.

- Agregado grueso: 1015 kg
- Agregado fino: 830 kg.

13.0 Agua efectiva corregida por absorción y humedad

Agua: 188 litros.

14.0 Volumen de tanda de prueba: 0.04 m³.

- Cemento SOL Tipo 1 11.39 kg
- Agua 6.57 L
- Agregado grueso 35.52 kg
- Agregado fino 29.05 kg
- Slump Obtenido 4"
- Vidrio molido reciclado 1.14 kg.

15.0 Proporción en volumen de obra.

Cem. A.F. A.G. Agua

1 : 2.6 : 3.12 : 24.5 L / bolsa

De acuerdo a la secuencia lógica presentada con antelación, se mostrará los ensayos realizados a los agregados y el diseño de mezcla para la elaboración del **concreto patrón optimizado con 15% de fibra de acero reciclado:**

Tabla 34

Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	25.4	3.48	3.48	96.52	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	100.2	13.73	17.21	82.79	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	178.5	24.46	41.67	58.33	50.00	85.00
# 30	0.59 mm	160.5	21.99	63.66	36.34	25.00	60.00
# 50	0.30 mm	120.2	16.47	80.13	19.87	5.00	30.00
# 100	0.15 mm	95.0	13.02	93.15	6.85	0.00	10.00
# 200	0.07 mm	0.0	0.00	93.15	6.85	0.00	5.00
Fondo	0.01 mm	50.0	6.85	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

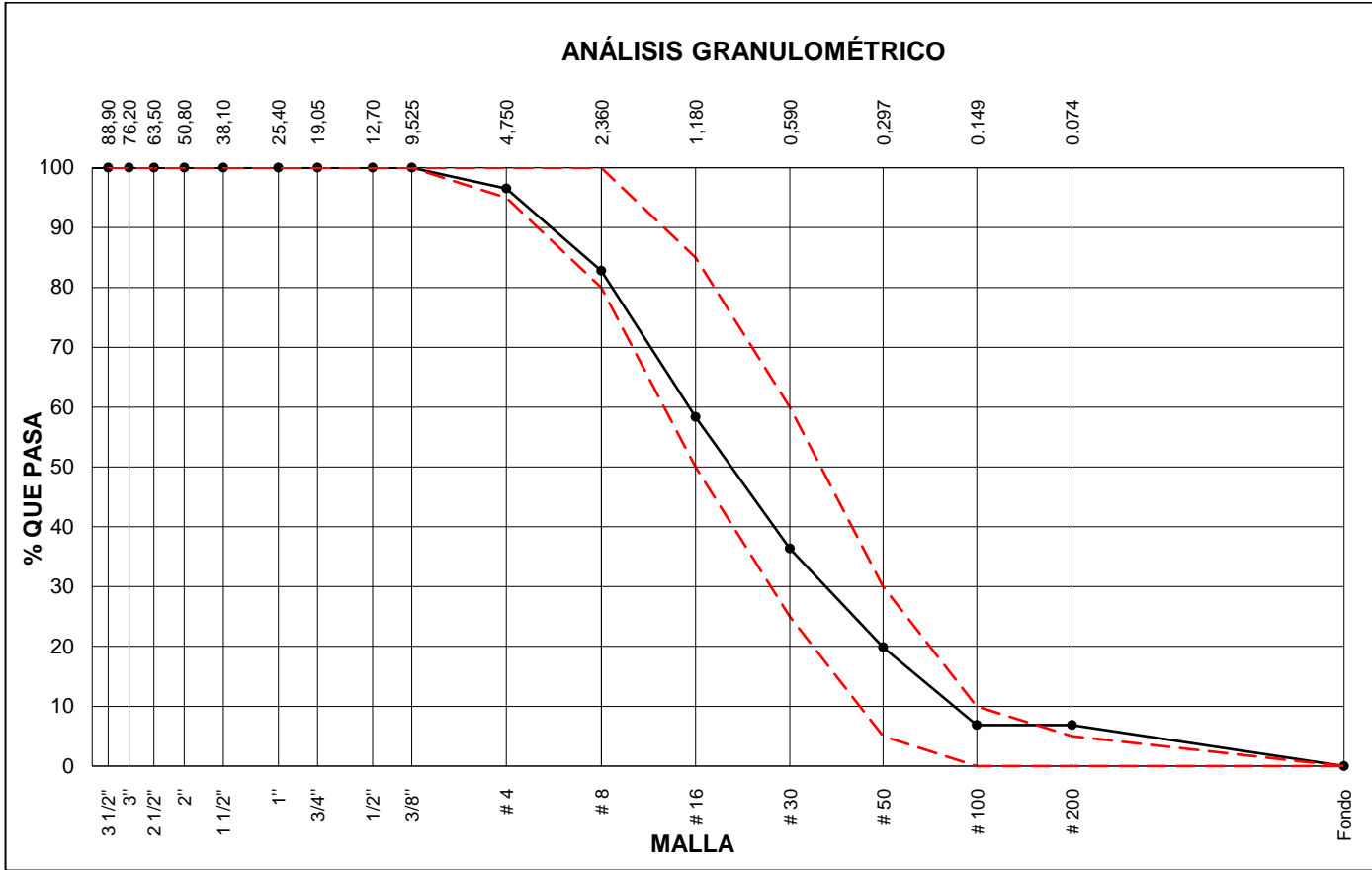


Figura 35: Análisis granulométrico de Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

Fuente: Propia

Tabla 35

Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2585.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2685.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2725.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1805
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1589
Absorción (%)	1.68
Contenido de Humedad (%)	2.60
Módulo de Fineza	2.99
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	2.20

Fuente: Propia

Tabla 36

Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 67							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm		0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	78.5	1.38	1.38	98.62	90.00	100.00
1/2"	12.70 mm	2295.5	40.48	41.86	58.14	50.00	79.00
3/8"	9.53 mm	1674.5	29.53	71.39	28.61	20.00	55.00
# 4	4.75 mm	1582.2	27.90	99.29	0.71	0.00	10.00
# 8	2.36 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	5.00
# 16	1.18 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 30	0.59 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 50	0.30 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 100	0.15 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 200	0.07 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
Fondo	0.01 mm	40.2	0.71	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Propia

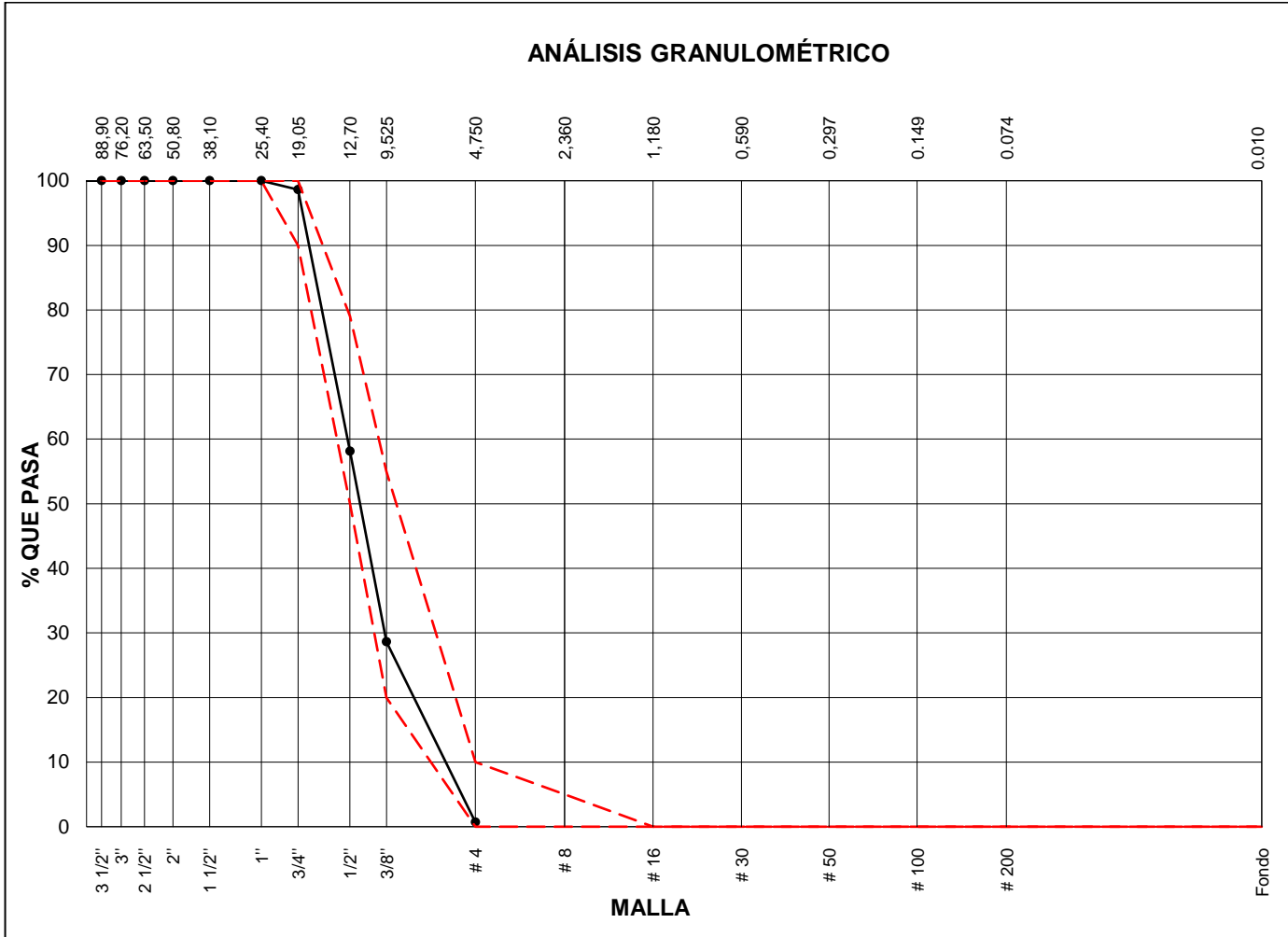


Figura 36: Análisis granulométrico de Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67
Fuente: Propia

Tabla 37

Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2785.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2795.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2825.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1665
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1545
Absorción (%)	0.61
Tamaño Máximo	1 "
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6.69
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	0.35
Contenido de Humedad (%)	1.60

Fuente: Propia

A. Peso Específico y Absorción Del Agregado Fino

Datos

- PESO DE LA MUESTRA SSS + PESO BALÓN + PESO AGUA: 970.05 gr
- PESO DE LA ARENA SSS + PESO BALÓN: 649.40 gr
- PESO DEL AGUA ($W = 1 - 2$): 320.65 gr
- PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO + PESO BALÓN: 642.60 gr
- PESO BALÓN: 149.40 gr
- PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO ($A = 4 - 5$): 493.20 gr
- VOLUMEN DEL BALÓN ($V = 500$): 500.00 cc

Resultados

- PESO ESPECIFICO DE MASA: 2750 gr/cc
- PESO ESPECIFICO DE MASA S.S.S.: 2788 gr/cc
- PESO ESPECIFICO APARENTE: 2858 gr/cc
- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%): 1.4 %

B. Contenido De Humedad Del Agregado Fino

Datos

- PESO DE LA TARA: 28 gr
- TARA + MUESTRA HUMEDA: 890 gr
- TARA + MUESTRA SECA: 860.05 gr

- PESO DE MUESTRA SECA: 832.05 gr
- CONTENIDO DE AGUA: 29.95 gr

Resultados

- CONTENIDO DE HUMEDAD: 3.60 %

C. PESO UNITARIO AGREGADO FINO

Datos

- PESO DEL MOLDE: 6.282 gr
- VOLUMEN DEL MOLDE: 0.002127 m³
- PESO DE MOLDE CON MUESTRA SUELTA: 9.81282 gr
- PESO DEL MOLDE CON MUESTRA COMPACTADA: 10.04679 gr

Resultados

- PESO UNITARIO SUELTO : 1660 kg/m³
- PESO UNITARIO COMPACTADO: 1770 kg/m³

Según los datos obtenidos y el diseño de mezcla según la norma ACI 211, se obtendrá el siguiente procedimiento para el **concreto patrón optimizado más el 15% de fibra de acero reciclado**:

- 1.0 $F'_{cr} = 250$ kg/m³.
- 2.0 Relación agua/cemento: 0.63.
- 3.0 Determinación del agua: 205 litros.

4.0 Aire atrapado: 2 %

5.0 Cantidad de cemento: 325 kg.

6.0 Factor cemento: $325/42.5: 7.7 \text{ bls/m}^3$.

7.0 Cálculo de fibra de acero reciclado: $15\% \times 325 \text{ kg} = 48.81 \text{ kg}$.

8.0 Datos de laboratorio

Tabla 38

Datos de laboratorio

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	T M
Agregado grueso	2785 kg/m ³	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4
Agregado fino	2585 kg/m ³	---	2.60%	1.68%	2.99	1589	

Fuente: Propia

9.0 Volumen de pasta: 0.3283 m³

10.0 Volumen de agregados: 0.6717 m³

11.0 Proporción de agregados secos.

- Agregado grueso $\approx 0.3587 \text{ m}^3 \approx 999 \text{ kg}$.
- Agregado fino $\approx 0.3130 \text{ m}^3 \approx 809 \text{ kg}$.

12.0 Peso húmedo de los agregados - corrección por humedad.

- Agregado grueso: 1015 kg
- Agregado fino: 830 kg.

13.0 Agua efectiva corregida por absorción y humedad

Agua: 188 litros.

14.0 Volumen de tanda de prueba: 0.04 m³.

- Cemento SOL Tipo 1 11.39 kg
- Agua 6.57 L
- Agregado grueso 35.52 kg
- Agregado fino 29.05 kg
- Slump Obtenido 4"
- Vidrio molido reciclado 1.71 kg.

15.0 Proporción en volumen de obra.

Cem. A.F. A.G. Agua

1 : 2.6 : 3.12 : 24.5 L / bolsa

Este concreto mostrado ha sido diseñado y ensayado con el fin obtener resultados que demuestren el aumento a la compresión del concreto y el ahorro en acero de construcción en la elaboración de vigas armadas.

De acuerdo al resultado de los ensayos a compresión, en la tabla 39, se aprecia que el diseño patrón optimizado sigue siendo mayor que el valor base, que es, $f'c=210$ kg/cm², por lo que para el análisis se tomarán los diseños optimizados y experimentales:

Tabla 39

Comparativo de los resultados a compresión entre el diseño patrón optimizado y el diseño vidrio molido reciclado 5%

Tipo de diseño	Número de días	Esfuerzo (kg/cm²)
Diseño patrón optimizado $f'c = 210$ kg/cm²	28.00	221.00
	28.00	222.00
	28.00	225.00
	28.00	224.00
	28.00	216.00
Diseño vidrio molido reciclado 5% $f'c = 210$ kg/cm²	28.00	215.00
	28.00	215.00
	28.00	215.00
	28.00	212.00

Fuente: Propia

CAPITULO III. RESULTADOS

- Determinar las propiedades físicas de los agregados que serán empleados en la preparación del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de vidrio reciclado molido para elaborar vigas de concreto armado.
- De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados a los agregados y el diseño de mezcla para la elaboración del concreto patrón optimizado obtuvimos:

Tabla 40

Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2585.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2685.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2725.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1805
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1589
Absorción (%)	1.68
Contenido de Humedad (%)	2.60
Módulo de Fineza	2.99
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	2.20

Fuente: Propia

Tabla 41

Características físicas del Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2785.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2795.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2825.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1665
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1545
Absorción (%)	0.61
Tamaño Máximo	1 "
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6.69
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	0.35
Contenido de Humedad (%)	1.60

- De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados a los agregados y el diseño de mezcla para la elaboración del concreto patrón optimizado con 5% de vidrio reciclado molido obtuvimos:

Tabla 42

Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2585.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2685.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2725.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1805
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1589
Absorción (%)	1.68
Contenido de Humedad (%)	2.60
Módulo de Fineza	2.99
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	2.20

Tabla 43

Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2785.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2795.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2825.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1665
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1545
Absorción (%)	0.61
Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6.69
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	0.35
Contenido de Humedad (%)	1.60

Fuente: Propia

- De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados a los agregados y el diseño de mezcla para la elaboración del concreto patrón optimizado con 10% de vidrio reciclado molido obtuvimos:

Tabla 44

Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

P. Especif. de Masa Seco (kg/m^3)	2585.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m^3)	2685.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m^3)	2725.000
P. Unitario Compactado (kg/m^3)	1805
P. Unitario Suelto (kg/m^3)	1589
Absorción (%)	1.68
Contenido de Humedad (%)	2.60
Módulo de Fineza	2.99
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	2.20

Fuente: Propia

Tabla 45

Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2785.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2795.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2825.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1665
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1545
Absorción (%)	0.61
Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6.69
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	0.35
Contenido de Humedad (%)	1.60

Fuente: Propia

- De acuerdo a los resultados de los ensayos realizados a los agregados y el diseño de mezcla para la elaboración del concreto patrón optimizado con 15% de vidrio reciclado molido obtuvimos:

Tabla 46

Características físicas del Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2585.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2685.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2725.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1805
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1589
Absorción (%)	1.68
Contenido de Humedad (%)	2.60
Módulo de Fineza	2.99
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	2.20

Fuente: Propia

Tabla 47

Características físicas del Agregado grueso ASTM C33 HUSO # 67

P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2785.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2795.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2825.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1665
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1545
Absorción (%)	0.61
Tamaño Máximo	1 "
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6.69
% < Malla N° 200 (0.75 mm)	0.35
Contenido de Humedad (%)	1.60

Fuente: Propia

- Establecer la apropiada cantidad o porcentaje de vidrio reciclado molido añadido en la mezcla de concreto, de manera que garantice la producción de un concreto $f'c = 210$ kg/cm² para elaborar vigas de concreto armado con adecuada resistencia al flexo – compresión.

Hipótesis específico 2.

Planteamiento de la prueba de hipótesis del investigador:

Al añadir un porcentaje apropiado de vidrio reciclado molido a la mezcla de concreto si hubo una mejora significativa en la flexión de las vigas de concreto armado, así mismo en la compresión de las probetas de concreto.

Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:

Hipótesis Nula (H₀): Al añadir un porcentaje apropiado de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla de concreto $f'c = 210$ kg/cm², no hubo un efecto significativo en la resistencia a la compresión con respecto al diseño convencional.

$$\mu R_1 = \mu R_2 = \mu R_3 = \mu R_{\text{patrón}}$$

Hipótesis Alternativa (H_a): Al añadir un porcentaje apropiado de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla de concreto $f'c = 210$ kg/cm², si hubo un efecto significativo en la resistencia a la compresión con respecto al diseño convencional.

Existe al menos un $i / \mu R_i \neq \mu R_{\text{convencional}}$

$$i=1,2,3$$

Donde μR , es la media de la resistencia a la compresión.

Consideraciones del Diseño experimental:

Factor: Es el porcentaje de vidrio reciclado molido.

Tratamiento: Dosificaciones del % de vidrio reciclado molido en el diseño de mezcla de concreto $f'c = 210$ kg/cm².

Niveles del factor: 5% 10% y 15% de vidrio reciclado molido.

Variable Respuesta o dependiente: Resistencia a la compresión.

Observaciones o unidades de estudio: Valores de la resistencia a la compresión para cada grupo y nivel de tratamiento a una edad de 7, 14 y 28 días.

Estadístico de Prueba

Dado que la variable respuesta es cuantitativa, el tipo de prueba es de diferencia de medias para más de dos grupos y el tamaño de la muestra es pequeña e iguales a 4, se utilizó el análisis de varianza ANOVA de un factor para contrastar las hipótesis y la prueba de rango post hoc de Tukey para comparar cuál de los tratamientos es la que mejor efecto tiene.

Requisitos para el ANOVA

Probar los supuestos de Normalidad mediante la Prueba de Shapiro Wilk y de Homocedasticidad (igualdad de varianzas) mediante la Prueba de Levene.

En caso no cumpla el supuesto de normalidad, se aplicará la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis en vez del ANOVA.

En caso no se cumpla el supuesto de homocedasticidad, se aplicará la prueba post hoc T3 Dunnett en vez de Tukey.

Los resultados de los supuestos y de las pruebas de hipótesis se realizaron en el programa estadístico SPSS v.25.

Decisión para aceptar o rechazar la hipótesis nula para cualquier prueba

Si el p-valor (sig) o significancia de la prueba es menor a α entonces se Rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna o del investigador H_a .

Esto es si, $\text{sig} < \alpha$ entonces se acepta H_a .

Donde α es el nivel de significancia y representa el % de error que estamos dispuesto a asumir.

tomaremos el valor de significancia $\alpha = 0.05$.

Análisis inferencial de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado:

En las siguientes tablas se muestra los 4 datos muestrales de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado para cada tipo de diseño.

Tablas de resultados de los ensayos:

Tabla 48

Resultados de los ensayos a compresión a los 7 días

Tipo de diseño	Número de días	Esfuerzo (kg/cm ²)
Diseño patrón optimizado $f'c = 210$ kg/cm ²	7.00	190.00
	7.00	190.00
	7.00	190.00
	7.00	190.00
Diseño patrón optimizado con 5% fibra de vidrio reciclado $f'c = 210$ kg/cm ²	7.00	181.00
	7.00	182.00
	7.00	182.00
	7.00	183.00
	7.00	167.00
Diseño patrón optimizado con 10% fibra de vidrio reciclado $f'c = 210$ kg/cm ²	7.00	164.00
	7.00	166.00
	7.00	166.00
	7.00	158.00
	7.00	159.00

Diseño patrón optimizado con 15% fibra de vidrio reciclado $f'c = 210$ kg/cm ²	7.00	156.00
	7.00	158.00

Tabla 49

Resultados de los ensayos a compresión a los 14 días

Tipo de diseño	Número de días	Esfuerzo (kg/cm ²)
Diseño patrón optimizado $f'c = 210$ kg/cm ²	14.00	205.00
	14.00	205.00
	14.00	204.00
	14.00	205.00
Diseño patrón optimizado con 5% fibra de vidrio reciclado $f'c = 210$ kg/cm ²	14.00	193.00
	14.00	194.00
	14.00	198.00
	14.00	194.00
Diseño patrón optimizado con 10% fibra de vidrio reciclado $f'c = 210$ kg/cm ²	14.00	185.00
	14.00	186.00
	14.00	184.00
	14.00	186.00
Diseño patrón optimizado con 15% fibra de vidrio reciclado $f'c = 210$ kg/cm ²	14.00	176.00
	14.00	175.00
	14.00	173.00
	14.00	177.00

Tabla 50

Resultados de los ensayos a compresión a los 28 días

Tipo de diseño	Número de días	Esfuerzo (kg/cm ²)
Diseño patrón optimizado $f'c = 210$ kg/cm ²	28.00	221.00
	28.00	222.00
	28.00	225.00
	28.00	224.00
Diseño patrón optimizado con 5% fibra de vidrio reciclado $f'c = 210$ kg/cm ²	28.00	216.00
	28.00	215.00
	28.00	215.00
	28.00	212.00
Diseño patrón optimizado con 10% fibra de vidrio reciclado $f'c = 210$ kg/cm ²	28.00	204.00
	28.00	203.00
	28.00	202.00
	28.00	202.00
Diseño patrón optimizado con 15% fibra de vidrio reciclado $f'c = 210$ kg/cm ²	28.00	192.00
	28.00	193.00
	28.00	193.00
	28.00	195.00

La equivalencia de la resistencia promedio a la compresión a los 7 y 14 días de un diseño convencional de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ son de 136.5 y 189 kg/cm^2 respectivamente.

Análisis Descriptivo para la Resistencia a la compresión

Se determinaron las principales medidas descriptivas como las medias, variabilidad, mediana, máximos y mínimos para cada diseño según como se muestra en el cuadro descriptivo y grafico de cajas.

Tabla 51

Descriptivos

		Descriptivos							
		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
COMPRESIÓN	Mezcla Patrón	4	136,5000	,00000	,00000	136,5000	136,5000	136,50	136,50
A 7 DÍAS	Tratamiento 1 al 5%	4	182,0000	,81650	,40825	180,7008	183,2992	181,00	183,00
	Tratamiento 2 al 10%	4	165,2500	1,50000	,75000	162,8632	167,6368	164,00	167,00
	Tratamiento 3 al 15%	4	157,7500	1,25831	,62915	155,7478	159,7522	156,00	159,00
	Total	16	160,3750	16,90513	4,22628	151,3669	169,3831	136,50	183,00
COMPRESIÓN	Mezcla Patrón	4	189,0000	,00000	,00000	189,0000	189,0000	189,00	189,00
A 14 DÍAS	Tratamiento 1 al 5%	4	194,7500	2,21736	1,10868	191,2217	198,2783	193,00	198,00
	Tratamiento 2 al 10%	4	185,2500	,95743	,47871	183,7265	186,7735	184,00	186,00
	Tratamiento 3 al 15%	4	175,2500	1,70783	,85391	172,5325	177,9675	173,00	177,00
	Total	16	186,0625	7,45179	1,86295	182,0917	190,0333	173,00	198,00
COMPRESIÓN	Mezcla Patrón	4	210,0000	,00000	,00000	210,0000	210,0000	210,00	210,00
A 28 DÍAS	Tratamiento 1 al 5%	4	214,5000	1,73205	,86603	211,7439	217,2561	212,00	216,00
	Tratamiento 2 al 10%	4	202,7500	,95743	,47871	201,2265	204,2735	202,00	204,00
	Tratamiento 3 al 15%	4	193,2500	1,25831	,62915	191,2478	195,2522	192,00	195,00
	Total	16	205,1250	8,36560	2,09140	200,6673	209,5827	192,00	216,00

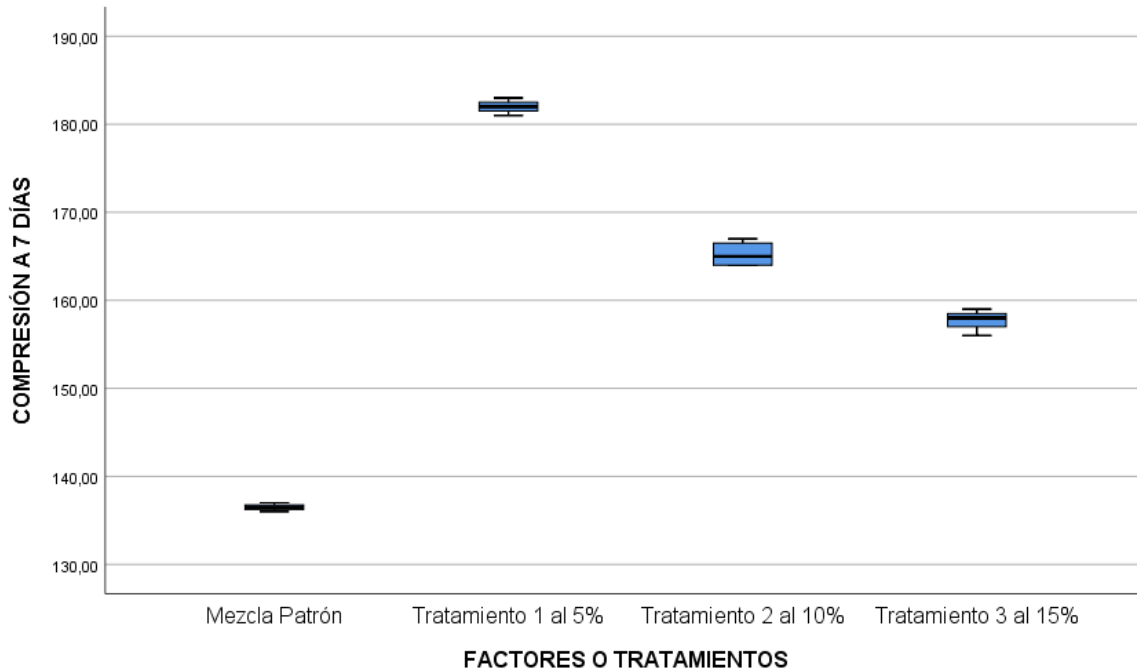


Figura 37: Diagrama de cajas a los 7 días

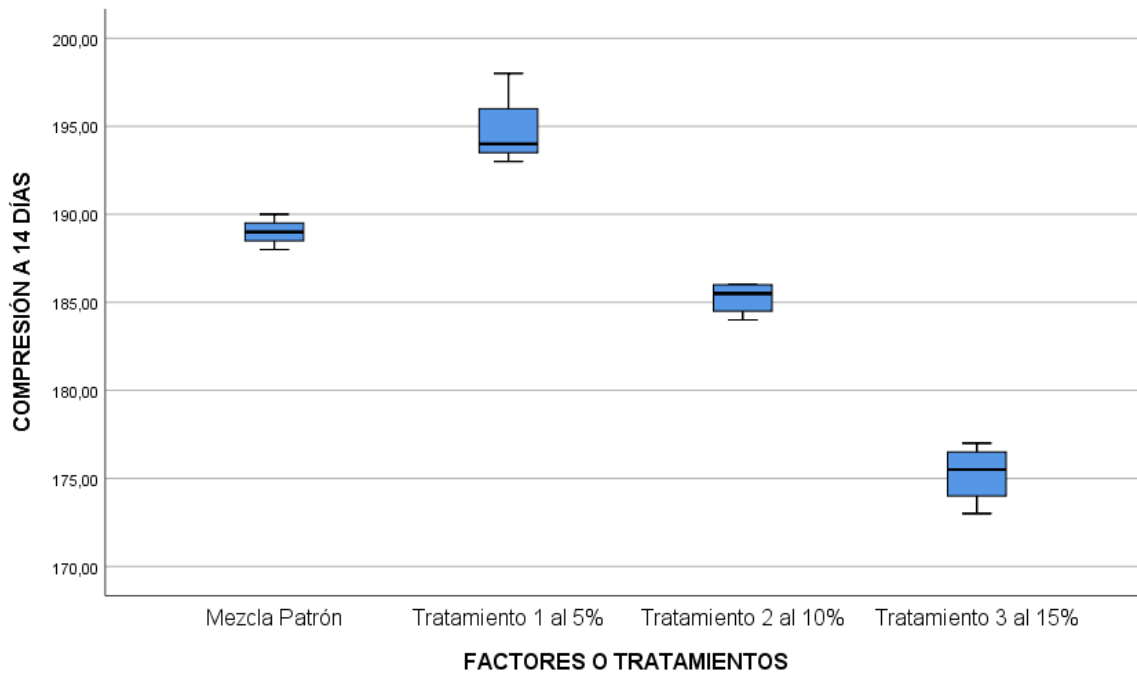


Figura 38: Diagrama de cajas a los 14 días

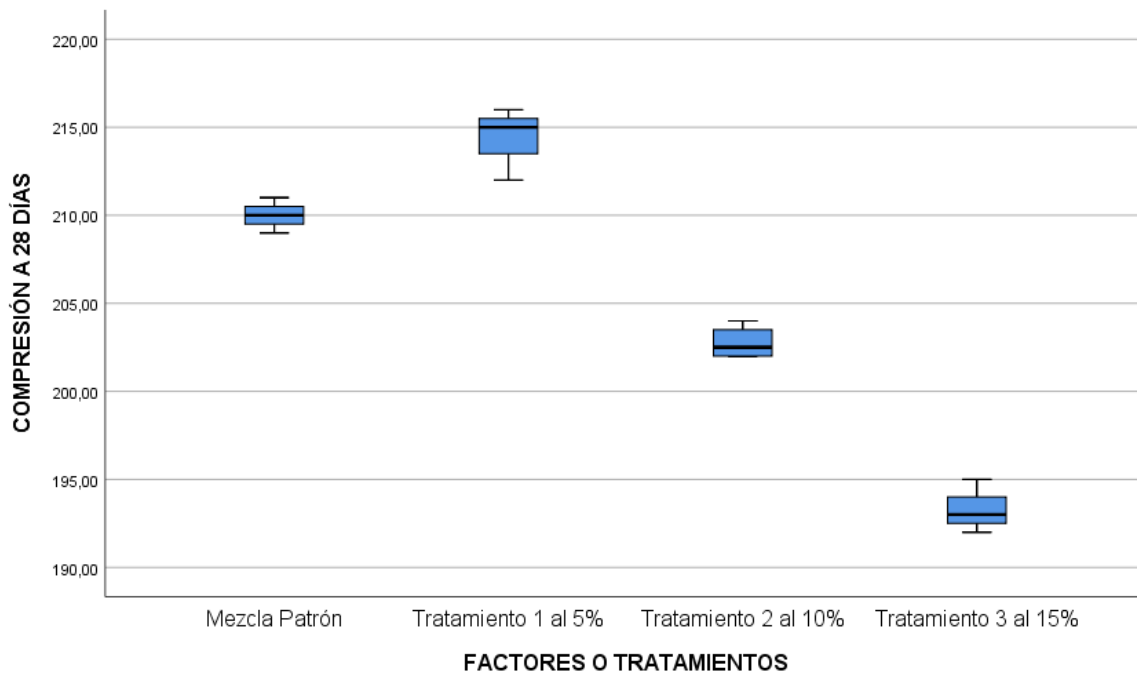


Figura 39: Diagrama de cajas a los 28 días

De los resultados obtenidos notamos que la media y la mediana de la resistencia a la compresión de los tratamientos difieren del diseño convencional en todas las edades, sin embargo, notamos que el primer gráfico difiere respecto al segundo y tercer gráfico, indicando que el diseño convencional crece de forma progresiva hasta llegar a los 210 a los 28 días y mientras que el diseño del 15% crece en mucha menor proporción que los demás. ahora mediante la prueba del ANOVA de un factor comprobaremos si estas variaciones son significativas o no.

Prueba de Normalidad de la resistencia a la compresión para cada edad y diseño

- Planteamiento de las hipótesis

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 52

Resultados de la prueba de Normalidad

		Pruebas de normalidad					
FACTORES O TRATAMIENTOS		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COMPRESIÓN	Mezcla Patrón	,250	4	.	,945	4	,683
A 7 DÍAS	Tratamiento 1 al 5%	,250	4	.	,945	4	,683
	Tratamiento 2 al 10%	,298	4	.	,849	4	,224
	Tratamiento 3 al 15%	,329	4	.	,895	4	,406
COMPRESIÓN	Mezcla Patrón	,250	4	.	,945	4	,683
A 14 DÍAS	Tratamiento 1 al 5%	,382	4	.	,801	4	,103
	Tratamiento 2 al 10%	,283	4	.	,863	4	,272
	Tratamiento 3 al 15%	,192	4	.	,971	4	,850
COMPRESIÓN	Mezcla Patrón	,250	4	.	,945	4	,683
A 28 DÍAS	Tratamiento 1 al 5%	,364	4	.	,840	4	,195
	Tratamiento 2 al 10%	,283	4	.	,863	4	,272
	Tratamiento 3 al 15%	,329	4	.	,895	4	,406

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los resultados indican que para todos los diseños y edades los valores sig son mayores a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis nula, que indican que existe normalidad en los datos para todas las edades y diseños.

Prueba de Homogeneidad de la resistencia a la compresión para cada edad dentro de cada diseño

- Planteamiento de las hipótesis

Ho: Si existe igualdad de varianzas entre los grupos

Ha: No existe igualdad de varianzas entre los grupos

Tabla 53

Resultados de la prueba de Homogeneidad

		Prueba de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
COMPRESIÓN A 7 DÍAS	Se basa en la media	2,673	3	12	,095
	Se basa en la mediana	1,842	3	12	,193
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,842	3	7,367	,224
	Se basa en la media recortada	2,576	3	12	,102
COMPRESIÓN A 14 DÍAS	Se basa en la media	1,489	3	12	,267
	Se basa en la mediana	,443	3	12	,727
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,443	3	5,595	,732
	Se basa en la media recortada	1,304	3	12	,318
COMPRESIÓN A 28 DÍAS	Se basa en la media	,789	3	12	,523
	Se basa en la mediana	,190	3	12	,901
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,190	3	7,330	,900
	Se basa en la media recortada	,683	3	12	,579

Los resultados de la prueba de Levene que se basa en la media indican que los valores sig iguales a 0.095, 0.267 y 0.523 para las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente son mayores a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis nula, esto es existe igualdad de varianzas entre los grupos o diseños.

