

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el agregado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022

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

AUTOR

Cleisler Cabrera Sanchez

ASESOR

Luis Quiroz Quiñones

<https://orcid.org/0000-0001-9193-0307>

Chiclayo, 2025

**Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural
sustituyendo el agregado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022**

PRESENTADA POR
Cleisler Cabrera Sanchez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Jorge Enrique Alvarez Ruffran
PRESIDENTE

Cesar Eduardo Cachay Lazo
SECRETARIO

Luis Quiroz Quiñones
VOCAL

Dedicatoria

Dedicarle mi tesis a mi madre Juana por ser la mamá más correcta e incondicional que conoceré; el apoyo incondicional que me brindaron mi padre Eleuterio; mis hermanos Helmer, Erick, A. Ronald y mi hermana Zuly por creer en mí y ayudarme a hacer esto realidad; esta investigación es de los 7 aunque solo lleve mi nombre.

Finalmente dedicarle a un ser especial que está en el cielo; mi primo Franklin; a quien admirare con todo mi ser a pesar de no estar físicamente compartiendo momentos a mi lado, siempre estará en mi corazón.

Todo esto, es gracias a ustedes.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por cuidar de mi familia y de mí, por darme las fuerzas para lograr seguir adelante.

Agradezco a mi casa de estudios por brindarme una educación de calidad.

Agradezco a mi asesor por su constante apoyo en el desarrollo de esta tesis.

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional.

21%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

10%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

5%

3

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

pdfcookie.com

Fuente de Internet

1%

5

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.utea.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

repository.unipiloto.edu.co

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1%

9

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	12
Materiales y métodos	37
Resultados	63
Discusión	86
Conclusiones	98
Recomendaciones	100
Referencia	101
Anexos	104

Resumen

La presente investigación busca implementar el PVC triturado al concreto utilizado en la construcción de elementos estructurales. El concreto se elaboró sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en porcentajes de 20%, 30% y 40%. Por ello, se dio comienzo hallando las propiedades físicas del material reciclado y los agregados naturales, obteniendo un peso específico de agregado fino de 2.59 gr/cm³ y del material reciclado de 1.14 gr/cm³. Luego, se elaboró un concreto patrón y los concretos sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en cantidad de volumen. En el ensayo de resistencia a compresión el concreto patrón alcanzo una resistencia a los 28 días de 242 kg/cm², el concreto con 20% PVC alcanzo una resistencia de 214 kg/cm², la dosificación con 30% de PVC alcanzo una resistencia a compresión de 209 kg/cm² y la dosificación con 40% de PVC de 153 kg/cm². En el ensayo de resistencia a la flexión la resistencia tiene a disminuir a mayor cantidad de PVC en la mezcla, pero si cumple con los requisitos de norma técnica.

Palabras clave: concreto, PVC, compresión, flexión y tracción.

Abstract

The present investigation seeks to implement crushed PVC to the concrete used in the construction of structural elements. The concrete was made substituting the fine aggregate for crushed PVC in percentages of 20%, 30% and 40%. Therefore, it began by finding the physical properties of the recycled material and the natural aggregates, obtaining a specific weight of fine aggregate of 2.59 gr/cm³ and of the recycled material of 1.14 gr/cm³. Then, a standard concrete and the concretes were prepared by substituting the fine aggregate for crushed PVC in quantity of volume. In the compression resistance test, the standard concrete reached a resistance at 28 days of 242 kg/cm², the concrete with 20% PVC reached a resistance of 214 kg/cm², the dosage with 30% PVC reached a compression resistance of 209 kg/cm² and the dosage with 40% PVC of 153 kg/cm². In the flexural resistance test, the resistance tends to decrease with a greater amount of PVC in the mixture, but if it complies with the requirements of the technical standard.

Keywords: concrete, PVC, compression, bending and traction.

Introducción

Desde sus comienzos el hombre ha modificado su alrededor según sus necesidades usando todo tipo de materiales para lograr su satisfacción. En el Perú actualmente el ritmo de vida de la población viene demandado por la construcción (vivienda, obras viales, centrales de energía, etc.) lo cual genera la elaboración de concreto para satisfacer esta gran demanda. De manera que para que se satisfaga esta demanda se necesitaran millones de toneladas de materiales para elaboración del concreto. Para elaborar el hormigón se lleva a cabo con cemento, agua, agregados (fino y grueso) y aditivos en espacios según lo requiera. Los agregados conforman el 70% de la mezcla del concreto y actualmente estos son obtenidos de la explotación de canteras a un ritmo mayor de lo que se produce; ocasionado así la escasez y el alza de materiales de construcción que han generado gran importancia, debido a ello es más dificultoso construir un inmueble.

La extracción de arena y grava se lleva a cabo en todo el mundo y simboliza la mayor cantidad de materia prima de explotación a nivel mundial; también es la materia más consumida después del agua [1]. En un informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el año 2019 informa de la gran demanda de los agregados (arena y grava) debido al crecimiento poblacional, la permanente urbanización que han triplicado la utilización de esta materia prima en los últimos 20 años; la extracción de agregados ha reducido los sedimentos en canteras generando así una escasez y un mayor costo de este debido a la gran demanda. La arena y grava es la materia prima fundamental para la elaboración de concreto y así poder realizar distintas edificaciones [2].

En la actualidad el futuro crecimiento poblacional mundial tiene una gran importancia, como lo afirma el fondo de la Población de las naciones unidas (UNFPA); quien estima que la población mundial para el año 2050 sea de 10 000 millones de personas [3]. Esta población adecua su entorno según su ritmo de vida(construcciones), si en el planeta sigue el mismo ritmo de vida como se está llevando a cabo en la actualidad, para el año 2050 las personas necesitaran 180 mil millones de toneladas de agregados para amortizar la demanda en construcciones (vivienda, pistas, entre otros.) por lo que para satisfacer esta demanda es muy probable que se ocasione la escasez y alza de costos de estos materiales de construcción [4].

El INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) informo mediante una publicación que la tasa de crecimiento poblacional para el año 2022 es de 1.1%; logrando superar los 33 millones de personas en el país [5]. De acuerdo con el crecimiento poblacional se genera la necesidad de construir más infraestructuras y servicios para la ciudadanía. Para

ello las construcciones de viviendas deben ser de calidad, promoviendo la sostenibilidad urbana e inclusión social.

La necesidad de construir más infraestructuras y servicios para la ciudadanía se ve reflejado en la producción del concreto. La producción de concreto el año 2021 fue de 4 615 187 MTN y para el año 2020 fue de 3 416 999 MTN comparando estos valores se obtiene que se dio un alza de 35.1%; donde también se logró aumentar el consumo de agregado fino en un 59.8% ya que en el año 2021 se produjo 1 460 991 MTN y el año 2020 se produjo 914 081 MTN [6]. La producción de concreto de marzo del año 2022 es de 400 169 MTN y comparándolo con el mes de marzo del año 2021 se tuvo un incremento de 16.9% y en la producción acumulado se alcanzó 1 211 969 MTN. Así también en el caso del agregado fino para el mes de marzo del año 2022 se registró una producción 117 018 MTN mostrando un alza producción acumulada de 339 222 MTN [7], de 7.4% con respecto al mes de marzo de 2021 (108 947 MTN) y teniendo una

El INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) informó mediante una publicación que los precios de los materiales de construcción tuvieron un alza de 14.99% en el último año. Para el mes de marzo del presente año hubo un registro de incremento de 1.68% en los materiales para la construcción de inmuebles. Además, los materiales para la construcción se incrementaron de precio en un 8.62% del mes marzo de 2021 a 14.99% de marzo del 2022. El alza de materiales está mostrada en Figura 1; este incremento en los materiales de construcción podría generar mayores precios en los inmuebles. Los agregados naturales tuvieron un incremento de 1.59% de precio en el mes marzo de 2022; donde la piedra y arena tuvieron un alza de 2.9% y 2.1% respectivamente [8].

Figura 1: Índice de Precios de Materiales de Construcción.

Mes	Índice General				Variación Porcentual											
					Mensual				Acumulada				Anual 1/			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
ENERO	115,70	115,00	122,68	141,75	-0,08	-0,08	1,53	1,67	-0,08	-0,08	1,53	1,67	3,19	-0,61	6,67	15,55
FEBRERO	115,45	115,42	124,19	141,96	-0,22	0,37	1,23	0,15	-0,29	0,29	2,78	1,82	1,52	-0,03	7,59	14,31
MARZO	115,37	115,58	125,54	144,35	-0,07	0,13	1,09	1,68	-0,37	0,42	3,90	3,53	1,27	0,18	8,62	14,99

Fuente: [8].

A medida que el crecimiento poblacional crece en Chiclayo también surge las necesidades de satisfacer sus demandas de calidad de vida ya sea en viviendas, obras viales, etc.; para ello se necesita los agregados para hacer el concreto y realizar dichas construcciones. La ciudad de Chiclayo posee distintas canteras que abastecen de agregados para la elaboración de concreto una de ellas es la cantera Tres Tomas que está conformada por varios socios y

aproximadamente cuenta con 55 años de explotación; tal es el caso de la cantera Piedra Azul que explota de 100 a 200 m³ de arena diario con una proyección de explotación de 15 años, pero actualmente cuenta con una capacidad de explotación de 1.5 años. Otro caso es la cantera Bomboncito que actualmente posee una capacidad de 100 ht y diariamente explotan de 150 a 300 m³ de arena, esta cantera viene abasteciendo agregados 15 años y posee una capacidad de explotación de 5 años. Así también es el caso de la cantera San Nicolas que posee una extensión de 100 ht la cual ha sido explotada hasta el momento 55 ht y cuenta con un tiempo de explotación de 4.5 años. Otro es el caso de la cantera Aztramacon que poseía una capacidad de extracción de agregado fino de 250 ht, pero a la actualidad dicha cantera ya no posee capacidad para explotar arena.

Además de la escasez de agregados se incrementó un alza en los precios de los agregados debido a la inflación aumentada en el combustible para vehículos [6]. Con esta alza se incrementó el precio de combustible utilizado para las maquinarias durante la extracción de este material y en vehículos de carga para el transporte de esta materia a puesta a obra.

Por el motivo anterior se busca implementar PVC triturado al concreto utilizado en la construcción debido a amortizar la escasez de arena que viene surgiendo o con el pasar de no mucho tiempo se va a agotar, además ya que sin arena no existiría hormigón, ni viviendas, ni obras viales y otras infraestructuras; pero siempre garantizando la calidad del concreto según las NTP.

Por los motivos anteriores como fuente de investigación se implementará el PVC para la elaboración de un concreto estructural; sabiendo que en la ciudad de Chiclayo se generan 604.7 kg/día de residuos de PVC según la caracterización de residuos sólidos municipales del año 2012 [9]. El concreto se elaborará sustituyendo parcialmente al agregado fino por PVC triturado para posteriormente ver si influye en las propiedades mecánicas del concreto, luego ver si es viable reemplazar parcialmente el agregado natural por PVC y así aprovechar estos residuos plásticos para elaborar la producción del concreto ante un posible potencial escasez de agregado fino.

Ante esta problemática expuesta la adición al concreto de PVC triturado en sustitución parcial de agregado fino nace como opción de construcción, debido principalmente a la escasez de materia prima de agregado fino; para generar así las demandas de construcciones de la población.

Además, a esto suma la opción sostenible de elaborar un concreto estructural que reutilice PVC generando una disminución de desechos y de gases contaminantes al medio ambiente.

Por consiguiente, de la situación del estudio descrito anteriormente nace la formulación del problema ¿Cómo influye en las propiedades mecánicas la sustitución parcial de PVC triturado en lugar del agregado fino para la elaboración de un concreto estructural? Para dar respuesta a la problemática de investigación se planteó la siguiente hipótesis: La adición de PVC triturado influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto estructural. En efecto se planteó el objetivo general: Evaluar las propiedades mecánicas de un concreto estructural elaborado con PVC (policloruro de vinilo) triturado en sustitución parcial del agregado fino. Así mismo tiempo se estableció una serie de objetivos específicos: Seleccionar y triturar al PVC a utilizar en la elaboración del concreto estructural; determinar el análisis granulométrico del PVC triturado y agregados naturales; Realizar los diseño de mezcla de resistencia $f'c=210$ kg/cm² para un concreto estructural convencional y con PVC triturado en sustitución parcial del agregado fino en porcentajes de 20%,30% y 40%; evaluar la trabajabilidad de los concretos elaborados en estado fresco; evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborado con PVC triturado en sustitución parcial del agregado fino; evaluar la durabilidad del concreto convencional y con sustitución parcial del agregado fino por PVC triturado por medio de soluciones saturadas de sulfatos; realizar la evaluación de la rentabilidad económica a partir de los concretos elaborados.

Justificación social, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de Lambayeque como centro de creación y propagación de saberes, se interesa en investigaciones innovadoras y que propaguen alternativas de solución ante problemas ingenieriles, como es el caso de desarrollar materiales alternativos que amorticen la escasez de arena que se viene dando en la provincia de Chiclayo y que de esta manera permita por medio de ello dar una solución al problema social que se viene desarrollando, con esta investigación se pretende proporcionar una alternativa de solución a la escasez de agregado fino que conllevan la elaboración del concreto, basándonos en la ejecución del reaprovechamiento; que permita la creación de un concreto estructural con un porcentaje de PVC como materia prima.

Justificación técnica, la presente investigación nos permite fijar la factibilidad de adicionar residuos de PVC triturado al concreto sin que perjudique su comportamiento en cuanto a la resistencia y teniendo en cuenta los parámetros de calidad, además dando aprovechamiento a estos residuos, y a la vez que exista una aplicación en el campo de ingeniería civil que cumpla con la norma técnica peruana; lo cual generaría un gran beneficio a la sociedad para la construcción de edificaciones.

Justificación financiera/ económica, en el aspecto económico, es fundamental reconocer que actualmente se ha incrementado el precio de todos los materiales de construcción en el país, con la presente investigación se pretende elaborar un concreto estructural reutilizando PVC para sustituir parcialmente el agregado fino y así generar un concreto de calidad, adicionalmente lograr una mayor rentabilidad económica en la producción del concreto.

Justificación ambiental, la presente investigación promueve la reutilización de PVC (policloruro de vinilo) para elaborar un concreto estructural; por ende, se emitiría menos cantidad de desechos de PVC a la intemperie del medio ambiente generando así una disminución de impactos ambientales como son la calidad del paisaje y drenajes naturales; a su vez también se vería beneficiado los ecosistemas ya que disminuiría la contaminación del aire y del suelo cooperando así a proliferar la vida en los ecosistemas.

Revisión de literatura

Antecedentes del Problema

Los autores [10] en el año 2021 en su investigación denominada: “Influence of PVC Waste Powder and Silica Fume on Strength and Microstructure Properties of Concrete: An Experimental Study.2021”, realizan estudios a las propiedades frescas, mecánicas y estructurales del hormigón; para ellos realizan la sustitución parcial de cemento de grado M40 en porcentajes por polvos de desechos de PVC. Para la elaboración de especímenes de hormigón se utilizaron las variaciones de desecho del polvo en 0%, 5%, 10%, 15%; 20%; 25% y 30% en peso de cemento y además se consideró constante el 8% del humo de sílice. En el estudio se realizaron 8 muestras teniendo en cuenta las variaciones del polvo de desecho de policloruro de vinilo para luego realizar los ensayos asentamiento, compactación, de resistencia a compresión, resistencia a la tracción dividida y resistencia a la flexión; en tanto los especímenes de hormigón se curaron a los 7, 14, 28 y 90 días. Los resultados obtenidos de la presente investigación indicaron que el asentamiento de la mezcla disminuye en tanto aumenta el porcentaje de PVC; en cuanto a la trabajabilidad de la mezcla también disminuye mientras se aumenta el porcentaje de PVC, pero cumple con el rango (0.85-0.95) establecido de la norma india IS: 1199-1959. Las pruebas de resistencia a compresión arrojan resultados que el espécimen de 15% de PVC (muestra4) alcanza la máxima resistencia a compresión en comparación con la muestra 1. En tanto a los ensayos realizados de resistencia a la flexión y tracción dividida arrojan datos que la sustitución de 15% de PVC no afectan dichas propiedades del hormigón; manteniéndolos en los parámetros brindados por la norma India

IS: 1199-1959. Además, en la microestructura del hormigón preparado con 15% de PVC muestra mejores resultados en el gel de silicato hidratado en comparación con las otras muestras.