Una vez probado los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas procedemos a la probar las hipótesis a través del ANOVA de un factor y luego la prueba post hoc de TUKEY en caso exista algún efecto significativo entre algún diseño respecto al diseño convencional.

Prueba de ANOVA de un factor de la resistencia a la compresión para cada edad

Tabla 54

Prueba de ANOVA

		ANOVA				
		Suma de		Media		
		cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
COMPRESIÓN A 7 DÍAS	Entre grupos	4273,250	3	1424,417	1220,929	,000
	Dentro de grupos	14,000	12	1,167		
	Total	4287,250	15			
COMPRESIÓN A 14 DÍAS	Entre grupos	806,688	3	268,896	114,221	,000
	Dentro de grupos	28,250	12	2,354		
	Total	834,938	15			
COMPRESIÓN A 28 DÍAS	Entre grupos	1033,250	3	344,417	223,405	,000
	Dentro de grupos	18,500	12	1,542		
	Total	1051,750	15			

Los resultados de la prueba indican que, con un nivel de significancia del 5% existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis del investigador, debido a que los valores sig de la prueba son iguales a 0.000 y menores a 0.05, ahora a través de la prueba de Tukey veremos cuál de los diseños es el que mejor efecto positivo tiene.

Prueba post hoc de Tukey a los 7 días

Tabla 55

Prueba hoc Tukey compresión a 7 días

COMPRESIÓN A 7 DÍAS					
HSD Tukey ^a					
FACTORES O	Subconjunto para alfa = 0.05				
TRATAMIENTOS	N	1	2	3	4
Mezcla Patrón	4	136,5000			
Tratamiento 3 al 15%	4		157,7500		
Tratamiento 2 al 10%	4			165,2500	
Tratamiento 1 al 5%	4				182,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Mediante la prueba de Tukey para los 7 días, podemos observar claramente que existe 4 subconjuntos totalmente diferenciados, esto es existe diferencias significativas entre sus medias, y todos los diseños experimentales son mayores significativamente al diseño convencional, pero la que mayor efecto positivo tiene es la del tratamiento con el 5% de vidrio reciclado molido

Prueba post hoc de Tukey a los 14 días

Tabla 56

Prueba hoc Tukey compresión a 14 días

COMPRESIÓN A 14 DÍAS					
HSD Tukey ^a					
FACTORES O TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Tratamiento 3 al 15%	4	175,2500			
Tratamiento 2 al 10%	4		185,2500		
Mezcla Patrón	4			189,0000	
Tratamiento 1 al 5%	4				194,7500
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Mediante la prueba de Tukey para los 14 días, podemos observar claramente que existe 4 subconjuntos totalmente diferenciados, esto es existe diferencias significativas entre sus medias, y la que mayor efecto positivo tiene con respecto al diseño patrón es la del tratamiento con el 5% de vidrio reciclado molido, mientras que las del 10% y 15% han tenido un efecto negativo con respecto al diseño convencional.

Prueba de post hoc de Tukey a los 28 días

Tabla 57

Prueba hoc Tukey compresión a 28 días

COMPRESIÓN A 28 DÍAS					
HSD Tukey ^a					
FACTORES O	Subconjunto para alfa = 0.05				
TRATAMIENTOS	N	1	2	3	4
Tratamiento 3 al 15%	4	193,2500			
Tratamiento 2 al 10%	4		202,7500		
Mezcla Patrón	4			210,0000	
Tratamiento 1 al 5%	4				214,5000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Mediante la prueba de Tukey para los 28 días, podemos observar claramente que existe 4 subconjuntos totalmente diferenciados, esto es existe diferencias significativas entre sus medias, y la que mayor efecto positivo tiene con respecto al diseño patrón es la del tratamiento con el 5% de vidrio reciclado molido, mientras que las del 10% y 15% han tenido un efecto negativo con respecto al diseño convencional.

conclusión

Por tanto, concluimos con un nivel de significancia del 5% que, existe evidencia suficiente para afirmar que a los 7, 14 y 28 días la influencia al añadir el 5% de vidrio reciclado molido resultó más eficiente que el diseño convencional, mientras que los otros dos diseños del 10% y 15% no presentaron mejoras significativas con respecto al diseño convencional, es más hubo una disminución significativa en sus resistencias a la compresión.

Cuadro Resumen de los resultados de las pruebas:

Tabla 58

Cuadro resumen de pruebas

ANOVA DE UN FACTOR		Edad en Días	Resultado de la hipótesis $H_a / \alpha=0.05$	Conclusión
Diseño Convencional $f'c = 210$ kg/cm ²	Concreto Optimizado con 5% de Vidrio reciclado molido	7	Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la compresión a los 7 días es mayor significativamente al convencional
	Concreto Optimizado con 10% de Vidrio reciclado molido	7	Significativo: Diseño 10% > Patrón	La Resistencia a la compresión a los 7 días es mayor significativamente al convencional
	Concreto Optimizado con 15% de Vidrio reciclado molido	7	Significativo: Diseño 15% > Patrón	La Resistencia a la compresión a los 7 días es mayor significativamente al convencional
Diseño Convencional $f'c = 210$ kg/cm ²	Concreto Optimizado con 5% de Vidrio reciclado molido	14	Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la compresión a los 14 días es mayor significativamente al convencional
	Concreto Optimizado con 10% de Vidrio reciclado molido	14	Significativo: Diseño 10% < Patrón	La Resistencia a la compresión a los 14 días es menor significativamente al convencional
	Concreto Optimizado con 15% de Vidrio reciclado molido	14	Significativo: Diseño 15% < Patrón	La Resistencia a la compresión a los 14 días es menor significativamente al convencional
Diseño Convencional $f'c = 210$ kg/cm ²	Concreto Optimizado con 5% de Vidrio reciclado molido	28	Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la compresión a los 28 días es mayor significativamente al convencional
	Concreto Optimizado con 10% de Vidrio reciclado molido	28	Significativo: Diseño 10% < Patrón	La Resistencia a la compresión a los 28 días es menor significativamente al convencional
	Concreto Optimizado con 15% de Vidrio reciclado molido	28	Significativo: Diseño 15% < Patrón	La Resistencia a la compresión a los 28 días es menor significativamente al convencional

Análisis inferencial de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días de curado:

Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:

Hipótesis Nula (H₀): Al añadir un porcentaje apropiado de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla de concreto $f'c = 210$ kg/cm², no hubo un efecto significativo en la resistencia a la flexión con respecto al diseño convencional.

$$\mu R1 = \mu R2 = \mu R3 = \mu R_{\text{patrón}}$$

Hipótesis Alterna (H_a): Al añadir un porcentaje apropiado de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla de concreto $f'c = 210$ kg/cm², si hubo un efecto significativo en la resistencia a la flexión con respecto al diseño convencional.

Existe al menos un $i / \mu R_i \neq \mu R_{\text{convencional}}$

Estadístico de Prueba

Dado que la investigación es de tipo transversal, es decir se trata de dos grupos en comparación, la variable respuesta es cuantitativa y el tamaño de la muestra es pequeña menor a 30, se utilizó la prueba paramétrica T-student para muestras independientes.

Requisitos para la prueba T

Probar los supuestos de Normalidad y homogeneidad de las varianzas.

Los resultados de los supuestos y de las pruebas de hipótesis se realizaron en el programa estadístico SPSS v.25.

En caso no cumpla el supuesto de normalidad, se aplicará la prueba no paramétrica de U Mann-Whitney.

Decisión para aceptar o rechazar la hipótesis nula para cualquier prueba

Si el p-valor (sig) o significancia de la prueba es menor a α entonces se Rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna o del investigador H_a .

Esto es si, $sig < \alpha$ entonces se acepta H_a .

Donde α es el nivel de significancia y representa el % de error que estamos dispuesto a asumir. Tomaremos el valor de significancia $\alpha = 0.05$.

Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 1/2", 3/8" y 4mm a las edades de 7, 14 y 28 días

Tablas de resultados de los ensayos:

En las siguientes tablas se muestra los 2 datos muestrales de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días de curado para cada tipo de diseño.

Tabla 59

Resultados de los ensayos a la flexión a los 7 días

Identificación	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm²)
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	7.00	65.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	7.00	64.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	7.00	62.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	7.00	62.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	7.00	46.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 4mm	7.00	46.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	7.00	65.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	7.00	64.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	7.00	59.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	7.00	59.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	7.00	45.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	7.00	45.00

Tabla 60

Resultados de los ensayos a la flexión a los 14 días

Identificación	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	14.00	68.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	14.00	69.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	14.00	64.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	14.00	64.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	14.00	50.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 4mm	14.00	49.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	14.00	68.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	14.00	67.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	14.00	62.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	14.00	62.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	14.00	48.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	14.00	47.00

Tabla 61

Resultados de los ensayos a la flexión a los 28 días

Identification	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	28.00	72.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	28.00	72.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	28.00	69.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	28.00	69.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	28.00	56.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 4mm	28.00	55.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	28.00	73.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	28.00	73.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	28.00	66.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	28.00	67.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	28.00	54.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	28.00	53.00

Supuesto de Normalidad para la resistencia a la flexión

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 62
Prueba de normalidad.

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	TIPO DE DISEÑO	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO	Diseño Patrón	,175	3	.	1,000	3	1,000
DE ACERO DE 1/2" A 7 DÍAS	Diseño Experimental	,175	3	.	1,000	3	1,000
FLEXIÓN CON REFUERZO	Diseño Patrón	,253	3	.	,964	3	,637
DE ACERO DE 3/8" A 7 DÍAS	Diseño Experimental	,253	3	.	,964	3	,637
FLEXIÓN CON REFUERZO	Diseño Patrón	,175	3	.	1,000	3	1,000
DE ACERO DE 4mm A 7 DÍAS	Diseño Experimental	,175	3	.	1,000	3	1,000
FLEXIÓN CON REFUERZO	Diseño Patrón	,175	3	.	1,000	3	1,000
DE ACERO DE 1/2" A 14 DÍAS	Diseño Experimental	,175	3	.	1,000	3	1,000
FLEXIÓN CON REFUERZO	Diseño Patrón	,175	3	.	1,000	3	1,000
DE ACERO DE 3/8" A 14 DÍAS	Diseño Experimental	,253	3	.	,964	3	,637
FLEXIÓN CON REFUERZO	Diseño Patrón	,175	3	.	1,000	3	1,000
DE ACERO DE 4mm A 14 DÍAS	Diseño Experimental	,175	3	.	1,000	3	1,000
FLEXIÓN CON REFUERZO	Diseño Patrón	,175	3	.	1,000	3	1,000
DE ACERO DE 1/2" A 28 DÍAS	Diseño Experimental	,175	3	.	1,000	3	1,000
FLEXIÓN CON REFUERZO	Diseño Patrón	,219	3	.	,987	3	,780
DE ACERO DE 3/8" A 28 DÍAS	Diseño Experimental	,232	3	.	,980	3	,726
FLEXIÓN CON REFUERZO	Diseño Patrón	,175	3	.	1,000	3	1,000
DE ACERO DE 4mm A 28 DÍAS	Diseño Experimental	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, notamos que todos los valores de significancia (sig) son mayores a 0.05, por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula y concluimos con un nivel de significancia del 5% que, los datos en todos los diseños y edades siguen una distribución normal.

Prueba de la T Student y Supuesto de homogeneidad para la resistencia a la flexión

Estadísticos descriptivos:

Tabla 63
Estadística de grupo.

Estadísticas de grupo					
	TIPO DE DISEÑO	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 7 DÍAS	Diseño Patrón	3	64,5000	,50000	,28868
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 7 DÍAS	Diseño Experimental	3	64,5000	,50000	,28868
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 7 DÍAS	Diseño Patrón	3	59,1667	,76376	,44096
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 7 DÍAS	Diseño Experimental	3	62,1667	,76376	,44096
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 7 DÍAS	Diseño Patrón	3	45,0000	1,00000	,57735
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 7 DÍAS	Diseño Experimental	3	46,0000	1,00000	,57735
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 14 DÍAS	Diseño Patrón	3	67,5000	,50000	,28868
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 14 DÍAS	Diseño Experimental	3	68,5000	,50000	,28868
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 14 DÍAS	Diseño Patrón	3	62,0000	,50000	,28868
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 14 DÍAS	Diseño Experimental	3	64,1667	,76376	,44096
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 14 DÍAS	Diseño Patrón	3	47,5000	,50000	,28868
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 14 DÍAS	Diseño Experimental	3	49,5000	,50000	,28868
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 28 DÍAS	Diseño Patrón	3	73,0000	1,00000	,57735
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 28 DÍAS	Diseño Experimental	3	72,0000	1,00000	,57735
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 28 DÍAS	Diseño Patrón	3	66,5333	,50332	,29059
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 28 DÍAS	Diseño Experimental	3	69,0667	,40415	,23333
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 28 DÍAS	Diseño Patrón	3	53,5000	,50000	,28868
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 28 DÍAS	Diseño Experimental	3	55,5000	,50000	,28868

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 7 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	,000	4	1,000	,00000	,40825	-1,13348	1,13348
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 7 DÍAS	No se asumen varianzas iguales			,000	4,000	1,000	,00000	,40825	-1,13348	1,13348
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 7 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	-4,811	4	,009	-3,00000	,62361	-4,73142	-1,26858
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 7 DÍAS	No se asumen varianzas iguales			-4,811	4,000	,009	-3,00000	,62361	-4,73142	-1,26858
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 7 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	-1,225	4	,288	-1,00000	,81650	-3,26696	1,26696
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 7 DÍAS	No se asumen varianzas iguales			-1,225	4,000	,288	-1,00000	,81650	-3,26696	1,26696
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 14 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	-2,449	4	,070	-1,00000	,40825	-2,13348	,13348
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 14 DÍAS	No se asumen varianzas iguales			-2,449	4,000	,070	-1,00000	,40825	-2,13348	,13348
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 14 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	,727	,442	-4,111	4	,015	-2,16667	,52705	-3,62998	-,70335
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 14 DÍAS	No se asumen varianzas iguales			-4,111	3,448	,020	-2,16667	,52705	-3,72711	-,60622
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 14 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	-4,899	4	,008	-2,00000	,40825	-3,13348	-,86652
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 14 DÍAS	No se asumen varianzas iguales									

REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 14 DÍAS	No se asumen varianzas iguales			-4,899	4,000	,008	-2,00000	,40825	-3,13348	-,86652
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 28 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	1,225	4	,288	1,00000	,81650	-1,26696	3,26696
REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 28 DÍAS	No se asumen varianzas iguales			1,225	4,000	,288	1,00000	,81650	-1,26696	3,26696
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 28 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	,131	,736	-6,798	4	,002	-2,53333	,37268	-3,56805	-1,49861
REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 28 DÍAS	No se asumen varianzas iguales			-6,798	3,822	,003	-2,53333	,37268	-3,58737	-1,47929
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 28 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	,000	1,000	-4,899	4	,008	-2,00000	,40825	-3,13348	-,86652
REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 28 DÍAS	No se asumen varianzas iguales			-4,899	4,000	,008	-2,00000	,40825	-3,13348	-,86652

Según los resultados de la prueba de Homogeneidad de varianzas de Levene, que se basa en la media indica que todos los valores de significancia (sig) son mayores a 0.05, por lo tanto, no rechazamos la hipótesis nula y concluimos con un nivel de significancia del 5% que, existe igualdad de varianzas entre los diseños para cada edad.

De los resultados de la prueba T Student para muestras independientes observamos que, los valores sig en donde se probó que se asumen varianzas iguales hay valores mayores y menores al valor de significancia asumido del 0.05, ahora sabiendo que, cuando son menores rechazamos la hipótesis H_0 y la aceptamos si son mayores, de esta manera se presenta un cuadro de resumen con las conclusiones de los resultados de las pruebas.

Tabla 65
Tabla resumen.

Edad en Días	Diseño Patrón	Diseño Experimental	Resultado de la hipótesis H_a / $\alpha=0.05$	Conclusión
7	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	$p = 1.000$ No Significativo: Diseño 5% = Patrón	No existe diferencias significativas en la flexión entre ambos diseños
	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	$p = 0.009$ Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la flexión aumentó significativamente con respecto al diseño patrón
	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	$p = 2.88$ No Significativo: Diseño 5% = Patrón	No existe diferencias significativas en la flexión entre ambos diseños
14	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	$p = 0.07$ No Significativo: Diseño 5% = Patrón	No existe diferencias significativas en la flexión entre ambos diseños
	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	$p = 0.015$ Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la flexión aumentó significativamente con respecto al diseño patrón
	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	$p = 0.008$ Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la flexión aumentó significativamente con respecto al diseño patrón
28	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	$p = 0.288$ No Significativo: Diseño 5% = Patrón	No existe diferencias significativas en la flexión entre ambos diseños
	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	$p = 0.002$ Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la flexión aumentó significativamente con respecto al diseño patrón
	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	$p = 0.008$ Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la flexión aumentó significativamente con respecto al diseño patrón

Se aprecia que el valor de la flexión del concreto optimizado con 5% de Fibra de Vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2" en promedio (72.00 kg/cm²) es menor que valor promedio del concreto optimizado con refuerzo de acero de 1/2" (73.00 kg/cm²), en un 1.37%, asimismo, se logra verificar que este último es mayor que el valor promedio del concreto optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" (69.00 kg/cm²), siendo superior en 5.48%.

Tabla 62

Comparativo de promedio de módulos de rotura a la flexión a los 28 días

Identificación	Promedio Módulo de rotura (kg/cm ²)
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	72.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	69.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	73.00

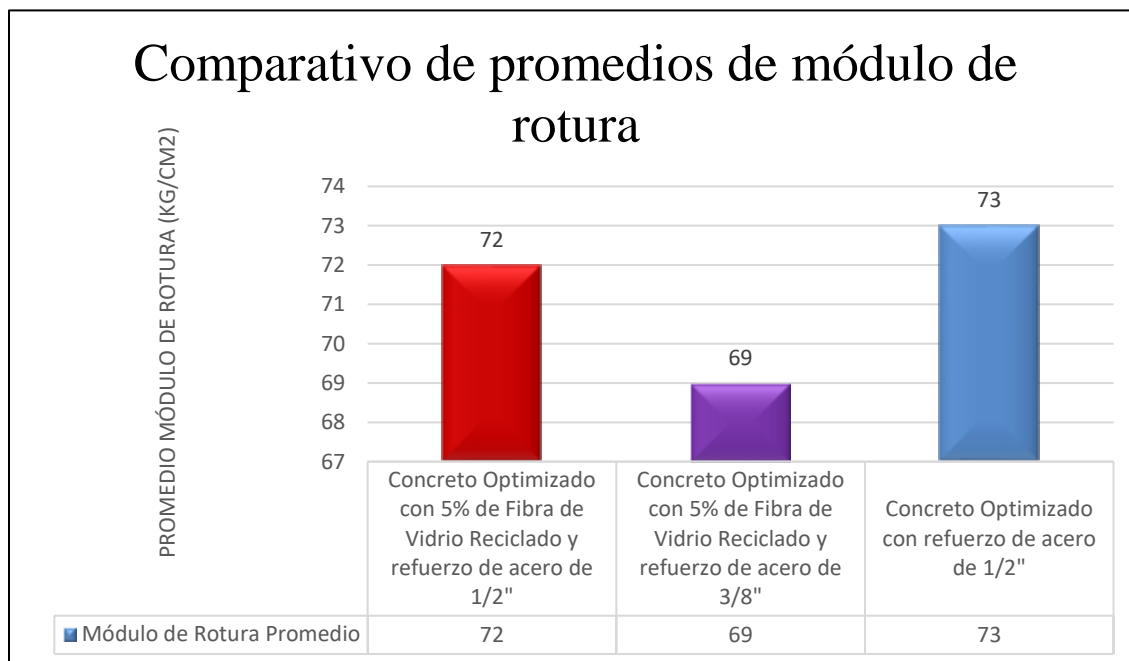


Figura 40: Comparativo de promedio de módulos de rotura a la flexión a los 28 días

Fuente: Propia

Por lo que el ahorro en producción por m³ entre una viga y columna experimental Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 1/2" con una viga de Concreto tradicional Optimizado con refuerzo de acero de 1/2", se demuestra en el siguiente análisis:

- Realizar un análisis de costo de producción de concreto $f'c = 210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, en comparación al concreto convencional, para elaborar vigas y columnas de concreto armado.

Tabla 63

Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una viga experimental de concreto armado optimizado con 5% de fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"

DESCRIP.	UND.	CANT.	P.U.(S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S/.)
Material					
TABLERO DE MADERA TRATADA, DE 22mm DE ESPESOR, REFORZADO CON VARILLAS Y PERFILES	m2	8.34	108.17	902.14	
ESTRUCTURA SOPORTE PARA ENCONFRADO RECUPERABLE, COMPUESTA DE : Y ACCESORIOS DE MONTAJE	m2	0.03	245.19	7.85	
PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO, DE HASTA 3m DE ALTURA	Ud	0.11	38.56	4.28	
MADERA DE PINO	m3	0.01	687.00	8.93	
PUNTAS DE ACERO DE 20x100 mm	kg	0.17	20.20	3.37	
AGENTE DESMOLDANTE, A BASE DE ACEITES ESPECIALES, EMULSIONABLE EN AGUA PARA ENCOFRADOS METÁLICOS, FENÓLICOS O DE MADERA	l	0.13	6.33	0.79	
SEPARADOR HOMOLOGADO DE VIGAS	Ud	4.00	0.23	0.92	
ACERO EN VARILLAS CORRUGADAS, GRADO 60 ($f_y=4200$ kg/cm ²) de 1/2" SEGÚN NTP339.186 Y ASTM A 706 PARA VIGA DE 15x15x50cm	kg	120.36	4.76	572.91	
ALAMBRE GALVANIZADO PARA ATAR , DE 1,30mm DE DIÁMETRO	kg	1.65	3.17	5.23	
CEMENTO	bls	7.7	22.50	173.25	
AGUA	m3	0.17	2.00	0.33	
AGREGADO FINO	m3	0.30	60.00	17.88	
AGREGADO GRUESO	m3	0.33	60.00	20.04	

VIDRIO RECICLADO MOLIDO AL 5%	kg	16.27	0.11	1.79	
		Subtotal materiales:		1,719.71	
<i>Equipos</i>					
MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	0.63	4.64	2.92	
		Subtotal equipos:		2.92	
<i>Mano de Obra</i>					
OPERARIO ENCOFRADOR	hh	2.577	22.56	58.14	
OFICIAL ENCOFRADOR	hh	2.577	15.62	40.25	
OPERARIO FIERRERO	hh	1.781	22.56	40.18	
OFICIAL FIERRERO	hh	1.93	15.62	30.15	
PEÓN DE CONSTRUCCIÓN	hh	1.299	14.43	18.74	
OPERARIO ESPECIALIZADO EN VACIADO DE CONCRETO	hh	0.421	22.56	9.50	
OFICIAL ESPECIALIZADO EN VACIADO DE CONCRETO	hh	1.695	15.62	26.48	
		Subtotal mano de obra:		223.43	
<i>Herramientas</i>					
Herramientas	%	2	1946.06	38.92	
					Costos directos: 1984.98

Tabla 64

Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una viga de concreto tradicional optimizado con refuerzo de acero de 1/2"

DESCRIP.	UND.	CANT.	P.U.(S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S/.)
<i>Materiales</i>					
TABLERO DE MADERA TRATADA, DE 22mm DE ESPESOR, REFORZADO CON VARILLAS Y PERFILES	m2	8.34	108.17	902.14	

ESTRUCTURA SOPORTE PARA ENCONFRADO RECUPERABLE, COMPUESTA DE : Y ACCESORIOS DE MONTAJE	m2	0.03	245.19	7.85
PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO, DE HASTA 3m DE ALTURA	Ud	0.11	38.56	4.28
MADERA DE PINO	m3	0.01	687.00	8.93
PUNTAS DE ACERO DE 20x100 mm	kg	0.17	20.20	3.37
AGENTE DESMOLDANTE, A BASE DE ACEITES ESPECIALES, EMULSIONABLE EN AGUA PARA ENCOFRADOS METÁLICOS, FENÓLICOS O DE MADERA	l	0.13	6.33	0.79
SEPARADOR HOMOLOGADO DE VIGAS	Ud	4.00	0.23	0.92
ACERO EN VARILLAS CORRUGADAS, GRADO 60 ($f_y=4200$ kg/cm ²) de 1/2"	kg	120.36	4.76	572.91
SEGÚN NTP339.186 Y ASTM A 706 PARA VIGA DE 15x15x50cm	kg	1.65	3.17	5.23
ALAMBRE GALVANIZADO PARA ATAR , DE 1,30mm DE DIÁMETRO	bls	11.83	22.50	266.18
CEMENTO	m3	0.17	2.00	0.33
AGUA	m3	0.30	60.00	17.88
AGREGADO FINO	m3	0.33	60.00	20.04
AGREGADO GRUESO				
			Subtotal materiales:	1,810.85
 <i>Equipos</i>				
MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	0.63	4.64	2.92
			Subtotal equipos:	2.92
 <i>Mano de Obra</i>				
OPERARIO ENCOFRADOR	hh	2.577	22.56	58.14
OFICIAL ENCOFRADOR	hh	2.577	15.62	40.25
OPERARIO FIERRERO	hh	1.781	22.56	40.18
OFICIAL FIERRERO	hh	1.93	15.62	30.15
PEÓN DE CONSTRUCCIÓN	hh	1.299	14.43	18.74

OPERARIO ESPECIALIZADO EN VACIADO DE CONCRETO	hh	0.421	22.56	9.50	
OFICIAL ESPECIALIZADO EN VACIADO DE CONCRETO	hh	1.695	15.62	26.48	
			Subtotal mano de obra:	223.43	
<i>Herramientas</i>					
Herramientas	%	2	2,037.20	40.74	
					Costos directos: 2,077.94

Tabla 65

Comparativo ACU's entre viga experimental de concreto armado más 5% de fibra de vidrio reciclado molido con refuerzo de acero de 1/2", y viga de concreto tradicional con refuerzo de acero de 1/2"

	COSTO DIRECTO	DIFERENCIA	PORCENTAJE	DIFERENCIA PORCENTUAL
Viga exp. de concreto armado con 5% de fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	S/ 1,984.98		95.53%	
		S/ 92.96		4.47%
Viga de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2"	S/ 2,077.94		100%	

Fuente: Propia

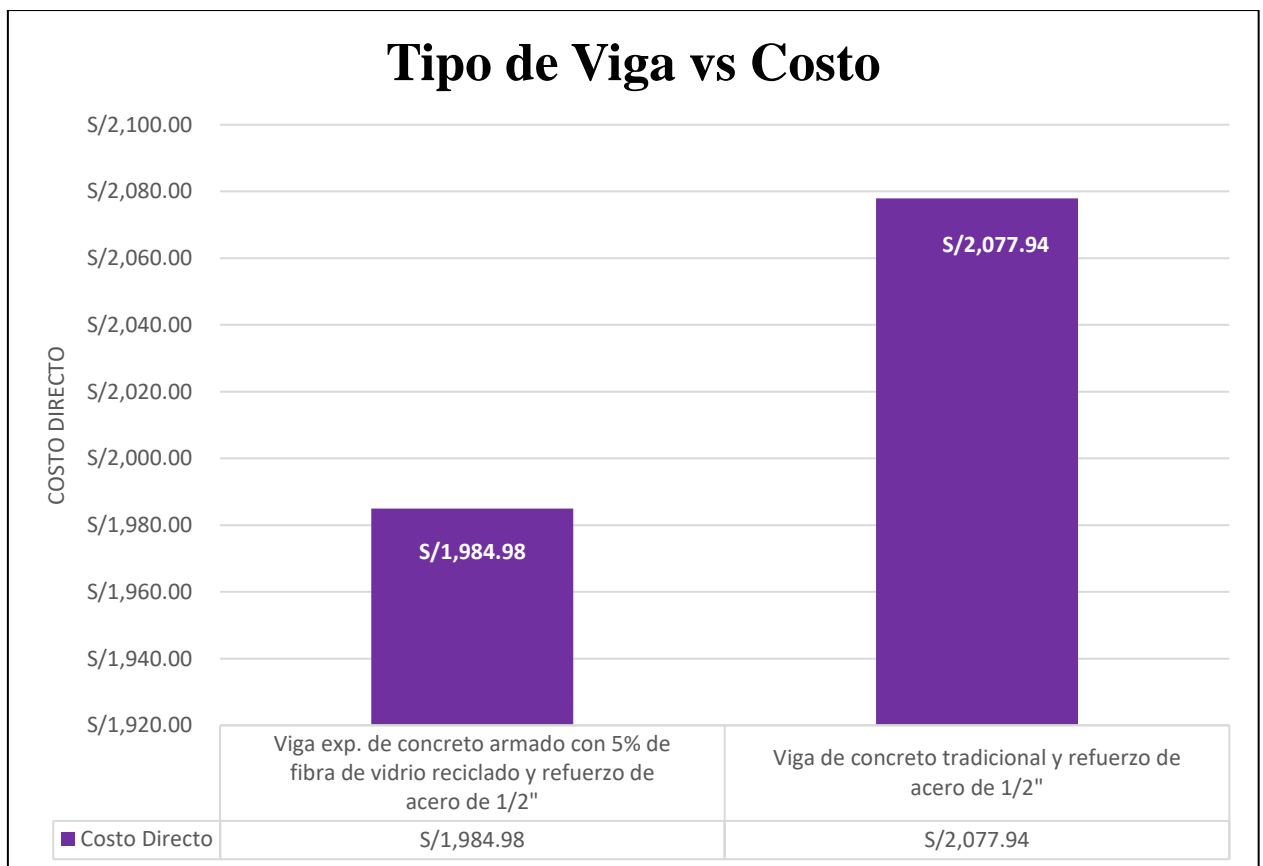


Figura 41: Tipo de Viga Vs Costo

Tabla 66

Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una columna experimental de concreto armado optimizado con 5% de fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"

DESCRIP.	UND.	CANT.	P.U.(S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S/.)
<i>Materiales</i>					
TABLERO DE MADERA TRATADA, DE 22mm DE ESPESOR, REFORZADO CON VARILLAS Y PERFILES	m2	8.34	108.17	902.14	
ESTRUCTURA SOPORTE PARA ENCONFRADO RECUPERABLE, COMPUESTA DE : Y ACCESORIOS DE MONTAJE	m2	0.03	245.19	7.85	
PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO, DE HASTA 3m DE ALTURA	Ud	0.11	38.56	4.28	
MADERA DE PINO	m3	0.01	687.00	8.93	
PUNTAS DE ACERO DE 20x100 mm	kg	0.17	20.20	3.37	
AGENTE DESMOLDANTE, A BASE DE ACEITES ESPECIALES, EMULSIONABLE EN AGUA PARA ENCOFRADOS METÁLICOS, FENÓLICOS O DE MADERA	1	0.13	6.33	0.79	
SEPARADOR HOMOLOGADO DE COLUMNAS	Ud	4.00	0.23	0.92	
ACERO EN VARILLAS CORRUGADAS, GRADO 60 ($f_y=4200$ kg/cm ²) de 1/2" SEGÚN NTP339.186 Y ASTM A 706 PARA VIGA DE 15x15x50cm	kg	120.36	4.76	572.91	
ALAMBRE GALVANIZADO PARA ATAR , DE 1,30mm DE DIÁMETRO	kg	1.65	3.17	5.23	
CEMENTO	bls	10.5	22.50	236.25	
AGUA	m3	0.20	2.00	0.40	
AGREGADO FINO	m3	0.50	60.00	30.00	
AGREGADO GRUESO	m3	0.62	60.00	37.20	
VIDRIO RECICLADO MOLIDO AL 5%	kg	16.27	0.11	1.79	
			Subtotal materiales:	1,812.06	

Equipos

MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	0.63	4.64	2.92	
			Subtotal equipos:	2.92	
<i>Mano de Obra</i>					
OPERARIO ENCOFRADOR	hh	2.577	22.56	58.14	
OFICIAL ENCOFRADOR	hh	2.577	15.62	40.25	
OPERARIO FIERRERO	hh	1.781	22.56	40.18	
OFICIAL FIERRERO	hh	1.93	15.62	30.15	
PEÓN DE CONSTRUCCIÓN	hh	1.299	14.43	18.74	
OPERARIO ESPECIALIZADO EN VACIADO DE CONCRETO	hh	0.421	22.56	9.50	
OFICIAL ESPECIALIZADO EN VACIADO DE CONCRETO	hh	1.695	15.62	26.48	
			Subtotal mano de obra:	223.43	
<i>Herramientas</i>					
Herramientas	%	2	2,038.41	40.77	
					Costos directos: 2,079.18

Tabla 67

Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una columna de concreto tradicional optimizado con refuerzo de acero de 1/2"

DESCRIP.	UND.	CANT.	P.U.(S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S/.)
Material					
TABLERO DE MADERA TRATADA, DE 22mm DE ESPESOR, REFORZADO CON VARILLAS Y PERFILES	m2	8.34	108.17	902.14	
ESTRUCTURA SOPORTE PARA ENCONFRADO RECUPERABLE, COMPUESTA DE : Y ACCESORIOS DE MONTAJE	m2	0.03	245.19	7.85	
PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO, DE HASTA 3m DE ALTURA	Ud	0.11	38.56	4.28	
MADERA DE PINO	m3	0.01	687.00	8.93	
PUNTAS DE ACERO DE 20x100 mm	kg	0.17	20.20	3.37	
AGENTE DESMOLDANTE, A BASE DE ACEITES ESPECIALES, EMULSIONABLE EN AGUA PARA ENCOFRADOS METÁLICOS, FENÓLICOS O DE MADERA	1	0.13	6.33	0.79	
SEPARADOR HOMOLOGADO DE VIGAS	Ud	4.00	0.23	0.92	
ACERO EN VARILLAS CORRUGADAS, GRADO 60 ($f_y=4200$ kg/cm ²) de 1/2" SEGÚN NTP339.186 Y ASTM A 706 PARA VIGA DE 15x15x50cm	kg	120.36	4.76	572.91	
ALAMBRE GALVANIZADO PARA ATAR , DE 1,30mm DE DIÁMETRO	kg	1.65	3.17	5.23	
CEMENTO	bls	11.83	22.50	266.18	
AGUA	m3	0.20	2.00	0.40	
AGREGADO FINO	m3	0.50	60.00	30.00	
AGREGADO GRUESO	m3	0.62	60.00	37.20	
			Subtotal materiales:	1,840.20	
Equipos					
MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	0.63	4.64	2.92	
			Subtotal equipos:	2.92	

Mano de Obra

OPERARIO ENCOFRADOR	hh	2.577	22.56	58.14
OFICIAL ENCOFRADOR	hh	2.577	15.62	40.25
OPERARIO FIERRERO	hh	1.781	22.56	40.18
OFICIAL FIERRERO	hh	1.93	15.62	30.15
PEÓN DE CONSTRUCCIÓN	hh	1.299	14.43	18.74
OPERARIO ESPECIALIZADO EN VACIADO DE CONCRETO	hh	0.421	22.56	9.50
OFICIAL ESPECIALIZADO EN VACIADO DE CONCRETO	hh	1.695	15.62	26.48

Subtotal mano de obra: 223.43

Herramientas

Herramientas	%	2	2,066.55	41.33
--------------	---	---	----------	--------------

Costos directos: 2,107.88

Fuente: Propia

Tabla 68

Comparativo ACU's entre columna experimental de concreto armado más 5% de fibra de vidrio reciclado molido con refuerzo de acero de 1/2", y viga de concreto tradicional con refuerzo de acero de 1/2"

	COSTO DIRECTO	DIFERENCIA	PORCENTAJE	DIFERENCIA PORCENTUAL
Columna exp. de concreto armado con 5% de fibra de vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	S/ 2,079.18	S/ 28.70	98.64%	1.31%
Columna de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2"	S/ 2,107.88		100%	