En la investigación denominada: “Experimental Investigation on Strength Properties of Concrete by Partial Replacement of PVC Powder with Cement and Flyash”, Priyadarshika y Rajkannan [11], desarrollan la sustitución parcial del cemento por PVC en polvo en porcentajes de 0%,5%,10%,15%,20% y 25% para elaborar un concreto de grado M40 para evaluar su asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la tensión dividida, resistencia a la flexión y la fuerza del martillo de rebote. Los resultados obtenidos en el slump indica que todos los porcentajes de sustitución cumplen con el asentamiento mínimo de 50 mm de la normativa debido a que todas las muestras superan ese valor y para el concreto de tipo M40 cumplen con el asentamiento mínimo de 75 mm las muestras de 10% a 15% que poseen asentamientos 80 mm y 75 mm respectivamente, además las muestras de 5% a 10% poseen asentamientos de 78mm y 80 mm respectivamente cumpliendo así con el asentamiento máximo que es de 80 mm.

Los resultados de los ensayos de resistencia a compresión indican que las sustituciones de polvo de PVC por cemento no afectan en esta propiedad; además la mezcla que contiene el 15% de sustitución mejora la resistencia del hormigón. En los ensayos de prueba de tensión dividida se obtuvo que el 15% de sustitución genera la resistencia de tensión dividida mayor con un valor de 1.89 N/mm², además todas las sustituciones en porcentajes cumplen con la normativa de la India. También para los ensayos de resistencia a flexión y Fuerza del martillo de rebote las sustituciones de PVC no afectan al concreto elaborado teniendo en cuenta los parámetros mínimos establecidos en la Norma de India, además sus resistencias máximas se generan al sustituir 15% de cemento.

En el artículo científico denominado: “Experimental study on the performance of concrete with polymer (PVC) as filler material”, Sshaiah y Lalitha [12], realizaron un concreto de grado M40 donde utilizan un 20% constante de cenizas volantes sustituyendo al cemento y aditivo de polvo de PVC en porcentajes de 0%,10%,20% y 30% para investigar la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la resistencia a la tracción dividida. Para llevar a cabo este estudio se realizaron 5 tipos de muestras que se ensayaron a los 7, 14 y 28 días. Los resultados de los ensayos de resistencia a compresión obtenidos muestran que con el 20% de cenizas volantes y 0% de PVC generan mayor resistencia que el concreto de control; además que la muestra con 20% de cenizas volantes y 10% de PVC generan una mayor resistencia

que el concreto de control. Los resultados de resistencia a la tracción indican que entre más porcentaje de PVC se incrementa como aditivo en el concreto se tiende a disminuir esta resistencia en comparación con el concreto de control por lo que el aditivo de polvo de PVC no genera buen aporte en la resistencia a la tracción. Además, se concluyó que se disminuye la trabajabilidad del concreto con un 20% de cenizas volantes en sustitución de cemento y aditivo de 0%-10% de polvo de PVC.

La autora [13] en su tesis de pregrado denominada: “Estudio de Hormigones y Morteros Aligerados con Agregados de Plástico Reciclado como Aridos y Carga en la Mezcla”. Evalúa al PVC como parte de la mezcla de hormigón, este trabajo de investigación fuera realizado en la Universidad Politécnica de Cataluña, España; con el principal objetivo de evaluar al hormigón y mortero aligerado con agregados de PVC reciclados con el objetivo de poder insertar este material reciclado liviano al concreto. Las proporciones utilizadas fueron de 0%, 10%, 25%, 50%, 70% con PVC reciclado en forma de gránulos de 4 mm de diámetro y dos muestras con 25% y 70% de PVC en forma de gránulos de 4 mm con contenido de carbono. Este estudio es de tipo experimental, los resultados de este estudio que muestra la alternativa de consumir materiales reciclables y a la vez generando una disminución de impacto ambiental; se concluyó que al añadir gránulos de PVC a la mezcla de concreto se generan mejoras en las propiedades térmicas, pero no aporta en su resistencia, pero si se usa para cargas ligeras este material presenta resultados positivos y además presenta propiedades de mejoras en ligereza de material y aporte de aislante.

Duran en su tesis desarrollada en la Universidad Piloto de Colombia y denominada: “Evaluación del comportamiento de residuo PVC utilizado como reemplazo parcial de agregados en Concreto Hidráulico” [14], tiene como fin precisar el comportamiento del concreto hidráulico sustituyendo el agregado grueso por PVC reciclado con el fin de evaluar sus propiedades mecánicas de resistencia a compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días. Para ello se realizaron la mezcla de concreto convencional y la mezcla con PVC sustituyendo el agregado grueso en 5.2%. El asentamiento del concreto base se obtuvo un asentamiento de 4 pulgadas y el concreto añadido PVC se logró un asentamiento de 5 pulgadas; cumpliendo para aplicarla en un pavimento rígido debido a que según la norma el asentamiento se encuentra de 2 a 5 pulgadas. Los resultados de los ensayos de la resistencia a compresión del concreto base fueron a los 7 días de 4354.88 psi y la máxima obtenida a los 28 días de 5339.78 psi; en tanto para la mezcla con adición de PVC se obtuvo a los 7 días 4000 psi y a los 28 días 4550.22 psi; lo que indica el análisis de estos resultados que el PVC interactúa de una buena manera con

todos los componentes en el concreto siendo factible utilizarlo. Los resultados de los ensayos de la resistencia a flexión con carga en los tercios de luz, con el concreto base a los 7 días se obtiene 10% de resistencia de la resistencia a compresión con un valor de 482.30 psi según la dosificación de 4000 psi, logrando alcanzar la resistencia de 550.30 psi a los 28 días; para el concreto con adición de PVC a los 7 días también supera el 10% de resistencia a compresión requerida con un valor de 417.3 psi y a los 28 días logra alcanzar la resistencia de 491.20 psi generando así valores por encima de lo requerido asegurando que si es factible añadir PVC a losas de pavimento de hormigón hidráulico.

El autor [15] en su tesis de pregrado denominada: “Evaluación de las proporciones del residuo pvc de tapicería sobre la resistencia a la compresión, flexión, asentamiento y costos en un concreto para pavimento rígido, Trujillo – La Libertad,2017”, busca conocer las proporciones de PVC de tapicería a utilizar y evaluar su influencia en la resistencia a compresión, resistencia a la flexión, asentamiento y costos de elaboración de este concreto añadido PVC para aplicarlo a un pavimento rígido de diseño de mezcla de 280 kg/cm². Para elaborar el concreto las proporciones utilizadas para sustituir el agregado grueso fueron de 0 kg/m³, 3kg/m³, 4kg/m³ y 5kg/m³. Además, se plantearon la hipótesis de que al agregar proporciones de residuos de PVC de tapicería se incrementaría ligeramente su resistencia a compresión, flexión, disminuya el asentamiento y se genera optimizar costos al realizar el pavimento rígido. Después de elaborar los especímenes de concreto se analizó los datos obtenidos y se concluyó que al añadir la proporción de 5 kg/m³ de PVC de tapicería a la mezcla genero una mejoría de 12% de resistencia a compresión comparado con el concreto base, para la resistencia a la flexión se generó una mejoría de 20% con respecto al concreto base y con respecto al asentamiento de la mezcla se generó una disminución de 1.5 cm con respecto a la mezcla base. Finalmente, para diseñar el pavimento rígido por el método ASHTO-93(Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes) se basó en los ensayos mecánicos realizados y se obtuvo una carpeta de rodadura de 20.8 cm de espesor con la mezcla base y con adición de PVC de tapicería de obtuvo un espesor de 18.8 cm, generando una reducción del espesor de 2 cm y a la vez la optimización de costos.

Bases Teóricas Científicas

Concreto

El concreto es una mezcla que está compuesta por cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. El cemento, agregado fino y agua conforman el mortero y tienen el oficio de acoplar las partículas de agregado grueso de la mezcla llenando los vacíos presentes entre sí [16].