Fuente: Propia

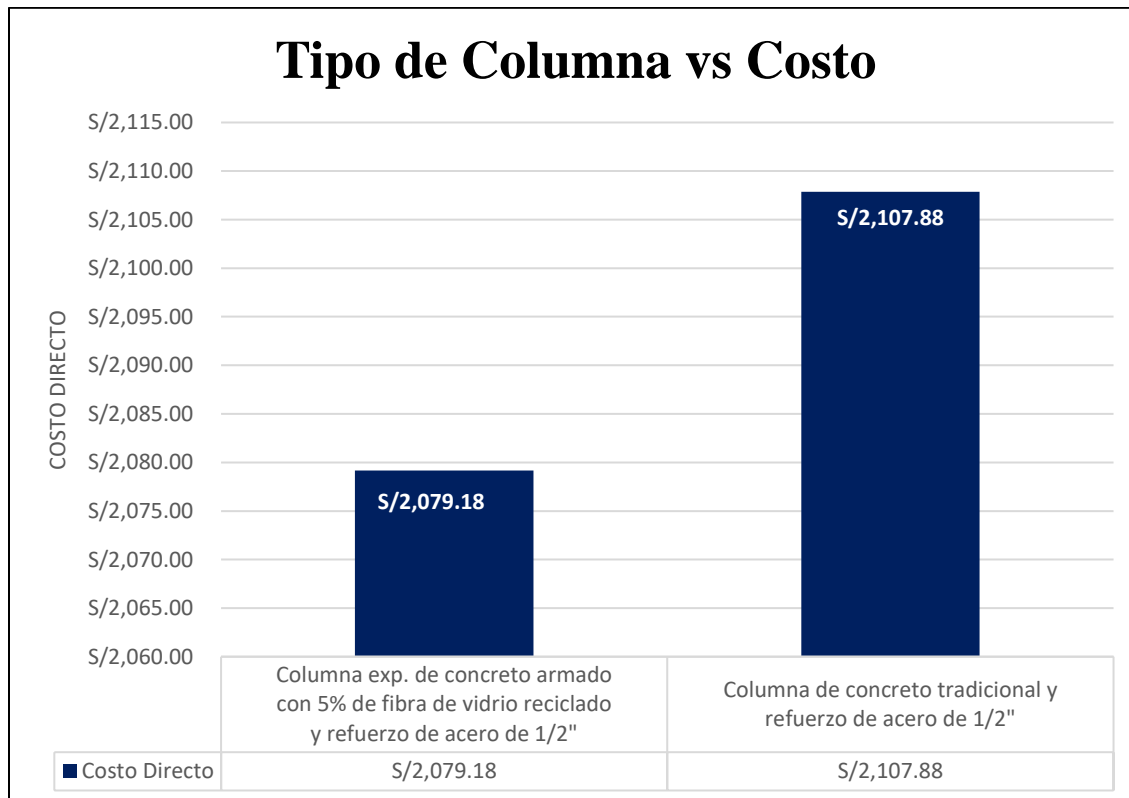


Figura 42: Tipo de Columna Vs Costo

Fuente: Propia

CAPITULO IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

4.1.Discusiones.

- Al determinar las propiedades físicas de los agregados que serán empleados en la preparación del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de vidrio reciclado molido para elaborar vigas de concreto armado, notamos que estas nos permitieron cuantificar con precisión las proporciones de los materiales que componen el concreto , para una resistencia $f'c=210$ kg/cm² , con la extracción posterior de probetas cilíndricas, pudiendo visualizar y analizar la variación en el comportamiento del concreto $f_c = 210$ kg/cm² con adición de vidrio molido, en reemplazo del agregado fino.
- Al establecer la apropiada cantidad o porcentaje de vidrio reciclado molido añadido en la mezcla de concreto , de manera que garantice la producción de un concreto $f'c=210$ kg/cm² para elaborar vigas de concreto armado con adecuada resistencia a la flexo compresión, notamos que a los 7 , 14 y 28 días la influencia al añadir el 5% de vidrio reciclado molido resultó más eficiente que el diseño convencional, mientras que los otros dos diseños del 10% y 15% no presentaron mejoras significativas con respecto al diseño convencional, es más hubo una disminución significativa en sus resistencias a la compresión. En cuanto a las resistencias a la flexión, se aprecia que el valor de la flexión del concreto optimizado con 5% de Fibra de Vidrio reciclado y refuerzo de acero de 1/2" en promedio (72.00 kg/cm²) es menor que valor promedio del concreto optimizado con refuerzo de acero de 1/2" (73.00 kg/cm²), en un 1.37%, asimismo, se logra verificar que este último es mayor que el valor promedio del concreto optimizado con 5% de Fibra de Vidrio Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" (69.00 kg/cm²), siendo superior en 5.48%.

- Al realizar un análisis de costo de producción de concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, en comparación al concreto convencional , para elaborar vigas de concreto armado, notamos que en la tabla XXXX77 , donde se realiza el comparativo ACU´s entre viga experimental de concreto armado optimizado con 5% de vidrio reciclado molido y refuerzo de acero de 1/2" , y viga de concreto tradicional optimizado con refuerzo de acero de 1/2" de la cual se obtuvo como resultado el precio por metro cúbico para la viga experimental de concreto armado optimizado con 5% de vidrio reciclado molido y refuerzo de acero de 1/2" siendo S/.1,984.98 , mientras que para la viga de concreto tradicional optimizado con refuerzo de acero de 1/2" fue S/. 2,077.94 , es decir, se puede apreciar una diferencia de 92.96 soles entre ambas opciones a favor de la primera, asimismo, una diferencia porcentual de 4.47 % con respecto de la viga de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2". Asimismo, en la tabla x77 , donde se realiza el comparativo ACU´s entre columna experimental de concreto armado optimizado con 5% de vidrio reciclado molido y refuerzo de acero de 1/2" , y columna de concreto tradicional optimizado con refuerzo de acero de 1/2" de la cual se obtuvo como resultado el precio por metro cúbico para la columna experimental de concreto armado optimizado con 5% de vidrio reciclado molido y refuerzo de acero de 1/2" siendo S/.2,079.18 , mientras que para la columna de concreto tradicional optimizado con refuerzo de acero de 1/2" fue S/. 2,107.88 , es decir, se puede apreciar una diferencia de 28.70 soles entre ambas opciones a favor de la primera, asimismo, una diferencia porcentual de 1.31 % con respecto de la viga de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2".

4.2. Conclusiones.

- Al determinar las propiedades físicas de los agregados que serán empleados en la preparación del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de vidrio reciclado molido para elaborar vigas de concreto armado, se concluye que los resultados obtenidos para obtener las características de los agregados fueron satisfactorios ya que estos cumplen con los husos granulométricos de la Norma Técnica Peruana 400.037.
- Al establecer la apropiada cantidad o porcentaje de vidrio reciclado molido añadido en la mezcla de concreto , de manera que garantice la producción de un concreto $f'c=210$ kg/cm² para elaborar vigas de concreto armado con adecuada resistencia a la flexo compresión, se concluye que el porcentaje mas adecuado de vidrio reciclado molido añadido a la mezcla de concreto fue 5% pues resultó mas eficiente que el diseño convencional, mientras que los otros dos diseños del 10% y 15% no presentaron mejoras significativas con respecto al diseño convencional.
- Al realizar un análisis de costo de producción de concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, en comparación al concreto convencional , para elaborar vigas de concreto armado, se concluye que el ahorro en producción por m³ fue mas favorable para los casos viga y columna experimental de concreto armado optimizado con 5% de vidrio reciclado molido y refuerzo de acero de 1/2" , y menos favorable para los casos viga y columna de concreto tradicional optimizado con refuerzo de acero de 1/2".

REFERENCIAS

- García y Morales, (2014). Análisis de la Resistencia a la Compresión de un Concreto $F_c=250$ kgf/cm² Sustituyendo 20% de Cemento por Vidrio Molido, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela
- INDECOPI - NTP 400.037. (2014). *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima, Perú.
- Abanto Castillo, F. (s.f.). *Tecnología del Concreto Teoría y Problemas*. Lima: San Marcos.
- Medina Cruz, R. (2019). *Aceros Arequipa, Boletín Construyendo*. Obtenido de Conociendo las Propiedades del Concreto (I): http://www.acerosarequipa.com/construccion-deviviendas/boletin-construyendo/edicion_30/conociendo-las-propiedades-delconcreto.Html
- Construmática. (2018). *Hormigón Endurecido*. Obtenido de CONSTRUMÁTICA. Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción:
https://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n_Endurecido
- Eco Agricultor. (2012). *El reciclaje del vidrio: proceso, aplicaciones y ventajas*. Obtenido de Eco Agricultor: <https://www.ecoagricultor.com/el-reciclaje-del-vidrio-procesoaplicaciones-y-ventajas/>
- Friends of Glass. (2019). *¿Cuál es la diferencia entre vidrio y cristal?* Obtenido de Friends of Glass, FEVE: <https://www.friendsofglass.com/es/design-es/cual-es-la-diferenciaentre-vidrio-y-cristal/>

- Fuentes Aliaga, C. (15 de Febrero de 2018). *RECICLACIÓN*. Obtenido de Tiempo de degradación de los residuos: <http://www.reciclacion.cl/noticias/tiempo-dedegradacion-de-los-residuos-2/>
- Morales, L. (2017). El vidrio en la edificación. Propiedades, aplicaciones y estudios de fracturas en casos reales. (*Trabajo final de grado*). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Arequipa, M. d. (2017). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Arequipa*. Arequipa.
- Ashutosh Sharma, A. S. (febrero de 2015). Glass Powder – A Partial Replacement for Cement? *International Journal of Core Engineering & Management (IJCEM)*.
- Fernández Navarro, J. M. (2003). *El vidrio*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Gunalaan Vasudevan, S. G. (2013). Performance of Using Waste Glass Powder in Concrete as Replacement of Cement. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 7. Obtenido de www.ajer.org
- López, I. E. (2014). *Diseño de mezclas*. Lima: Fondo Editorial ICG.
- Yu Chen, Y.-f. D.-q. (2016). Influence of Nano-SiO₂ on the Consistency, Setting Time, Early-Age Strength, and Shrinkage of Composite Cement Pastes. China. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/amse/2016/5283706/>
- 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>

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

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.

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

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima, Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c=210$ kg/cm ²	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y=f(x)	Indicadores	Diseño de la investigación
	<p>Problema general: ¿ De qué manera elaborar una propuesta de mejora técnico económica para vigas y columnas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm² ?</p>	<p>Objetivo general: Elaborar la propuesta de mejora técnico económica para vigas y columnas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm².</p>	<p>Hipótesis general: Hipótesis Nula (Ho): La elaboración de la propuesta de mejora técnico económica para vigas y columnas de concreto armado con añadido de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm² , no permitió identificar y/o demostrar si responde igual o mejor que el concreto convencional.. Hipótesis Alterna(Ha): La elaboración de la propuesta de mejora técnico económica para vigas y columnas de concreto armado con añadido de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm² , permitió identificar y/o demostrar si responde igual o mejor que el concreto convencional.</p>	<p>Variable dependiente (y): Mejora técnico económica para vigas y columnas de concreto armado a ensayar <u>DIMENSIONES</u> D1. Propiedades del concreto fresco. D2. Propiedades del concreto endurecido. D3. Resistencia a la compresión. D4: Resistencia a la flexión D5: Vidrio molido reciclado D6: Agregado grueso D7: Agregado fino</p>	<p>Asentamiento Peso unitario Esfuerzo Módulo de ruptura Deformación unitaria Volumen</p>	<p>Tipo: Investigación Aplicada. Método: Enfoque Cuantitativo Diseño: experimental. En tiempo: Transversal</p>

<p>Problemas específicos: ¿ Cuáles son las propiedades físicas de los agregados que serán empleados en la preparación del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de vidrio reciclado molido para elaborar vigas y columnas de concreto armado?</p> <p>¿ Qué porcentaje de vidrio reciclado molido añadido a la mezcla de concreto, garantiza la producción de un concreto $f'c=210$ kg/cm² para elaborar vigas y columnas de concreto armado con adecuada resistencia a la flexo-compresión ?</p> <p>¿Cuál es la diferencia de costos que existe en producir concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, con respecto al concreto convencional , para elaborar vigas y columnas de concreto armado?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>Determinar las propiedades físicas de los agregados que serán empleados en la preparación del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de vidrio reciclado molido para elaborar vigas y columnas de concreto armado.</p> <p>Establecer la apropiada cantidad o porcentaje de vidrio reciclado molido añadido en las mezcla de concreto, de manera que garantice la producción de un concreto $f'c=210$ kg/cm² , para elaborar vigas y columnas de concreto armado con adecuada resistencia a la flexo-compresión.</p> <p>Realizar un análisis de costo de producción de concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, en comparación al concreto convencional , para elaborar vigas y columnas de concreto armado.</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>Hipótesis Nula (Ho): La determinación de las propiedades físicas de los agregados no permitió diseñar y elaborar adecuadamente un concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, para elaborar vigas y columnas de concreto armado.</p> <p>Hipótesis Alterna (Ha): La determinación de las propiedades físicas de los agregados permitió diseñar y elaborar adecuadamente un concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, para elaborar vigas y columnas de concreto armado.</p> <p>Hipótesis Nula (Ho): Al añadir un porcentaje apropiado de vidrio reciclado molido a la mezcla de concreto , no hubo una mejora significativa en la flexión de las vigas de concreto armado, asimismo en la compresión de las columnas de concreto.</p> <p>Hipótesis Alterna (Ha): Al añadir un porcentaje apropiado de vidrio reciclado molido a la mezcla de concreto , hubo una mejora significativa en la flexión de las vigas de concreto armado, asimismo en la compresión de las columnas de concreto.</p> <p>Hipótesis Nula (Ho): El análisis de costos de producción de concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido , no es mas barato en comparación al concreto tradicional , para elaborar vigas</p>	<p>Variable independiente</p> <p>(x): Concreto con adición de vidrio reciclado molido en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm²</p>	<p>Porcentaje de adición</p> <p>Granulometría</p> <p>$F'c$ (kg/cm²)</p>
--	--	--	--	---

y columnas de concreto armado.

Hipótesis Alternativa (Ha): El análisis de costos de producción de concreto $f'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, es más barato en comparación al concreto tradicional, para elaborar vigas y columnas de concreto armado.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Certificados de laboratorio

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN						
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TÉCNICO ECONÓMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg/cm ²				REGISTRO N°:	2021 - T847
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BUJAICO				REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---				REVISADO POR :	H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC				FECHA DE ENSAYO :	28/01/2021
FECHA DE EMISIÓN	: 28/01/2021				TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido					
Presentación	: Especímenes cilíndricos 6" x 12"					
Fc de diseño	: 210 kg/cm ²					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C38						
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F _o
PROBETA N° 1 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	197 kg/cm ²	93.8
PROBETA N° 2 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	196 kg/cm ²	93.2
PROBETA N° 3 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	198 kg/cm ²	94.1
PROBETA N° 4 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	197 kg/cm ²	93.8
PROBETA N° 1 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm ³	22/01/2021	29/01/2021	7 días	2.00	190 kg/cm ²	90.7
PROBETA N° 2 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm ⁴	23/01/2021	30/01/2021	7 días	2.00	190 kg/cm ²	90.5
PROBETA N° 3 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm ⁵	24/01/2021	31/01/2021	7 días	2.00	190 kg/cm ²	90.3
PROBETA N° 4 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm ⁶	25/01/2021	1/02/2021	7 días	2.00	190 kg/cm ²	90.5
PROBETA N° 1 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	181 kg/cm ²	86.4
PROBETA N° 2 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	182 kg/cm ²	86.6
PROBETA N° 3 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	182 kg/cm ²	86.7
PROBETA N° 4 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	183 kg/cm ²	87.2
PROBETA N° 1 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	167 kg/cm ²	79.6
PROBETA N° 2 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	164 kg/cm ²	78.3
PROBETA N° 3 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	166 kg/cm ²	79.3
PROBETA N° 4 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	166 kg/cm ²	79.1
PROBETA N° 1 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	158 kg/cm ²	75.0
PROBETA N° 2 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	159 kg/cm ²	75.7
PROBETA N° 3 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	156 kg/cm ²	74.2
PROBETA N° 4 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	28/01/2021	7 días	2.00	158 kg/cm ²	75.4

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN						
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg/cm2				REGISTRO N°:	2021 - TS47
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BUJAUICO				REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---				REVISADO POR :	H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC				FECHA DE ENSAYO :	4/02/2021
FECHA DE EMISIÓN	: 4/02/2021				TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido					
Presentación	: Especímenes cilíndricos 5" x 12"					
Fc de diseño	: 210 kg/cm2					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39						
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'o
PROBETA N° 1 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	221 kg/cm2	105.2
PROBETA N° 2 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	219 kg/cm2	104.4
PROBETA N° 3 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	219 kg/cm2	104.1
PROBETA N° 4 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	219 kg/cm2	104.3
PROBETA N° 1 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm3	22/01/2021	5/02/2021	14 días	2.00	205 kg/cm2	97.7
PROBETA N° 2 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm4	23/01/2021	6/02/2021	14 días	2.00	205 kg/cm2	97.7
PROBETA N° 3 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm5	24/01/2021	7/02/2021	14 días	2.00	204 kg/cm2	97.3
PROBETA N° 4 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm6	25/01/2021	8/02/2021	14 días	2.00	205 kg/cm2	97.7
PROBETA N° 1 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	193 kg/cm2	92.0
PROBETA N° 2 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	194 kg/cm2	92.4
PROBETA N° 3 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	198 kg/cm2	94.3
PROBETA N° 4 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	194 kg/cm2	92.4
PROBETA N° 1 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	185 kg/cm2	88.2
PROBETA N° 2 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	186 kg/cm2	88.6
PROBETA N° 3 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	184 kg/cm2	87.5
PROBETA N° 4 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	186 kg/cm2	88.8
PROBETA N° 1 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	176 kg/cm2	83.7
PROBETA N° 2 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	175 kg/cm2	83.4
PROBETA N° 3 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	173 kg/cm2	82.1
PROBETA N° 4 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm2	21/01/2021	4/02/2021	14 días	2.00	177 kg/cm2	84.2