Por otro lado, podemos definir al concreto como aquella obtención artificial compuesta del medio ligante que es la pasta, donde se embeben los agregados que vienen a ser el medio ligante. La pasta es el producto de la combinación química del cemento y agua. La pasta es la fase continua del concreto debido a la unión de ella misma mediante todo el conjunto de este.

Los agregados son la fase discontinua debido a que estas partículas no se encuentran unidas sino se encuentran separadas en diferentes espesores de pasta en estado endurecido. Las propiedades del concreto se deben fundamentalmente a características químicas y físicas de la materia prima que lo componen [17].

Importancia del concreto

La importancia permanece a su maleabilidad que brinda y que permite ser adaptada a cualquier tipo de construcciones. Además, posee una característica que es la de resistente al fuego lo cual genera que sea el material más utilizado en el sector construcción; también es resistente a inclemencias del tiempo, al agua y congelación [18].

El concreto es el material constructivo más utilizado, la calidad del concreto depende principalmente acerca del conocimiento del material y del ingeniero. La principal limitación del uso del concreto este dado por los siguientes aspectos: propiedades, materiales, elección de proporciones, inspección, control de calidad, entre otros [17].

Materiales para elaboración del concreto

Cemento

Es un material obtenido de la pulverización de Clinker a altas temperaturas, este material se produce mediante la calcinación hasta fusión de materia prima arcillosa y calcárea. El cemento este compuesto por la siguiente materia prima [16]:

- Silicato tricálcico: compuesto químico que es la otorgadora la resistencia inicial y además brinda un elevado calor de hidratación.
- Silicato di cálcico: compuesto químico que genera al largo plazo la resistencia a compresión y no brinda tanta influencia en el calor de hidratación.

- Aluminio-Ferrito Tetracálcico: compuesto químico que ayuda en velocidad de hidratación y de manera secundaria en el calor de hidratación.
- Aluminato Tricálcico: compuesto químico que origina un rápido fraguado y un facilitador de reacciones de silicatos.
- Otros componentes: MgO, K, Na, Mn y Ti.

Existen diferentes tipos de cementos los cuales están especificados en la Norma Técnica Peruana 334.009.

Tabla 1: Componentes del cemento

Óxidos del Cemento	
CaO	60% - 67%
SiO ₂	17% - 25%
Al ₂ O ₃	3% - 8%
Fe ₂ O ₃	0.5% - 6%

Fuente: [16].

Agregado

Según la NTP 400.011 el agregado es la materia prima de procedencia natural o artificial, donde sus límites fijados están comprendidos según sus dimensiones. El agregado es la fase discontinua de elaboración del concreto; en la unidad cubica este material ocupa del 62%-78% del concreto estando presentes embebidos con la pasta. Para la elaboración del concreto se utilizan agregados que se catalogan en: hormigón, agregado fino y grueso [17].

La aprobación de los agregados para ser utilizado en la elaboración del concreto debe ser previos ensayos de laboratorio según la NTP 400.037. El agregado tiene las funciones de aportar un relleno correcto a la pasta para reducir su contenido, aportar una masa de este material en el concreto que sea resistente a acciones mecánica y disminuir variaciones de volumen resultante del transcurso de fraguado y endurecimiento [17].

Agregado Fino

El agregado fino es un componente inerte del concreto debido a que no intervienen en las reacciones químicas generadas entre el agua y el cemento. Este componente debe presentar las siguientes características: fuerte, duro, duradero y sin sustancias impuras (no debe sobrepasar el 5% de arcillas, limas y el 1.5% de materia orgánica) [16].

El agregado fino debe satisfacer la especificación de la norma técnica peruana 400.037; donde especifica que es la materia prima; que pasa el tamiz 9.5 mm (3/8) y queda retenido en el tamiz 74 um (N°200). Además, su gradación debe estar entre los límites de la siguiente tabla.

Tabla 2: Límites de Gradación del agregado fino.

Requisitos del agregado fino	
Tamiz	% que pasa el tamiz
3/8''	100
#4	95 - 100
#8	80 - 100
#16	50 - 85
#30	25 - 60
#50	5 - 30
#100	0 - 10

Fuente: [19].

Agregado Grueso

Es el agregado compuesto por rocas sieníticas, graníticas y dioríticas. Esta materia prima usarse de yacimientos naturales, de lechos de ríos en forma de piedra chancada mediante una chancadora o grava zarandeada. El agregado grueso no debe exceder el 5% de arcillas y finos, además en materia orgánica no debe sobrepasar el 1.5% de impureza [16].

Según lo establecido en la NTP 400.037 es el agregado retenido en el tamiz # 4 (4.75 mm) obtenido mediante la desintegración de materia prima pétreo y además que satisfaga los límites establecidos en esta NTP según su tamaño máximo del agregado [19].

Según lo establecido en la Norma E.060 de concreto armado el TMN agregado grueso no debe exceder a 1/5 de separación entre caras de encofrado, 1/3 de peralte de losa y 3/4 de distancia libre entre armaduras [20].

Propiedades físicas de los agregados

Las propiedades físicas que poseen los agregados son características de estos materiales; estas nos ayudan a evaluar su estado real y determinar su influencia en la elaboración del concreto.

- Forma y textura superficial: Los agregados naturales poseen una forma irregular y se caracterizan por las siguientes formas y son redondeada, subredondeada, muy redondeada, angular y subangulares.
- Granulometría: la granulometría de los agregados caracteriza a la distribución del material en sus diferentes tamaños (agregado fino y grueso). Para determinar la distribución granulométrica se realiza de acuerdo a la NTP 400.012; es el

procedimiento por tamizado donde a partir de ello se determina valores necesarios para realizar un diseño de mezcla.

Procedimiento para realizar la granulometría de acuerdo a la NTP 400.012.

Para el agregado fino:

- Primero, se selecciona la muestra a evaluar, en la NTP. 400.012 indica que la cantidad mínima luego del secado, será 300 gr. mínimo.
- Segundo, se separan los tamices a utilizar para la granulometría del agregado fino, los tamices 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30° N° 50, N° 100 y fondo.
- Tercero, se procede a vaciar la muestra seca por cada tamiz, moviendo de forma circular todos los tamices, buscando que cada uno retenga su respectivo agregado.
- Cuarto, se verifican tamiz a tamiz la muestra que es retenida en cada uno de estos, para pesarse en una balanza.
- Quinto, se realizan los cálculos respectivos para finalmente graficar la curva granulométrica, verificando que no excedan los límites granulométricos normados.

Para el agregado grueso:

- Primero, se obtiene una muestra seca del horno, con un peso aproximado de 0.5 kg, siendo la cantidad de muestra mínima para su evaluación según la NTP. 400.012.
- Segundo, para la evaluación del agregado grueso, se separan los tamices: 2", 1 1/2", 1, 3/4", 1/2", 3/8", N°4 y fondo.
- Tercero, se procede a vaciar la muestra seca desde el tamiz superior, agitando de igual manera todos los tamices en conjunto, de tal manera que se busque distribuir de manera correcta los agregados en cada tamiz.
- Cuarto, se verifica cada tamiz y se pesa en la balanza cada peso retenido.
- Quinto, se procede a realizar los cálculos respectivos, como el porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa para así poder graficar las curvas granulométricas.

Cálculo de la granulometría de acuerdo con la NTP 400.012.

$$\% \text{ de peso retenido} = \frac{W_r}{W_s} \times 100\%$$

- Donde:
- W_r = Peso retenido
- W_s = Peso seco de la muestra

Se procede a determinar el porcentaje que pasa por esa malla restando el porcentaje que pasa por una malla anterior con el porcentaje que es retenido en la malla donde se realiza el cálculo.

Para realizar la curva granulométrica, se toman las siguientes consideraciones:

- Para el agregado fino, se toma en consideración requisitos granulométricos que brinda el ASTM C-33 (Tabla 3).
- Para el agregado grueso, se tiene en consideración el ASTM C-33, el cual nos brinda parámetros según los tamices que pasa agregado dividiéndolo en husos, las cuales, se debe evaluar el agregado elegido para selección el suyo.

Tabla 3: límites de gradación del agregado grueso

Size Number	Nominal Size (Sieves with Square Openings)	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square-Openings), Mass Percent														
		100 mm (4 in.)	90 mm (3 5/8 in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2 1/2 in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1 1/2 in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (3/4 in.)	12.5 mm (1/2 in.)	9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)	
1	90 to 37.5 mm (3 1/4 to 1 1/2 in.)	100	90 to 100	—	25 to 60	—	0 to 15	—	0 to 5	—	—	—	—	—	—	
2	63 to 37.5 mm (2 1/2 to 1 1/2 in.)	—	—	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	—	0 to 5	—	—	—	—	—	—	
3	50 to 25.0 mm (2 to 1 in.)	—	—	—	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	—	0 to 5	—	—	—	—	—	
357	50 to 4.75 mm (2 in. to No. 4)	—	—	—	100	95 to 100	—	35 to 70	—	10 to 30	—	0 to 5	—	—	—	
4	37.5 to 19.0 mm (1 1/2 to 3/4 in.)	—	—	—	—	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	—	0 to 5	—	—	—	—	
467	37.5 to 4.75 mm (1 1/2 in. to No. 4)	—	—	—	—	100	95 to 100	—	35 to 70	—	10 to 30	0 to 5	—	—	—	
5	25.0 to 12.5 mm (1 to 1/2 in.)	—	—	—	—	—	100	90 to 100	20 to 55	0 to 10	0 to 5	—	—	—	—	
56	25.0 to 9.5 mm (1 to 3/8 in.)	—	—	—	—	—	100	90 to 100	40 to 85	10 to 40	0 to 15	0 to 5	—	—	—	
57	25.0 to 4.75 mm (1 in. to No. 4)	—	—	—	—	—	100	95 to 100	—	25 to 60	—	0 to 10	0 to 5	—	—	
6	19.0 to 9.5 mm (3/4 to 3/8 in.)	—	—	—	—	—	—	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	0 to 5	—	—	—	
67	19.0 to 4.75 mm (3/4 in. to No. 4)	—	—	—	—	—	—	100	90 to 100	—	20 to 55	0 to 10	0 to 5	—	—	
7	12.5 to 4.75 mm (1/2 in. to No. 4)	—	—	—	—	—	—	—	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	—	—	
8	9.5 to 2.36 mm (3/8 in. to No. 8)	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5	—	
89	9.5 to 1.18 mm (3/8 in. to No. 16)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90 to 100	20 to 55	5 to 30	0 to 10	0 to 5
9 ^a	4.75 to 1.18 mm (No. 4 to No. 16)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 to 100	10 to 40	0 to 10	0 to 5

^aAlthough size 9 aggregate is defined in Terminology C 125 as a fine aggregate, it is included as a coarse aggregate when it is combined with a size 8 material to create a size 89, which is a coarse aggregate as defined by Terminology C 125.

Fuente: ASTM C-33

Contenido de Humedad

Los agregados naturales poseen poros que se conectan a la superficie de los mismos, donde el agua que este en contacto con el conjunto de partículas puede ser absorbida por las mismas en su interior. Si el contenido de humedad de los agregados es alto se podría perder asentamiento en la mezcla y por consiguiente la resistencia; por lo cual es muy importante determinar el contenido de humedad de los agregados. Los agregados se clasifican en agregados secos al horno, saturado superficie seca, seco al aire y totalmente húmedas.

Procedimiento para realizar el contenido de humedad según la NTP 339.185

Para el agregado fino:

- Primero, se deberá disponer una determinada cantidad de muestra representativa para la determinación del contenido de humedad.
- Segundo, se llevará al horno el agregado fino húmedo al horno a 110 °C con un tiempo de 24 horas.
- Tercero, una vez ya habiendo pasado el tiempo determinado, se pesará la muestra del agregado fino ya seca.

Tabla 4: Cantidad mínima de material para realizar ensayo de contenido de humedad.

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) (No. 4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (1 ½)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 ½)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 ½)	16,0
100,0 (4)	25,0
150,0 (6)	50,0

Fuente: NTP 339.185

Para el agregado grueso:

- Primero, se deberá disponer una determinada cantidad de muestra representativa para la determinación del contenido de humedad según la tabla 15.
- Segundo, se llevará al horno el agregado grueso húmedo al horno a 110 °C con un tiempo de 24 horas.
- Tercero, una vez ya habiendo pasado el tiempo determinado, se pesará la muestra del agregado grueso ya seca.

Cálculo del contenido de humedad de acuerdo a la NTP 339.185.

$$\%H = \frac{PH - PS}{PS} \times 100$$

- Donde:
- PH= Peso de la muestra original (g.)
- PS= Peso de la muestra seca (g.)

Peso específico de masa y Absorción.

El peso específico de los agregados naturales se determina cuando esta húmeda y seca, donde se obtiene si el material es poroso o muy poroso.

La absorción es el aumento de masa de los agregados debido al agua que contiene la materia prima; sin tener en cuenta el agua superficial adherida al material.

Procedimiento para realizar el peso específico de masa y absorción del agregado fino según la NTP 400.022

- Primero, se procede a pesar una determinada cantidad que sea representativa de la muestra del agregado fino (500 gr) que pase por la malla N° 4.
- Segundo, se introduce el agregado seleccionado dentro de la fiola.
- Tercero, se llena de agua en la fiola con la muestra dentro de la misma.
- Cuarto, se procede a agitar, dando movimientos especiales a la fiola con el material contenido con la finalidad de eliminar las burbujas de aire atrapado.
- Quinto, dejar reposar la muestra con la fiola después de la eliminación de todas las burbujas de aire por 24 horas.
- Sexto, al día siguiente, se pesa el frasco con la muestra contenida en el mismo.

Procedimiento para realizar el peso específico de masa y absorción del agregado grueso según la NTP 400.021

- Primero, obtener muestra de agregado mediante el método del cuarteo, sin olvidar eliminar el material que pase el tamiz N°4.

Tabla 5: Peso mínimo para ensayo de peso específico y absorción.

Tamaño máximo nominal mm(pulg.)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg(lb)
12.5(1/2) o menos	2(4.4)
19(3/4)	3(6.6)
25(1)	4(8.8)
37.5(1 1/2)	5(11)
50(2)	8(18)
63(2 1/2)	12(26)
75(3)	18(40)
90(3 1/2)	25(55)
100(4)	40(88)
112(4 1/2)	50(110)
125(5)	75(165)
150(6)	125(276)

Fuente: NTP 400.022

- Segundo, se procede a lavar la muestra para eliminar el polvo restante e impurezas existentes superficialmente. La muestra una vez ya lavada, se sumergirá por 24 horas aproximadamente.
- Tercero, retiramos la muestra del agua y se deja secar a una temperatura ambiente para así pesar dicha muestra.
- Cuarto, se colocará la muestra saturada con superficie seca en la cesta para así determinar su peso de la misma en agua.
- Quinto, las muestras se colocarán en el horno durante 24 horas a una temperatura de 1100 ± 50 .
- Sexto, se procede a retirar la muestra retirada del horno, se deja enfriar a temperatura ambiente para proceder a pesar y anotar los datos obtenidos.

Cálculo del peso específico de masa y absorción de acuerdo con la NTP 339.185.

- Peso específico de masa

$$P_{em} = \frac{PS}{PSSS - P_{ams}}$$

- Absorción

$$\%A = \frac{PSSS - PS}{PS} \times 100$$

Donde:

- P_{em} = Peso específico de masa
- PS = Peso de la muestra seca (g)
- $PSSS$ = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (g)
- P_{ams} = Peso en el agua de la muestra saturada (g)
- $\%A$ = Absorción (%)

Peso unitario volumétrico suelto y compactado

El peso unitario de los agregados se mide el volumen que el agregado ocupara en el diseño de mezcla; incluyendo sus partículas sólidas y los vacíos presentes entre sí.

Procedimiento para realizar el peso unitario suelto del agregado grueso y fino según la NTP 400.017

- Primero, se procede a pesar el molde de compactación vacío.
- Segundo, se comienza a llenar de material el molde, descargando el mismo de una altura que no exceda de 50 cm encima del borde superior del mismo.

- Tercero, se llena hasta llegue a la parte superior del mismo y se enrasa su superficie con la varilla lisa.
- Cuarto, se procede a limpiar excesos de material e inmediatamente se pesa.