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRUEBAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN						
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TÉCNICO ECONÓMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg cm ²				REGISTRO N°:	2021 - TS47
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BUJAICO				REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	: --				REVISADO POR :	H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC				FECHA DE ENSAYO :	18/02/2021
FECHA DE EMISIÓN	: 18/02/2021				TURNO :	Diurno
Tipo de muestra	: Concreto endurecido					
Presentación	: Especímenes cilíndricos 6" x 12"					
Fc de diseño	: 210 kg/cm ²					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39						
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F _o
PROBETA N° 1 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	255 kg/cm ²	121.2
PROBETA N° 2 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	253 kg/cm ²	120.7
PROBETA N° 3 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	251 kg/cm ²	119.5
PROBETA N° 4 DISEÑO PATRON fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	250 kg/cm ²	119.0
PROBETA N° 1 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm ³	22/01/2021	19/02/2021	28 días	2.00	221 kg/cm ²	105.1
PROBETA N° 2 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm ⁴	23/01/2021	20/02/2021	28 días	2.00	222 kg/cm ²	105.8
PROBETA N° 3 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm ⁵	24/01/2021	21/02/2021	28 días	2.00	225 kg/cm ²	106.9
PROBETA N° 4 DISEÑO OPTIMIZADO fc = 210 kg/cm ⁶	25/01/2021	22/02/2021	28 días	2.00	224 kg/cm ²	106.8
PROBETA N° 1 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	216 kg/cm ²	103.0
PROBETA N° 2 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	215 kg/cm ²	102.3
PROBETA N° 3 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	215 kg/cm ²	102.5
PROBETA N° 4 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 5% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	212 kg/cm ²	101.0
PROBETA N° 1 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	204 kg/cm ²	97.0
PROBETA N° 2 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	203 kg/cm ²	96.6
PROBETA N° 3 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	202 kg/cm ²	96.4
PROBETA N° 4 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 10% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	202 kg/cm ²	96.1
PROBETA N° 1 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	192 kg/cm ²	91.5
PROBETA N° 2 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	193 kg/cm ²	91.8
PROBETA N° 3 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	193 kg/cm ²	91.7
PROBETA N° 4 DISEÑO VIDRIO MOLIDO RECICLADO 15% fc = 210 kg/cm ²	21/01/2021	18/02/2021	28 días	2.00	195 kg/cm ²	92.9

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO

PROYECTO : PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210/kg cm2 REGISTRO N°: 2021 - TS47

SOLICITANTE : MARCO ANTONIO SOTO BUAJICO REALIZADO POR : J. Escobedo

CÓDIGO DE PROYECTO : --- REVISADO POR : H.Flores

UBICACION DE PROYECTO : Desarrollado en las Instalaciones de MATESTLAB SAC FECHA DE VACIADO : 21/01/2021

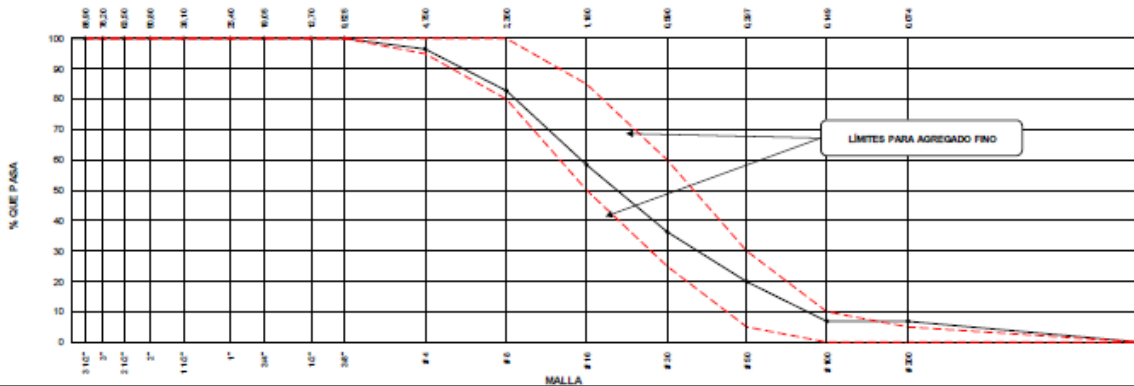
FECHA DE EMISION : 18/02/2021 TURNO : Diurno

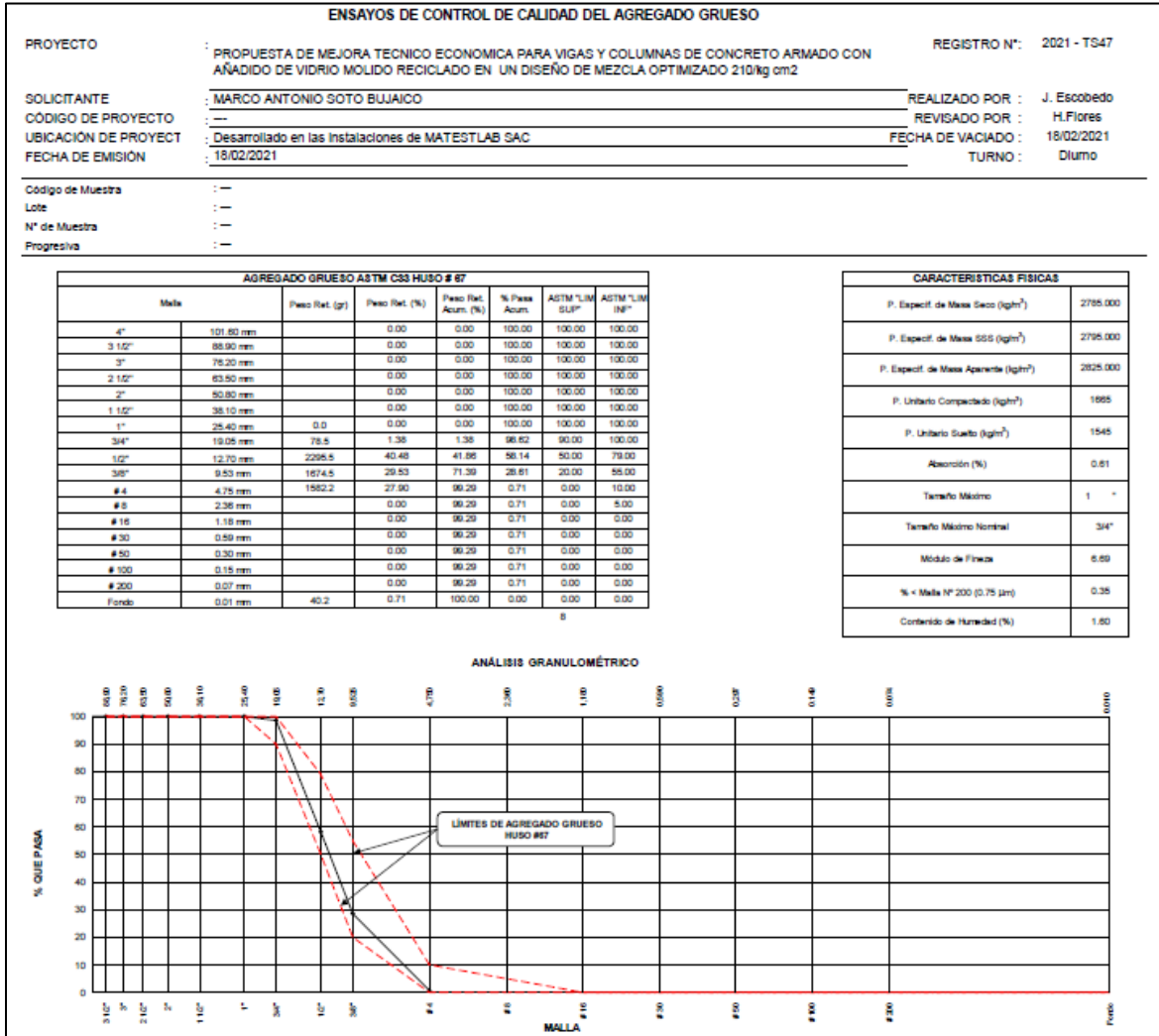
Código de Muestra : M1
Lote : ---
N° de Muestra : ---
Progresiva : ---

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3 1/2"	86.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	25.4	3.48	96.52	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	100.2	13.73	86.27	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	178.5	24.46	75.54	70.00	85.00
# 30	0.60 mm	160.5	21.99	78.01	65.00	80.00
# 50	0.30 mm	120.2	16.47	83.53	5.00	30.00
# 100	0.15 mm	95.0	13.02	86.98	0.00	10.00
# 200	0.075 mm	0.0	0.00	100.00	0.00	5.00
Fondo	0.01 mm	90.0	6.86	100.00	0.00	0.00

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2585.000
P. Especif. de Masa 555 (kg/m ³)	2685.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2725.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1805
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1550
Absorción (%)	1.55
Contenido de Humedad (%)	2.50
Módulo de Finos	2.99
% + Malla N° 200 (0.75 µm)	2.20

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO





PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg cm2	REGISTRO N°:	2020 - T846
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BUJACO	REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	H Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE VACIADO :	19/02/2021
FECHA DE EMISIÓN	: 19/02/2021	TURNO :	Diurno
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	210 kg/cm ²
Procedencia	: AGREGAGOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Cemento SCL Tipo 1	Código de mezcla:	D. OPTIMIZADO

1. RELACIÓN AGUA CEMENTO
R/a/c = 0.63

2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 205 L

3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 2.0%

4. DATOS DE LABORATORIO

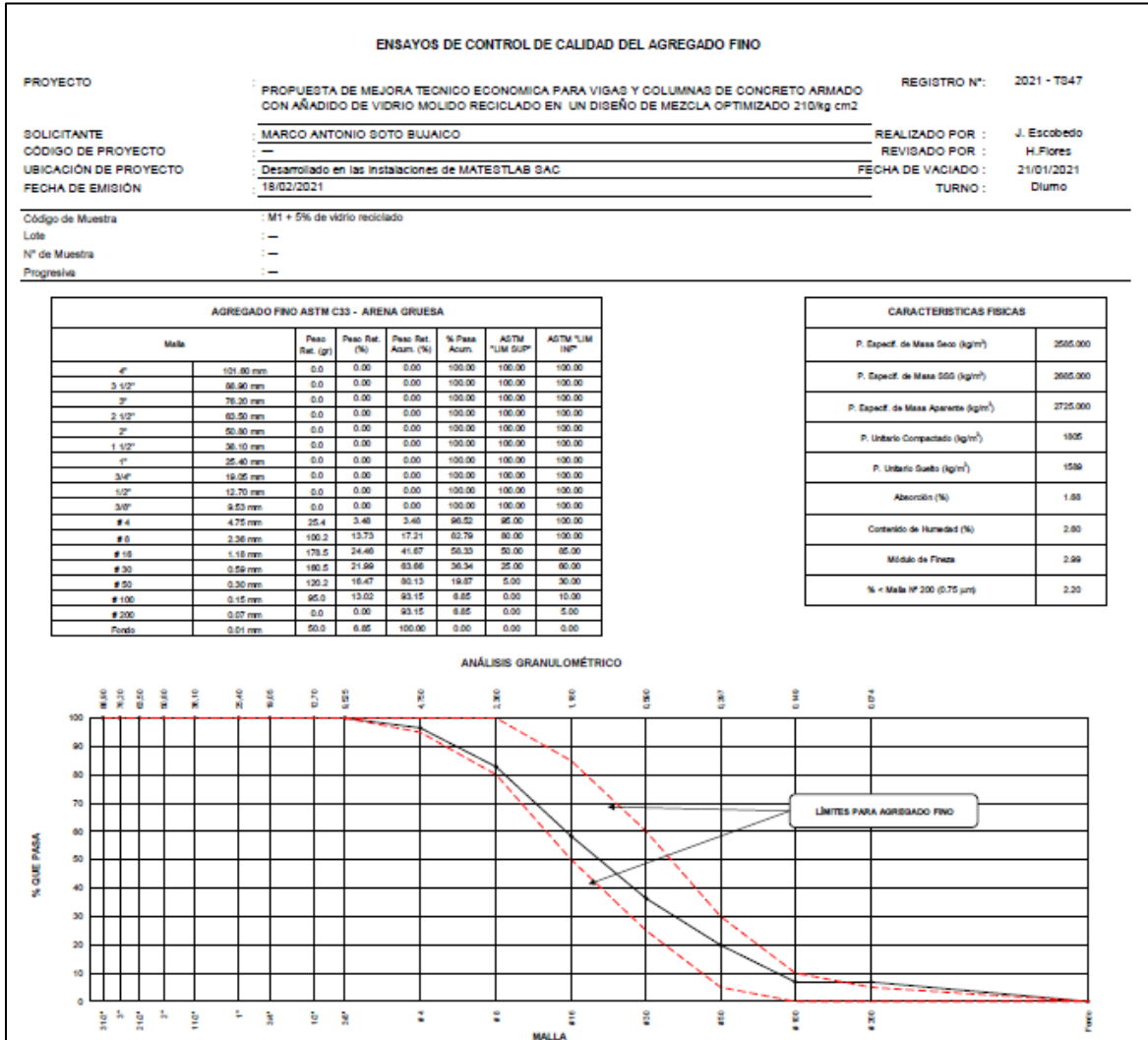
INSUMO	PESO ESPECIFICO						
Cemento SCL Tipo 1	3150 kg/m ³						
Agua	1000 kg/m ³						
Aire	---						
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMN
Agregado grueso	2785 kg/m ³	1.60%	0.61%	6.69	1545	1665	3/4
Agregado fino	2585 kg/m ³	2.60%	1.68%	2.99	1589	1805	

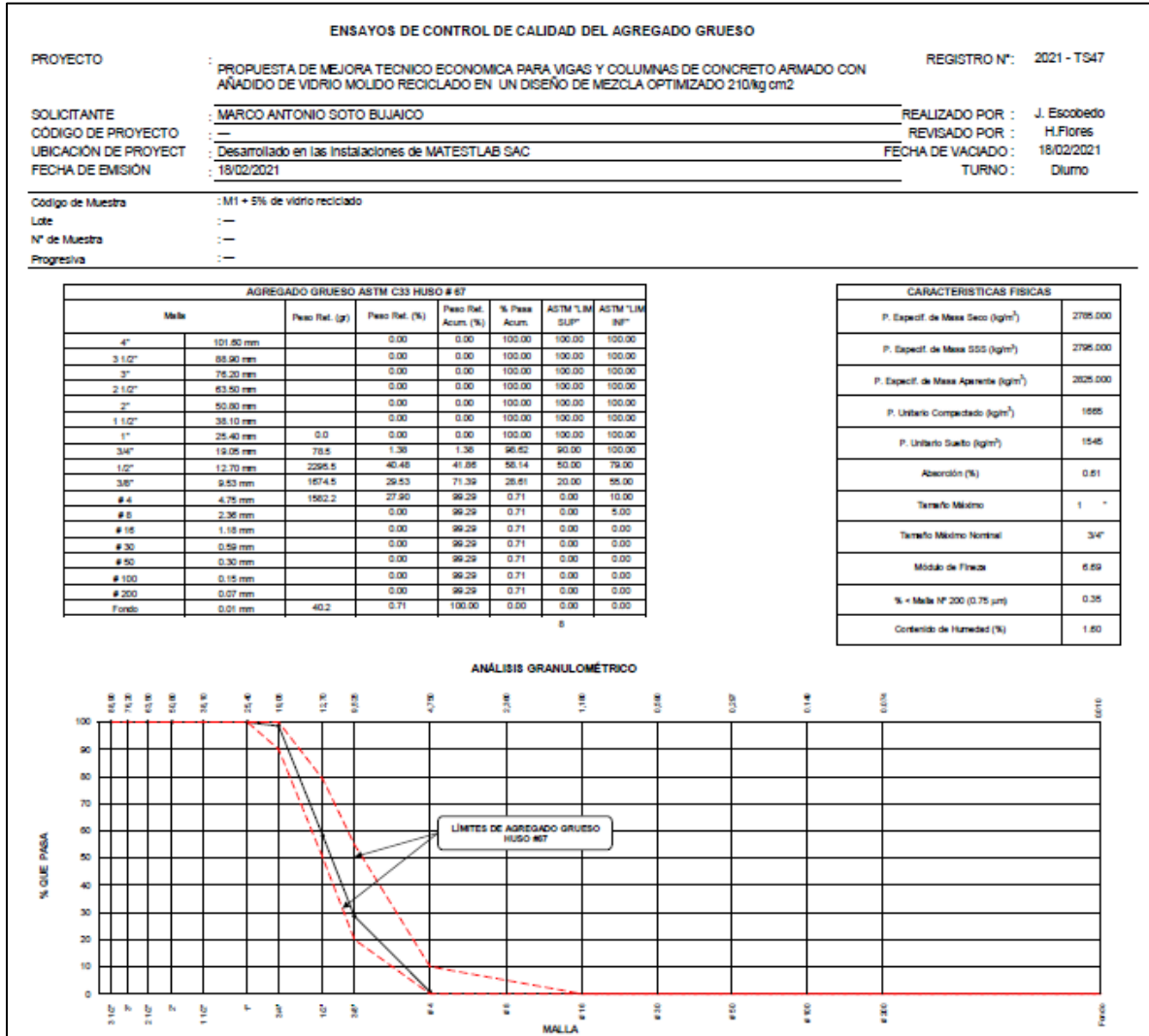
OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-132	23/01/2021	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2021	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-139	24/01/2021	CDR-A18-342
Horno digital Termocup 198L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2021	CDR-A18-343

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211																																																																											
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210/kg cm ²	REGISTRO N°:	2020 - TS46																																																																								
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BUJAICO	REALIZADO POR :	J. Escobedo																																																																								
CÓDIGO DE PROYECTO	: —	REVISADO POR :	H. Flores																																																																								
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE VACIADO :	19/02/2021																																																																								
FECHA DE EMISIÓN	: 19/02/2021	TURNO :	Diurno																																																																								
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	210 kg/cm ²																																																																								
Procedencia	: AGREGAIGOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"																																																																								
Cemento	: Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla:	D. OPTIMIZADO																																																																								
<hr/>																																																																											
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA		5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO																																																																									
F'cr = 284		Cemento = 325 kg																																																																									
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO		6. FACTOR CEMENTO																																																																									
R'alc = 0.63		Bolsas x m ³ = 7.7 Bolsas																																																																									
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA																																																																											
Agua = 205 L																																																																											
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO																																																																											
Aire = 2.0%																																																																											
<hr/>																																																																											
7. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECÍFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th colspan="5"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento SOL Tipo 1</td> <td>3150 kg/m³</td> <td>0.1033 m³</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m³</td> <td>0.2050 m³</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>—</td> <td>0.0200 m³</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>HUMEDAD</td> <td>ABSORCIÓN</td> <td>MÓD. FINEZA</td> <td>P.U. SUELTO</td> <td>TM</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2785 kg/m³</td> <td>—</td> <td>1.60%</td> <td>0.61%</td> <td>6.69</td> <td>1545</td> <td>3/4</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2585 kg/m³</td> <td>—</td> <td>2.60%</td> <td>1.68%</td> <td>2.99</td> <td>1589</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de pasta</td> <td>0.3283 m³</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de agregados</td> <td>0.6717 m³</td> <td colspan="5"></td> </tr> </tbody> </table>				INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO						Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³						Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³						Aire	—	0.0200 m ³									HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM	Agregado grueso	2785 kg/m ³	—	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4	Agregado fino	2585 kg/m ³	—	2.60%	1.68%	2.99	1589		Volumen de pasta		0.3283 m ³						Volumen de agregados		0.6717 m ³					
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO																																																																									
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³																																																																									
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³																																																																									
Aire	—	0.0200 m ³																																																																									
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM																																																																				
Agregado grueso	2785 kg/m ³	—	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4																																																																				
Agregado fino	2585 kg/m ³	—	2.60%	1.68%	2.99	1589																																																																					
Volumen de pasta		0.3283 m ³																																																																									
Volumen de agregados		0.6717 m ³																																																																									
8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS		11. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA																																																																									
Agregado grueso = 0.3587 m ³ = 999 kg		0.04 m ³																																																																									
Agregado fino = 0.3130 m ³ = 809 kg		Cemento SOL Tipo 1 11.39 kg																																																																									
		Agua 6.57 L																																																																									
		Agregado grueso 35.52 kg																																																																									
		Agregado fino 29.05 kg																																																																									
		Slump Obtenido 4"																																																																									
9. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD																																																																											
Agregado grueso 1015 kg																																																																											
Agregado fino 830 kg																																																																											
10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD																																																																											
Agua 188 L																																																																											
12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA																																																																											
CEM A.F. A.G. AGUA																																																																											
1 : 2.6 : 3.12 : 24.5 L / bolsa																																																																											





PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECIKLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210/kg cm ²		REGISTRO N°:	2020 - TS46
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BUJAICO		REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	: —		REVISADO POR :	H.Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC		FECHA DE VACIADO :	19/02/2021
FECHA DE EMISIÓN	: 19/02/2021		TURNO :	Díurno
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	210 kg/cm ²	
Procedencia	: AGREGADOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"	
Cemento	: Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla:	5% V.R.M	

1. RELACION AGUA CEMENTO	5. PORCENTAJE DE VIDRIO MOLIDO RECIKLADO
R a/c = 0.63	Porcentaje de ceniza: 5.0%

2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 205 L

3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 2.0%

4. DATOS DE LABORATORIO

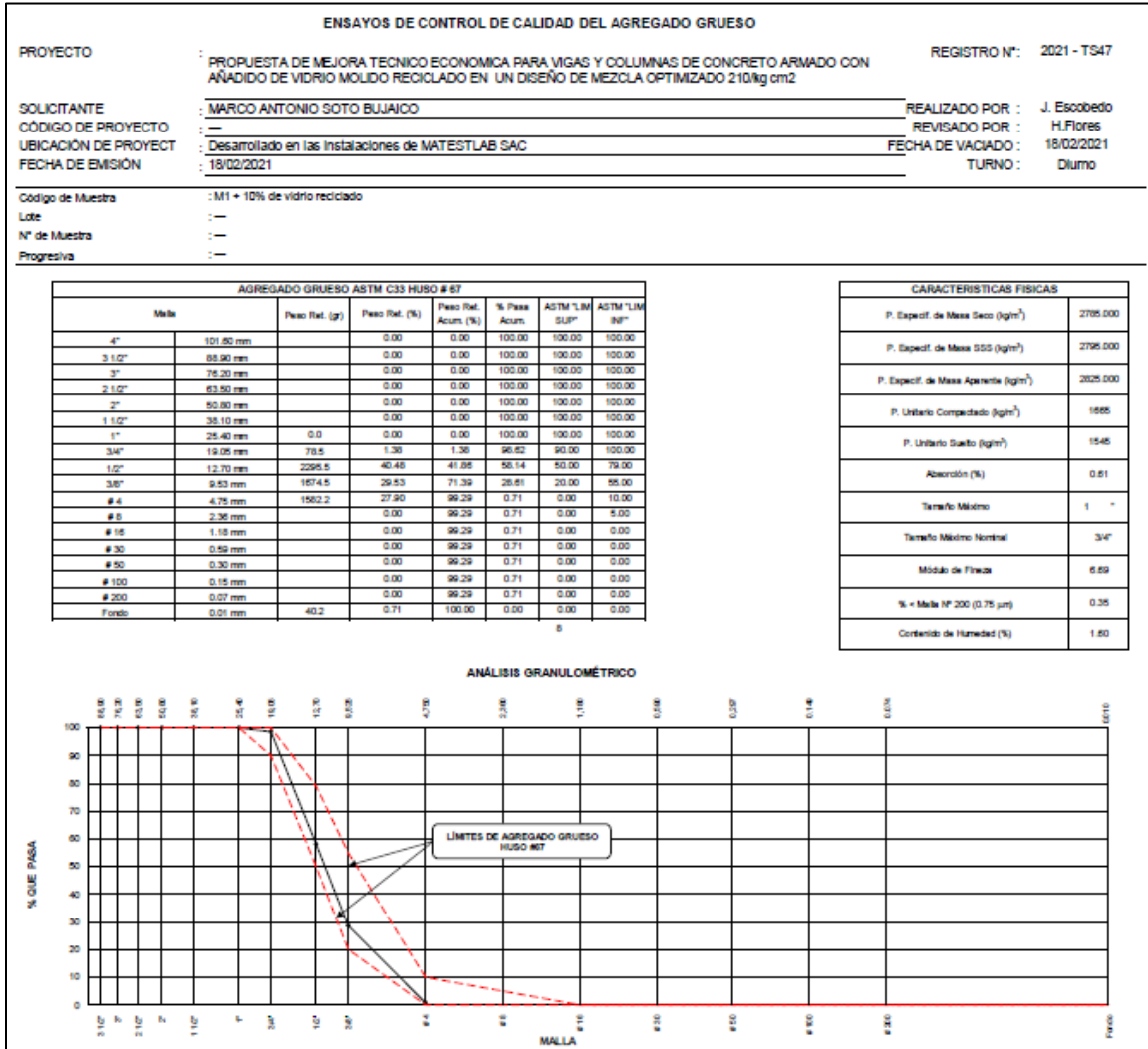
INSUMO	PESO ESPECÍFICO						
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³						
Agua	1000 kg/m ³						
Aire	—						
		HUMEDAD	ABS	MF	FUS	FUC	TMN
Agregado grueso	2785 kg/m ³	1.60%	0.61%	6.69	1545	1665	3/4
Agregado fino	2585 kg/m ³	2.60%	1.68%	2.99	1589	1805	

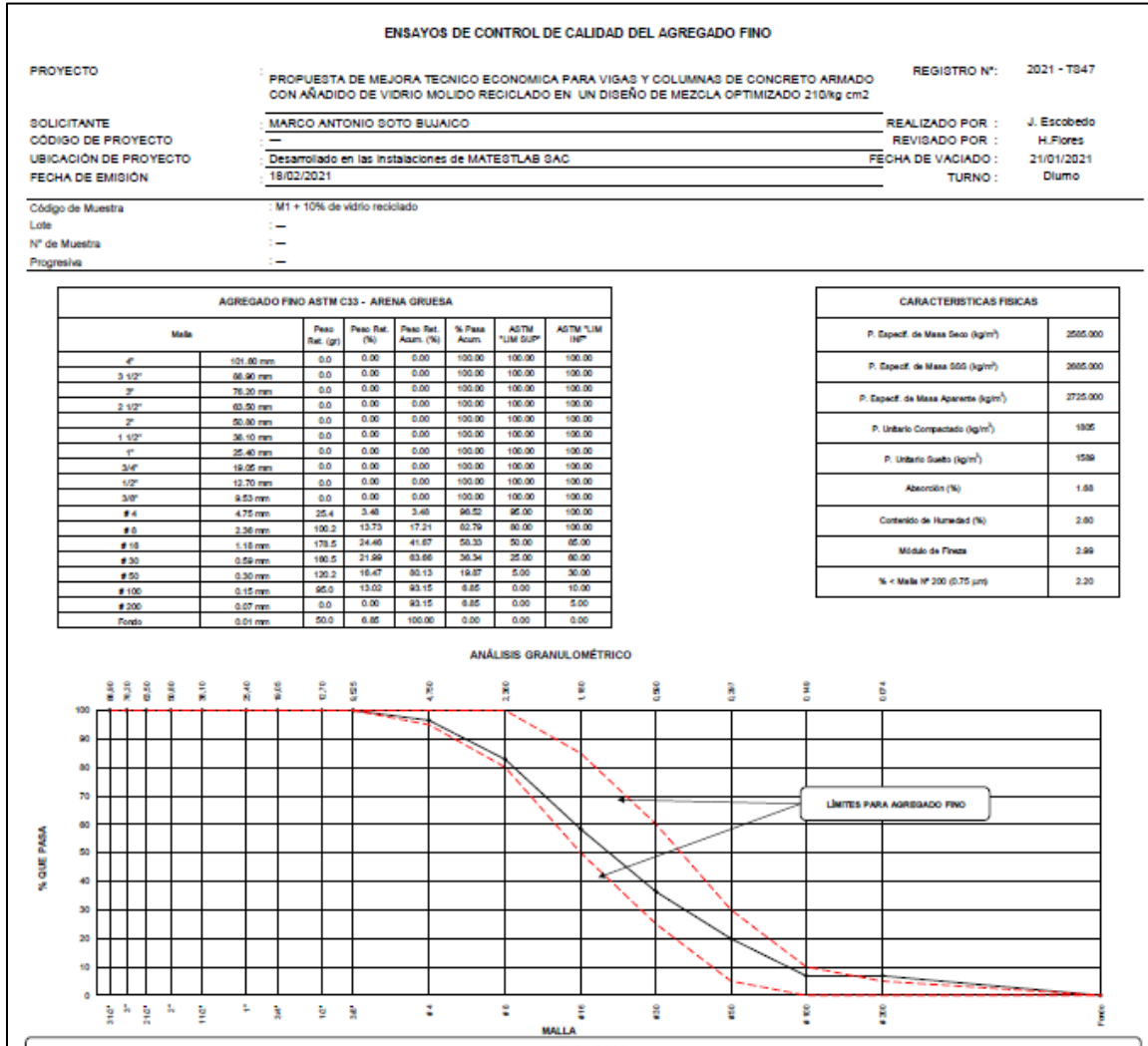
OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-132	23/01/2021	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2021	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-139	24/01/2021	CDR-A18-342
Horno digital Termocup 196L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2021	CDR-A18-343

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211																																																																							
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg cm2	REGISTRO N°:	2020 - TS46																																																																				
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BUJAICO	REALIZADO POR :	J. Escobedo																																																																				
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	H. Flores																																																																				
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC.	FECHA DE VACIADO :	19/02/2021																																																																				
FECHA DE EMISIÓN	: 19/02/2021	TURNO :	Diurno																																																																				
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	210 kg/cm ²																																																																				
Procedencia	: AGREGAGOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"																																																																				
Cemento	: Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla:	5% V.R.M																																																																				
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA		5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO																																																																					
$F'_{cr} =$	250	Cemento =	325 kg																																																																				
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO		6. FACTOR CEMENTO																																																																					
$R_{a/c} =$	0.63	Bolsas x m ³ =	7.7 Bolsas																																																																				
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA		7. CÁLCULO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO																																																																					
Agua =	205 L	16.27 kg x m ³ =	5.0% / Cto																																																																				
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO																																																																							
Aire =	2.0%																																																																						
8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECÍFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th colspan="4"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento SOL Tipo 1</td> <td>3150 kg/m³</td> <td>0.1033 m³</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m³</td> <td>0.2050 m³</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>---</td> <td>0.0200 m³</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <th>HUMEDAD</th> <th>ABSORCIÓN</th> <th>MÓD. FINEZA</th> <th>P.U. SUELTO</th> <th>TM</th> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2785 kg/m³</td> <td>---</td> <td>1.60%</td> <td>0.61%</td> <td>6.69</td> <td>1545</td> <td>3/4</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2585 kg/m³</td> <td>---</td> <td>2.60%</td> <td>1.68%</td> <td>2.99</td> <td>1589</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de pasta</td> <td>0.3283 m³</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de agregados</td> <td>0.6717 m³</td> <td colspan="5"></td> </tr> </tbody> </table>				INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³					Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					Aire	---	0.0200 m ³								HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM	Agregado grueso	2785 kg/m ³	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4	Agregado fino	2585 kg/m ³	---	2.60%	1.68%	2.99	1589		Volumen de pasta		0.3283 m ³						Volumen de agregados		0.6717 m ³					
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO																																																																					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³																																																																					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³																																																																					
Aire	---	0.0200 m ³																																																																					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM																																																																
Agregado grueso	2785 kg/m ³	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4																																																																
Agregado fino	2585 kg/m ³	---	2.60%	1.68%	2.99	1589																																																																	
Volumen de pasta		0.3283 m ³																																																																					
Volumen de agregados		0.6717 m ³																																																																					
9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS		12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA																																																																					
Agregado grueso	= 0.3587 m ³ = 999 kg	Cemento SOL Tipo 1	11.39 kg																																																																				
Agregado fino	= 0.3130 m ³ = 809 kg	Agua	6.57 L																																																																				
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD		Agregado grueso	35.52 kg																																																																				
Agregado grueso	1015 kg	Agregado fino	29.05 kg																																																																				
Agregado fino	830 kg	Slump Obtenido	4"																																																																				
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD		Vidrio molido reciclado	0.57 kg																																																																				
Agua	188 L	13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA																																																																					
		CEM A.F. A.G. AGUA																																																																					





PROYECTO	PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg/cm ²	REGISTRO N°:	2020 - 1846
SOLICITANTE	MARCO ANTONIO SOTO BUJAICO	REALIZADO POR	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR	H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las Instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE VACIADO:	19/02/2021
FECHA DE EMISIÓN	19/02/2021	TURNO	Diurno

Agregado	Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	210 kg/cm ²
Procedencia	AGREGADOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla:	10% V.R.M

1. RELACION AGUA CEMENTO
R. a/c = 0.63

5. PORCENTAJE DE VIDRIO MOLIDO REICLADO
Porcentaje de ceniza: 10.0%

2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 205 L

3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 2.0%

4. DATOS DE LABORATORIO

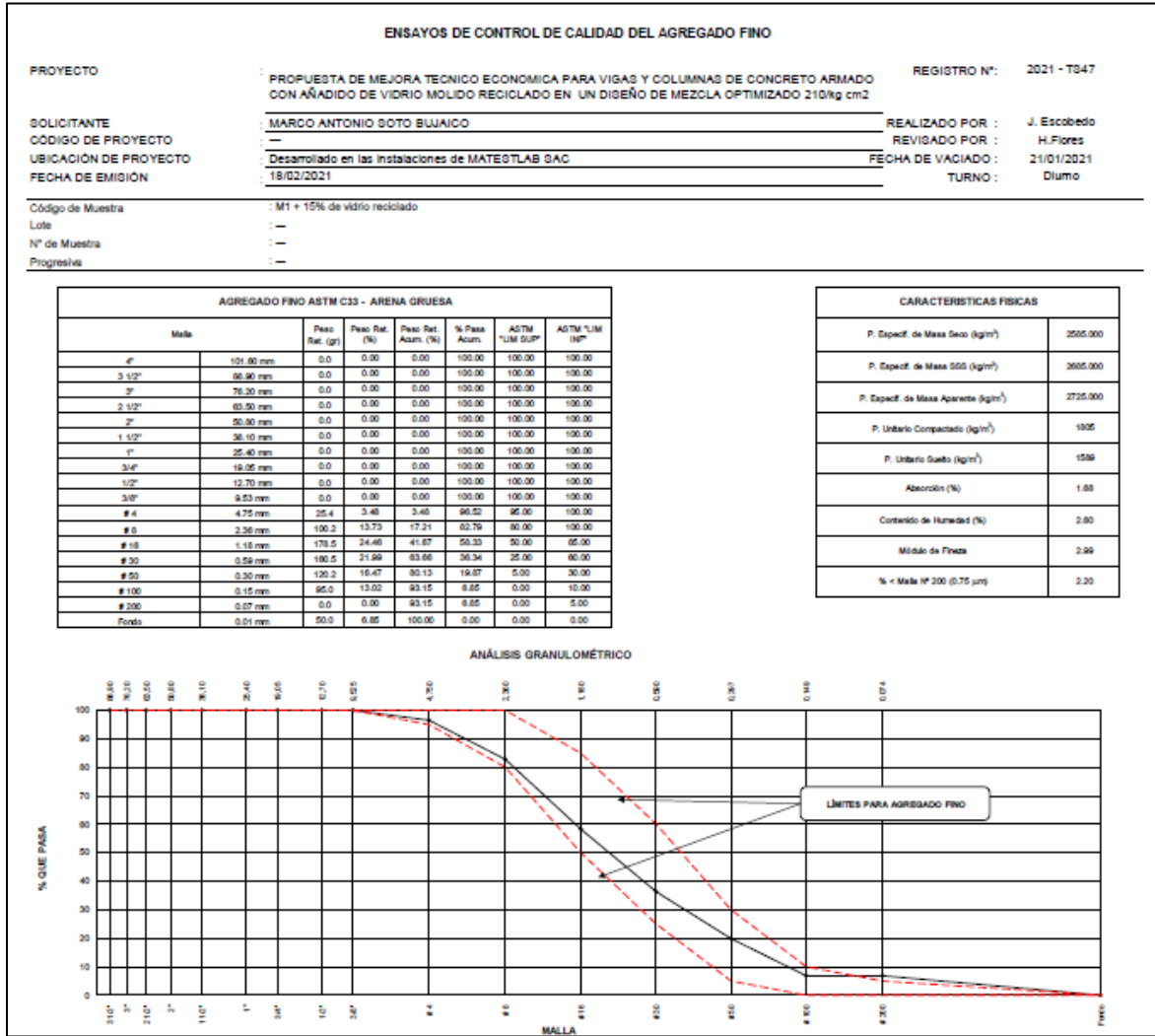
INSUMO	PESO ESPECIFICO						
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³						
Agua	1000 kg/m ³						
Aire	---						
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMN
Agregado grueso	2785 kg/m ³	1.60%	0.61%	6.69	1545	1665	3/4
Agregado fino	2585 kg/m ³	2.60%	1.68%	2.99	1589	1805	