Procedimiento para realizar el peso unitario compactado del agregado grueso y fino según la NTP 400.017

- Primero, se pesa el molde de compactación completamente vacío.
- Segundo, se procede a colocar la muestra de agregado fino o grueso a una altura de 5 cm, llenando de esta manera en tres capas.
- Tercero, en cada capa de llenado, se dan 25 golpes con la varilla lisa de 3/8", considerando que, en la segunda y tercera capa, el apisonado deberá ser con un esfuerzo mayor a la primera, pero no en exceso para que no cause la penetración de la varilla en una capa anterior.
- Cuarto, una vez llena el molde de compactación con el material, se pasa a enrasar su superficie con la varilla.
- Quinto, se limpia con la brocha toda partícula que no se encuentre dentro del molde.
- Sexto, se pesa la muestra con el molde.

Cálculo del peso unitario suelto o compactado húmedo

$$PUSS = \frac{PT1 - PR}{VR}$$

Cálculo del peso unitario suelto o compactado seco

$$PUCS = \frac{PT2 - PR}{VR}$$

Donde:

- PUSS= Peso unitario suelto seco
- PUCS= Peso unitario compactado seco
- PT1= Peso de la masa suelta más el recipiente
- PT2= Peso de la masa compactada más el recipiente
- PR= Peso del recipiente
- VR= Volumen del recipiente

Agua

El agua a utilizar en la elaboración de concreto primordialmente debe ser potable debido a su tratamiento. Sin embargo, se puede utilizar agua no potable para la realización de la mezcla

de concreto demostrando su disposición para obtener un concreto de calidad. La principal función del agua es hidratar el cemento y además mejorar la trabajabilidad de la mezcla [11].

Policloruro de vinilo

El policloruro de vinilo o PVC es un material termoplástico, ya que este material puede ser calentado a una temperatura determinada y cuando se enfríe volverá a endurecer. La materia para la elaboración del PVC son los derivados de petróleo (43%) y sal (57%). Este material puede ser de la forma rígido o flexible, dependiendo del fin que se requiera dar [21].

Sus propiedades presentes en el material se deben únicamente a porcentajes presentes en su composición que son sal común (cloro) en mayor cantidad que petróleo (etileno). El PVC es un material muy importante en el sector construcción debido a su capacidad aislante; además es un material durable ya que posee un promedio de vida útil de 50 años [22].

Características del PVC

- El policloruro de vinilo es un material que posee grandes características que son:
- Su principal característica es la de protección a elementos y personas, ya que es un material aislante dado que no es conductor eléctrico ni térmico.
- Su proceso de fabricación pasa por la polimerización de cloruro de vinilo, además se fabrica a partir de cloro y etileno.
- Tiene una gran resistencia al choque
- Es un material inerte químicamente que se utiliza en varios sectores debido a esta gran característica.
- El PVC tiene una vida útil larga logrando durar hasta 100 años.
- Es un material ignífugo debido a su composición debido a lo que adopta resistencia al fuego, no genera propagación de llamas en caso de incendios y comienza a tener daños a temperaturas altas.
- El PVC es una materia prima reciclable por ende se puede usar en un proceso constructivo una vez utilizado.
- Es un material fuerte a la corrosión y oxidación, por ende, no genera muchos gastos de mantenimiento.
- Este material no transporta ondas sonoras por lo que lo convierte en un aislante acústico.
- Este material tiende a poseer deformaciones a partir de 140 °C de calor, pero vuelve a solidificarse si la temperatura tiende a disminuir, aunque no logrando forma inicial.

- Las características mencionadas anteriormente hacen del PVC que sea un material que sea utilizado en varios rubros de construcción [23].

CONCRETO

Propiedades del concreto

Las propiedades principales del concreto en estado no endurecido son la fluidez, trabajabilidad, contenido de aire, exudación, segregación, entre otras.

Las propiedades principales del concreto en estado endurecido son la durabilidad, propiedades mecánicas impermeabilidad, entre otras [17].

Propiedades del concreto en estado fresco

Concreto fresco

El concreto se contempla en estado fresco desde el momento del mezclado hasta que se dé la fragua de su cemento; de aquí surgen propiedades de este estado y se ve si cumplen con las NTP para la utilización de este concreto.

Trabajabilidad

La trabajabilidad es la simpleza de cómo se puede trabajar los materiales para elaborar el concreto para luego ser empleada según las condiciones de la construcción de la obra.

El hormigón debe ser lo autosuficiente trabajable para que, al realizar los encofrados, espaciamiento y cantidad de refuerzo, procedimiento de colocación, se puede vaciar el concreto para llenar completamente todos los espacios alrededor del refuerzo y lograr una masa homogénea que fluya por todo el encofrado con el fin de que no se obtenga presencia de aire, separación de los ingredientes, entre otros [17].

Para evaluar la trabajabilidad se realiza de acuerdo a la NTP 339.035; donde se procede a llevar a cabo el Cono de Abrams. El asentamiento del hormigón es proporcional a la cantidad de agua del diseño de mezcla.

Procedimiento para determinar el slump según la NTP 339.035

- Inicialmente, se procede a humedecer el cono de Abrams, y se coloca sobre una superficie plana y no absorbente, buscando que tenga firmeza y se mantenga inmóvil durante el proceso.
- Se procede a vaciar el concreto con el cucharón metálico, de manera que cada ocupe la tercera parte del volumen en total del cono, cada una se compacta con 25 golpes con la barra compactadora, buscando uniformizar cada una. Seguidamente, cuando se ha llenado la última capa, se enrasa la parte superior con una plancha determinada, y se levanta el molde de manera vertical.

- Finalmente, se procede a medir el asentamiento del concreto.

El asentamiento del concreto se mide según su consistencia y existen la consistencia seca que su slump varia de 0 a 2 pulgadas, consistencias plásticas de slump de 3 a 4 pulgadas y consistencias fluidas donde el slump es mayor a 5 pulgadas.

Temperatura del concreto

La temperatura del concreto en estado fresco es un control de calidad y tiene una relación con el aporte calorífico que aportan todos los materiales con los que se elaboró el concreto. El control de temperatura se da en los primeros 5 minutos de haber realizado la mezcla de concreto.

Procedimiento para determinar la temperatura del concreto según la NTP 339.184

- Primero, se elige un molde que como mínimo en todas sus direcciones tenga 3 pulgadas.
- Segundo, se vacía el concreto fresco en el molde elegido.
- Tercero, se procede a introducir el termómetro, dispositivo para tomar lectura de la temperatura del concreto, se coloca e introduce de manera que quede cubierto al menos 7.5 cm.
- Cuarto, presionar de manera ligera y suave el concreto, de manera que la temperatura ambiente no afecte ni altere la lectura correcta.
- Quinto, esperar 2 minutos o hasta verificar que la lectura se estabilice totalmente.
- Sexto, tomar la lectura y anotar.

Peso unitario

El peso unitario es la suma de todos los materiales que componen la mezcla. El peso específico del concreto estructural varía entre 2200 a 2400 kg/m³, concretos livianos con un peso unitario menor a 1900 kg/m³ y concretos pesados con un peso unitario de 2800 a 6000 kg/m³; esta variación depende de las densidades y cantidad de los agregados naturales, el contenido de aire, cemento y agua.

Procedimiento para determinar el peso unitario del concreto según la NTP 339.046

- Primero, se elige un molde para proceder a pesarlo.
- Segundo, se llena el molde en tres capas de concreto fresco, compactándose 25 veces con la varilla lisa y se procede a dar 15 golpes con la goma o mazo después de cada capa compactada.
- Tercero, se pesa el molde con el concreto fresco contenido en el molde.

Cálculo del peso unitario del concreto fresco

$$D = \frac{Pc - Pm}{Vm}$$

Donde:

- Pc: Peso del concreto + molde
- Pm: Peso del molde
- Vm: Volumen del molde
- Peso unitario del concreto (D)

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se realiza a través del ensayo cilíndrico de una probeta de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. La probeta debe permanecer 24 hr después de realizar el vaciado para posteriormente ser curado bajo el agua hasta el momento de su ensayo [16]. Para realizar este ensayo se lleva a cabo de acuerdo a la NTP 339.034.

Muestra para el ensayo

Las probetas no serán ensayadas si la diferencia entre diámetros de una misma probeta excede en más de 2%.