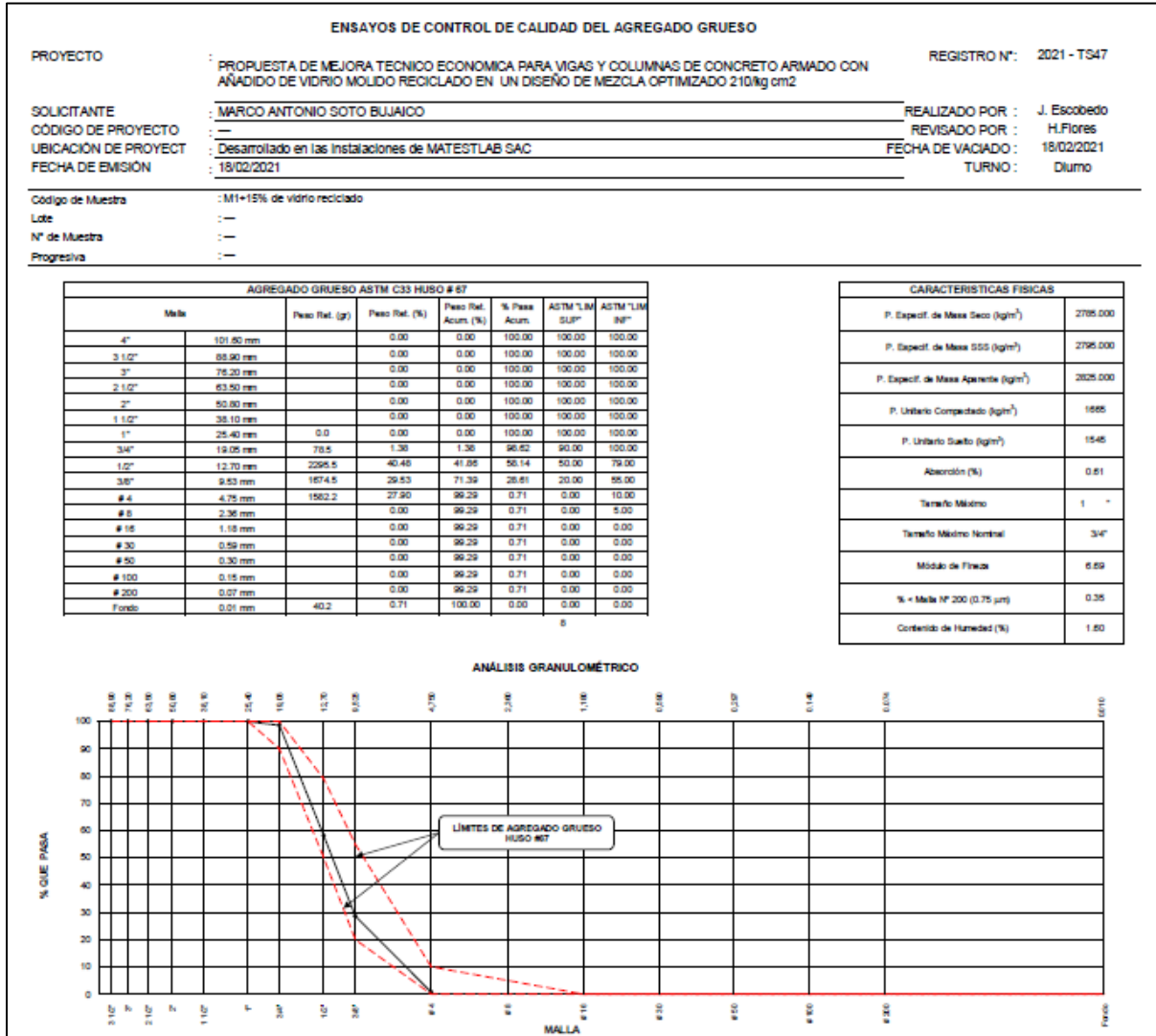
OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

EQUIPO UTILIZADO			
EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g	ING-132	23/01/2021	CDR-A18-329
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g	ING-138	23/01/2021	CDR-A18-330
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g	ING-135	24/01/2021	CDR-A18-342
Horno digital Thermocup 19L 0° a 300°C	ING-098	24/01/2021	CDR-A18-343

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211																																																																							
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TÉCNICO ECONÓMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg/cm ²	REGISTRO N°:	2020 - TS46																																																																				
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BUJAICO	REALIZADO POR :	J. Escobedo																																																																				
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	H. Flores																																																																				
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE VACIADO :	19/02/2021																																																																				
FECHA DE EMISIÓN	: 19/02/2021	TURNO :	Diurno																																																																				
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	210 kg/cm ²																																																																				
Procedencia	: AGREGAGOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"																																																																				
Cemento	: Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla:	10% V.R.M																																																																				
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA		5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO																																																																					
F'cr =	250	Cemento =	325 kg																																																																				
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO		6. FACTOR CEMENTO																																																																					
R a/c =	0.63	Bolsas x m ³ =	7.7 Bolsas																																																																				
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA		7. CÁLCULO DE VIDRIO MOLIDO RECICLADO																																																																					
Agua =	205 L	32.54 kg x m ³ =	10.0% / Cto																																																																				
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO																																																																							
Aire =	2.0%																																																																						
8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECÍFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th colspan="4"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento SOL Tipo 1</td> <td>3150 kg/m³</td> <td>0.1033 m³</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m³</td> <td>0.2050 m³</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>---</td> <td>0.0200 m³</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <th>HUMEDAD</th> <th>ABSORCIÓN</th> <th>MÓD. FINEZA</th> <th>P.U. SUELTO</th> <th>TM</th> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2785 kg/m³</td> <td>---</td> <td>1.60%</td> <td>0.61%</td> <td>6.69</td> <td>1545</td> <td>3/4</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2585 kg/m³</td> <td>---</td> <td>2.60%</td> <td>1.68%</td> <td>2.99</td> <td>1589</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de pasta</td> <td>0.3283 m³</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de agregados</td> <td>0.6717 m³</td> <td colspan="5"></td> </tr> </tbody> </table>				INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³					Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					Aire	---	0.0200 m ³								HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM	Agregado grueso	2785 kg/m ³	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4	Agregado fino	2585 kg/m ³	---	2.60%	1.68%	2.99	1589		Volumen de pasta		0.3283 m ³						Volumen de agregados		0.6717 m ³					
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO																																																																					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1033 m ³																																																																					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³																																																																					
Aire	---	0.0200 m ³																																																																					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM																																																																
Agregado grueso	2785 kg/m ³	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4																																																																
Agregado fino	2585 kg/m ³	---	2.60%	1.68%	2.99	1589																																																																	
Volumen de pasta		0.3283 m ³																																																																					
Volumen de agregados		0.6717 m ³																																																																					
9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS		12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA																																																																					
Agregado grueso	= 0.3587 m ³ = 999 kg	Cemento SOL Tipo 1	11.39 kg																																																																				
Agregado fino	= 0.3130 m ³ = 809 kg	Agua	6.57 L																																																																				
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD		Agregado grueso	35.52 kg																																																																				
Agregado grueso	1015 kg	Agregado fino	29.05 kg																																																																				
Agregado fino	830 kg	Slump Obtenido	4"																																																																				
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD		Vidrio molido reciclado	1.14 kg																																																																				
Agua	188 L	13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA																																																																					
		CEM A.F. A.G. AGUA																																																																					
		1 : 2.6 : 3.12 : 24.5 L / bolsa																																																																					





METODO DEL ACI 211									
PROYECTO	PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO RECIKLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg/cm ²					REGISTRO N°:	2020 - TS46		
SOLICITANTE	MARCO ANTONIO SOTO BUJAICO					REALIZADO POR :	J. Escobedo		
CÓDIGO DE PROYECTO	—					REVISADO POR :	H. Flores		
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC					FECHA DE VACIADO :	19/02/2021		
FECHA DE EMISIÓN	19/02/2021					TURNO :	Diurno		
Agregado						Fi de diseño:	210 kg/cm ²		
Procedencia						Asentamiento:	3" - 4"		
Cemento						Código de mezcla:	15% V.R.M		
1. RELACION AGUA CEMENTO		5. PORCENTAJE DE VIDRIO MOLIDO RECIKLADO							
R a/c = 0.53		Porcentaje de ceniza: 15.0%							
2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA									
Agua = 205 L									
3. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO									
Aire = 2.0%									
4. DATOS DE LABORATORIO									
INGUMO		PESO ESPECIFICO							
Cemento SOL Tipo 1		3150 kg/m ³							
Agua		1000 kg/m ³							
Aire		—							
				HUMEDAD	ABO	MF	PUG	PUC	TMN
Agregado grueso		2785 kg/m ³		1.60%	0.51%	5.59	1545	1665	3/4
Agregado fino		2585 kg/m ³		2.60%	1.68%	2.99	1589	1805	
OBSERVACIONES:									
* Muestras provistas e identificadas por el solicitante									
* Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC									
EQUIPO UTILIZADO									
EQUIPO		CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	N° CERT. CALIBRACIÓN					
Balanza digital Ohaus 6000g x 0.1g		ING-132	23/01/2021	CDR-A18-329					
Balanza digital Ohaus 15000g x 1g		ING-138	23/01/2021	CDR-A18-330					
Balanza digital Sartorius 2500g x 0.01g		ING-139	24/01/2021	CDR-A18-342					
Horno digital Thermocup 19L 0° a 300°C		ING-098	24/01/2021	CDR-A18-343					

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211																																																																											
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg/cm2	REGISTRO N°:	2020 - TS46																																																																								
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BLUAIICO	REALIZADO POR :	J. Escobedo																																																																								
CÓDIGO DE PROYECTO	: ---	REVISADO POR :	H.Flores																																																																								
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE VACIADO :	19/02/2021																																																																								
FECHA DE EMISIÓN	: 19/02/2021	TURNO :	Diurno																																																																								
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	F c de diseño:	210 kg/cm2																																																																								
Procedencia	: AGREGAGOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"																																																																								
Cemento	: Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla:	15% V.R.M																																																																								
<hr/>																																																																											
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA	$F'_{cr} = 250$	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO	Cemento = 325 kg																																																																								
2. RELACION AGUA CEMENTO	$R_{a/c} = 0.63$	6. FACTOR CEMENTO	Bolsas x m3 = 7.7 Bolsas																																																																								
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA	Agua = 205 L	7. CÁLCULO DE VIDRIO MOLIDO REICLADO	48.81 kg x m3 = 15.0% / Cto																																																																								
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO	Aire = 2.0%																																																																										
<hr/>																																																																											
8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECIFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th colspan="5"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento SOL Tipo 1</td> <td>3150 kg/m3</td> <td>0.1033 m3</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m3</td> <td>0.2050 m3</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>---</td> <td>0.0200 m3</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td>HUMEDAD</td> <td>ABSORCIÓN</td> <td>MÓD. FINEZA</td> <td>P.U. SUELTO</td> <td>TM</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>2785 kg/m3</td> <td>---</td> <td>1.60%</td> <td>0.61%</td> <td>6.69</td> <td>1545</td> <td>3/4</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2585 kg/m3</td> <td>---</td> <td>2.60%</td> <td>1.68%</td> <td>2.99</td> <td>1589</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de pasta</td> <td>0.3283 m3</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Volumen de agregados</td> <td>0.6717 m3</td> <td colspan="5"></td> </tr> </tbody> </table>				INSUMO	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN ABSOLUTO						Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m3	0.1033 m3						Agua	1000 kg/m3	0.2050 m3						Aire	---	0.0200 m3									HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM	Agregado grueso	2785 kg/m3	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4	Agregado fino	2585 kg/m3	---	2.60%	1.68%	2.99	1589		Volumen de pasta		0.3283 m3						Volumen de agregados		0.6717 m3					
INSUMO	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN ABSOLUTO																																																																									
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m3	0.1033 m3																																																																									
Agua	1000 kg/m3	0.2050 m3																																																																									
Aire	---	0.0200 m3																																																																									
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM																																																																				
Agregado grueso	2785 kg/m3	---	1.60%	0.61%	6.69	1545	3/4																																																																				
Agregado fino	2585 kg/m3	---	2.60%	1.68%	2.99	1589																																																																					
Volumen de pasta		0.3283 m3																																																																									
Volumen de agregados		0.6717 m3																																																																									
<hr/>																																																																											
9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS	Agregado grueso = 0.3587 m3 = 999 kg	12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA	0.04 m3																																																																								
	Agregado fino = 0.3130 m3 = 809 kg	Cemento SOL Tipo 1	11.39 kg																																																																								
		Agua	6.57 L																																																																								
		Agregado grueso	35.52 kg																																																																								
		Agregado fino	29.05 kg																																																																								
		Slump Obtenido	4"																																																																								
		Vidrio molido reciclado	1.71 kg																																																																								
10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD	Agregado grueso 1015 kg																																																																										
	Agregado fino 830 kg																																																																										
11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD	Agua 188 L	13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA																																																																									
		CEM A.F. A.G. AGUA																																																																									
		1 : 2.6 : 3.12 : 24.5 L / bolsa																																																																									

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO						
PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TÉCNICO ECONÓMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg cm2					
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BULJICO			REALIZADO POR	: J. Escobedo	
CÓDIGO DE PROYECTO	: --			REVISADO POR	: H. Flores	
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC			FECHA DE ENSAYO	: 28/01/2021	
FECHA DE EMISIÓN	: 28/01/2021			TURNO	: Diurno	
Tipo de muestra	: Diseño Patrón / Diseño Optimizado / Diseño 5% / Diseño 10% / Diseño 15%					
Presentación	: Prismas de concreto endurecido					
F'c de diseño	: 210 kg/cm2					
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78						
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	36 kg/cm2
Concreto Patrón	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	36 kg/cm2
Concreto Diseño Optimizado	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	34 kg/cm2
Concreto Diseño Optimizado	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	33 kg/cm2
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	29 kg/cm2
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	29 kg/cm2
Concreto Optimizado con 10% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	27 kg/cm2
Concreto Optimizado con 10% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45.0	27 kg/cm2
Concreto Optimizado con 15% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	46.0	25 kg/cm2
Concreto Optimizado con 15% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	47.0	25 kg/cm2
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	48.0	65 kg/cm2
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	49.0	64 kg/cm2
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	50.0	62 kg/cm2
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	51.0	62 kg/cm2
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	52.0	46 kg/cm2
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	53.0	46 kg/cm2
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	54.0	65 kg/cm2
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	55.0	64 kg/cm2
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	56.0	59 kg/cm2
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	57.0	59 kg/cm2
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	58.0	45 kg/cm2
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	21/01/2021	28/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	59.0	45 kg/cm2

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

PROYECTO : PROPUESTA DE MEJORA TÉCNICO ECONÓMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg/cm²

SOLICITANTE : MARCO ANTONIO SOTO BUJACO REALIZADO POR : J. Escobedo

CÓDIGO DE PROYECTO : - REVISADO POR : H. Flores

UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC FECHA DE ENSAYO : 4/02/2021

FECHA DE EMISIÓN : 4/02/2021 TURNO : Dluvo

Tipo de muestra : Diseño Patron / Diseño Optimizado / Diseño 5% / Diseño 10% / Diseño 15%

Presentación : Prismas de concreto endurecido

F'c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	39 kg/cm ²
Concreto Patrón	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	40 kg/cm ²
Concreto Diseño Optimizado	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37 kg/cm ²
Concreto Diseño Optimizado	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	34 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	33 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 10% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	29 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 10% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45.0	29 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 15% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	46.0	27 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 15% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	47.0	26 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	48.0	68 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	49.0	69 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	50.0	64 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	51.0	64 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	52.0	50 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	53.0	49 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	54.0	68 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	55.0	67 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	56.0	62 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	57.0	62 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	58.0	48 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	21/01/2021	4/02/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	59.0	47 kg/cm ²

PROYECTO	: PROPUESTA DE MEJORA TECNICO ECONOMICA PARA VIGAS Y COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE VIDRIO MOLIDO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO 210kg/cm ²					
SOLICITANTE	: MARCO ANTONIO SOTO BUJAIICO			REALIZADO POR :	J. Escobedo	
CÓDIGO DE PROYECTO	: -			REVISADO POR :	H. Flores	
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC			FECHA DE ENSAYO :	18/02/2021	
FECHA DE EMISIÓN	: 18/02/2021			TURNO :	Dilmo	
Tipo de muestra	: Diseño Patrón / Diseño Optimizado / Diseño 5% / Diseño 10% / Diseño 15%					
Presentación	: Prismas de concreto endurecido					
F'c de diseño	: 210 kg/cm ²					
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78						
IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	43 kg/cm ²
Concreto Patrón	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	43 kg/cm ²
Concreto Diseño Optimizado	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	39 kg/cm ²
Concreto Diseño Optimizado	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	41 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	39 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	38 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 10% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	36 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 10% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	37 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 15% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	46.0	34 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 15% de vidrio molido reciclado	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	47.0	34 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	48.0	72 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	49.0	72 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	50.0	69 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	51.0	69 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	52.0	56 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de vidrio molido reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	53.0	55 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	54.0	73 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	55.0	73 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	56.0	66 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	57.0	67 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	58.0	54 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	21/01/2021	18/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	59.0	53 kg/cm ²

Anexo 3. Panel Fotográfico













































































