El diámetro usado para calcular el área transversal del espécimen será el promedio de 2 diámetros medidos en 2 ángulos distintos, perpendiculares entre sí, y con aproximación de 0.25mm.

Procedimiento para realizar ensayo de resistencia a compresión

- Primero, colocar el espécimen cilíndrico de concreto una vez ya seco, se debe considerar que existe una tolerancia de tiempo para el presente ensayo según su edad.

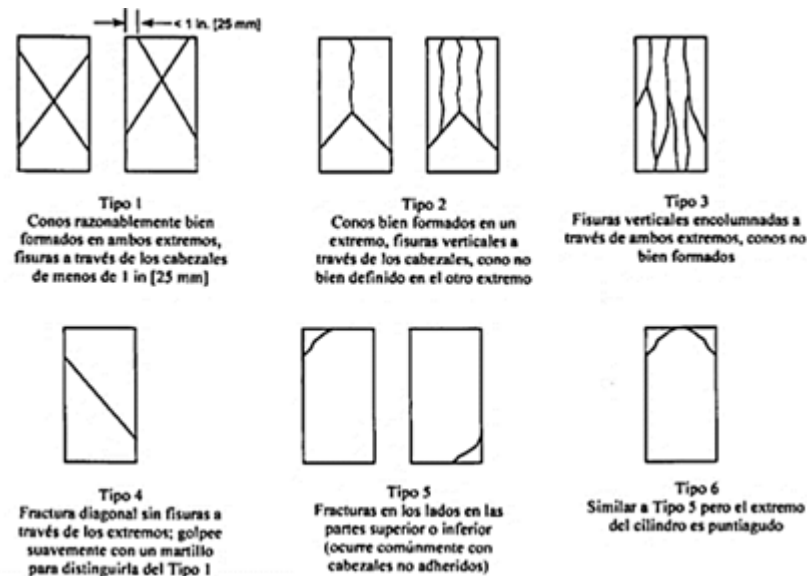
Tabla 6: Tolerancia para tiempo de ensayo de resistencia a compresión.

EDAD	TOLERANCIA DE TIEMPO DE ENSAYO
24 horas	± 0.5 horas
3 días	2 horas
7 días	6 horas
28 días	20 horas

Fuente: NTP 339.034

- Segundo, colocar la probeta en la máquina, aplicar una carga en aumento progresivo sobre la probeta hasta que alcance la rotura y se toma lectura de lo registrado por la máquina.
- Tercero, se identifica el tipo de falla, las cuales tenemos en la siguiente figura.

Figura 2: Tipos de fallas a compresión



Fuente: NTP 339.034

Cálculo de la resistencia a compresión

Para el cálculo se considerará la siguiente fórmula:

$$R = \frac{P}{A}$$

Donde:

- R= Esfuerzo a la compresión (kg/cm²)
- P= Máxima carga aplicada (kg)
- A= Área transversal de la probeta sometida a la carga (cm²)

Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión en comparación con la resistencia a la compresión es baja. La resistencia a la flexión es la capacidad del hormigón para aguantar fuerzas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal [16].

Este ensayo se realiza teniendo en cuenta la NTP 339.078.

Procedimiento

- Primero, se retira la viga del lugar de curado y se ensaya lo más rápido posible debido a que cuando la viga tiene la superficie seca tiende a resistir menos carga.
- Segundo, se demarca en la viga en tres tercios.

- Tercero, se coloca la viga en la máquina de rotura. Posteriormente se colocan las cargas en los tercios de luz ya señaladas.
- Cuarto, se aplica la carga sobre la viga en forma lenta y progresiva.
- Quinto, se toma apuntes de la carga y se verifica en que tercio de luz falla la viga.

Cálculo del módulo de rotura de la viga a flexión.

Cuando la falla en la viga se produce en el tercio medio de luz.

$$Mr = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

- Mr= módulo de rotura.
- P= carga máxima aplicada en la máquina de ensayo.
- L= luz libre entre apoyos.
- b=ancho promedio de la viga donde ocurre la falla.
- h=altura promedio de la viga donde ocurre la falla.

Cuando la falla en la viga no se produce en el tercio medio de luz, pero está a una distancia menor del 5% de luz libre.

$$Mr = \frac{3Pa}{bh^2}$$

Donde:

- Mr= módulo de rotura.
- P= carga máxima aplicada en la máquina de ensayo.
- L= luz libre entre apoyos.
- b=ancho promedio de la viga donde ocurre la falla.
- h=altura promedio de la viga donde ocurre la falla.
- a=distancia promedio donde se produce la falla al apoyo más cercano.

Cuando la falla en la viga no se produce en el tercio medio de luz, pero está a una distancia mayor del 5% de luz libre se desestima el ensayo.

Resistencia a la tracción por compresión diametral

La resistencia a la tracción en el concreto es baja en comparación a la resistencia a compresión; este es un ensayo donde se aplica una fuerza de compresión a lo largo de la probeta de concreto hasta que se produzca una falla.

Este ensayo se realiza teniendo en cuenta la NTP 339.078.

Procedimiento

- Primero, colocar un listón de soporte en la base donde se apoyará la probeta.

- Segundo, colocar el espécimen cilíndrico de concreto una vez ya seco, se debe considerar que existe una tolerancia de tiempo para el presente ensayo según su edad.
- Tercero, colocado el espécimen se coloca unos listones de soporte en la parte superior de la probeta a ensayar.
- Cuarto, colocara dos montantes que ayudan a fijar la posición el espécimen.
- Quinto, aplicar la carga en forma progresiva y anotar el resultado.

Cálculo de la resistencia a tracción

$$T = \frac{2(P)}{\pi Ld}$$

Donde:

- T= Resistencia a la compresión diametral en kg/cm²
- P= Máxima carga aplicada por la máquina en kg
- L= Longitud del espécimen en cm
- d= Diámetro del espécimen en cm

Durabilidad mediante soluciones sulfatadas

La durabilidad del concreto puede ser afectada debido a la exposición del hormigón a congelamiento – deshielo o sulfatos. Las condiciones antes mencionadas requieren cumplir un parámetro mínimo para tener una larga vida útil. Pag.30

Este ensayo se realiza teniendo en cuenta la NTP 334.094.

Procedimiento

Diseño de mezcla para elaboración de concreto

Método ACI 211.1

Es el proceso en el cual se determina las características requeridas del concreto como propiedades en estado fresco, propiedades en estado endurecido, y proporciones de materiales para su elaboración, un diseño y proporcionamiento de concreto adecuado debe ser trabajable, durable, resistente, apariencia uniforme y económico.

Procedimiento del diseño de mezclas según el método ACI 211.1

I. Selección del slump

Cuando no se tiene especificada el asentamiento a utilizar en el informe de ACI nos brinda un asentamiento a usar dependiendo del tipo de estructura en la que se usara el concreto.

Tabla 7: Asentamiento según tipo de estructura

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	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: ACI 211.1

II. Selección de la resistencia promedio

La resistencia promedio se determina en base $f'c$ mediante tres casos.

Caso 1: cuando se cuentan con datos estadísticos de producción en obra, así como resultados de la rotura de probetas.

En este caso se para calcular el $f'cr$ se usan las siguientes formulas.

$$f'cr = f'c + 2.33\sigma_s - 35$$

$$f'cr = f'c + 1.34\sigma$$

Donde:

- $f'c$: Resistencia a la compresión especificada (Kg/cm²)
- $f'cr$: Resistencia a la compresión requerida (Kg/cm²)
- σ_s : Desviación estándar en obra (Kg/cm²)

De ambos resultados se escogerá el mayor valor de las fórmulas, siendo este el $f'cr$ requerido con el cual vamos a diseñar.

Caso 2: No se cuenta con suficientes datos estadísticos (entre 15 y 30 resultados)

En este caso se utilizarán las fórmulas anteriores, donde al valor de σ_s se amplificará por un factor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 8: Factor de Incremento

N° ENSAYOS	FACTOR DE INCREMENTO
Menos de 15	Usar tabla Caso 3
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

Fuente: ACI 211.1

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33\alpha\sigma_s - 35$$

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34\sigma\alpha$$

Donde:

- σ_s = desviación estándar.
- α = factor de amplificación

Desviación estándar

Cuando una planta de concreto o empresa constructora tenga un registro adecuado de 30 ensayos consecutivos con materiales y condiciones similares a las esperadas, la desviación estándar de la muestra, σ_s , se calcula a partir de dichos resultados con la fórmula siguiente.

$$\sigma_s = \left(\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \right)^{1/2}$$

Donde:

- σ_s = Desviación estándar en kg/cm²
- X_i = Resistencia de la probeta de concreto, en kg/cm²
- \bar{X} = Resistencia promedio de n probetas, en kg/cm²
- n = Número de ensayos consecutivos de resistencia

Cuando se emplean dos registros de ensayos para obtener como mínimo 30 ensayos, la desviación estándar de la muestra empleada debe ser el promedio estadístico de los valores calculados de cada registro de ensayos, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\sigma_s = \left(\frac{(n_1 - 1)(\sigma_{s1})^2 + (n_2 - 1)(\sigma_{s2})^2}{(n_1 + n_2 - 2)} \right)^{1/2}$$

Donde:

- σ_s : Desviación estándar promedio en kg/cm²
- σ_{s1} , σ_{s2} : Desviación estándar calculada para los grupos 1 y 2 respectivamente en kg/cm²
- n_1 , n_2 : Número de ensayos en cada grupo, respectivamente

Caso 3: No se cuenta con suficientes datos estadísticos (entre 15 y 30 resultados)

Para este caso el Comité del ACI nos indica aplicar la siguiente tabla para determinar el f'_{cr} .

Tabla 9: Determinación del f'_{cr}

f'_c especificado	f'_{cr} (kg/cm ²)
< 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
> 350	$f'_c + 98$

Fuente: ACI 211.1

III. Selección del tamaño máximo de agregados

Las características geométricas y las condiciones de refuerzo de las estructuras limitan el tamaño máximo del agregado que pueden utilizarse.

IV. Estimación de agua de mezcla

El agua de mezclado el ACI nos recomienda que se utilice en función del asentamiento deseado y del tamaño máximo del agregado que conformara el concreto.

Tabla 10: Agua en lt/m³

Asentamiento	Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada							
	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	...
% aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: ACI 211.1

V. Estimación de contenido de aire

El contenido de aire en el concreto no tiende a disminuir la resistencia, en el concreto se tiene presencia de aire atrapado y este debido al aporte de los materiales que conforman el hormigón.

Tabla 11: Contenido de aire

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: ACI 211.1

VI. Relación agua/cemento

Se establece la relación agua/cemento dependiendo a la resistencia del tipo de concreto a realizar a los 28 días.

Tabla 12: Relación agua/cemento

F'c (28 días)	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

Fuente: ACI 211.1

VII. Cálculo del contenido de cemento

El contenido de cemento se calcula con el volumen unitario de agua entre la relación a/c, establecidos en III y IV.

VIII. Cálculo del volumen de agregado grueso

Este valor se saca de una tabla que nos brinda el ACI 211.1, que depende del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino.

Tabla 13: Peso del agregado grueso para m³ de concreto.

T.M.N del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen de concreto para diversos MF.			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1

IX. Cálculo del volumen de agregado fino

El volumen del agregado fino en el concreto es la diferencia de la unidad y los elementos calculados anteriormente.

X. Ajuste de mezcla por humedad de agregados

El ajuste de mezcla por humedad de agregados, donde el agua agregada al concreto se debe reducir en una cantidad igual a la humedad libre brindada por el agregado, es decir debemos disminuir la humedad total menos la absorción de la mezcla.

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

La investigación es de tipo experimental dado a la metodología utilizada para demostrar la hipótesis; debido a una manipulación de variables intencional como la sustitución parcial de agregado fino por PVC triturado con la meta de cumplir el objetivo general de evaluar las propiedades mecánicas de un concreto estructural elaborado con PVC triturado en sustitución parcial de agregado fino.

También debido a que cumple con los requisitos principales para ser de tipo experimental como es la manipulación de la variable independiente (sustitución parcial de agregado fino en porcentajes por PVC triturado), y además el nivel de afectación de las variables dependientes está dado por la variación de intensidad de cantidad de sustitución de PVC por agregado fino (variable independiente).

Hipótesis

La sustitución del agregado fino por PVC triturado influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto estructural.

Diseño de contrastación

- Concorde al tipo de investigación que es experimental; se requería de una descripción del análisis de la presente investigación por medio de recolección de datos.
- En cuanto a su finalidad es del tipo aplicada ya que la investigación tiene dirigido un aporte en las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el agregado fino por PVC triturado.

Operacionalización de variables

En la presente investigación se a selecto como variable independiente al porcentaje de PVC triturado; variable que será la principal en la investigación ya que a partir de ella se determinara si es óptimo reemplazar cierta cantidad de PVC por agregado fino para obtener una calidad y resistencia adecuada en el concreto estructural.

También, una segunda variable independiente seleccionada es el agregado fino debido a que esta nos permitirá ver si la disminución de este material en el concreto influye en sus propiedades mecánicas.

Como variable dependiente tenemos a las propiedades del concreto en estado fresco el asentamiento y en concreto en estado endurecido a través de su indicador: resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción, durabilidad por sulfatos y factibilidad económica.

Tabla 14: Operacionalización de variables

Variable	Indicador	Medida	Instrumento de medición
Independiente:			
Agregado fino	Contenido de agregado fino	Vol. A. fino	Balanza electrónica con aproximación a 1 g
PVC triturado	Contenido de PVC	Peso	Balanza electrónica con aproximación a 1 g
Dependiente:			
Concreto	Estado fresco		
	Asentamiento	Pulgadas	Ensayo de asentamiento - NTP 339.035
	Peso Unitario	kg/m ³	NTP - 339.046
	Temperatura	°C	NTP - 339.184
	Estado endurecido		
	Resistencia a la compresión	kg/cm ²	Ensayo de compresión - NTP 339.034
	Resistencia a la flexión	kg/cm ²	Ensayo a flexión - NTP 339.078
	Durabilidad por sulfatos	%	Ensayo de sulfatos - NTP 334.094
	Resistencia a la tracción	kg/cm ²	Ensayo a tracción – NTP 339.084
	Costo de producción del concreto		
Costo Unitario	Costo por m ³	Formatos en hojas de calculo	
Moderadoras			
Materiales	Granulometría de los agregados	%	NTP - 400.012
	Peso Unitario de los agregados	kg/m ³	NTP - 400.017
	Contenido de Humedad	%	NTP - 339.185
	Módulo de fineza del agregado fino	-	NTP - 400.037
	Absorción	%	NTP - 400.021
	Tipo de cemento	Tipo	NTP - 334.090

Fuente: Elaboración propia

Población, muestra, muestreo

La población está definida por el conjunto de especímenes de concreto de dos tipos elaborados a partir de los componentes que son cemento, agua, agregados y PVC triturado. El muestreo es de tipo no probabilístico, debido a que los especímenes a analizar dependen del criterio del investigador en base al indicador que se busca a evaluar cómo es la resistencia a la compresión, tracción, flexión y durabilidad, en base a las normas relacionadas con la determinación a la variable.

Población de mezclas para ensayos para asentamiento

Llamado también ensayo de slump; se utiliza para ver cómo se comporta el concreto en estado fresco a nivel de consistencia. Esta propiedad del concreto es muy importante ya

que está definida como el grado de fluidez que presenta la masa del concreto de tal manera que tenga una correcta aplicación en la construcción de una estructura; por tal razón es un ensayo muy importante en la caracterización del concreto analizado en dicha investigación.

Para realizar este ensayo se realiza en base a la NTP 339.035.

Tabla 15: Población de mezclas para ensayos a compresión de las diferentes dosificaciones.

MUESTRAS PARA ENSAYOS DE ASENTAMIENTO		
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
Concreto patrón	1	
Concreto con % de PVC	20%	1
	30%	1
	40%	1
SUBTOTAL	4	
TOTAL	4	

Fuente: Elaboración propia

Población de mezclas para ensayos de Temperatura

Al sustituir el agregado fino por PVC triturado se debe verificar este aporte calorífico y así no se genere una acción no deseada en el concreto; debido a esto se tomará el control de temperatura a cada una de las dosificaciones realizadas.

Para realizar este ensayo se realiza en base a la NTP 339.184.

Tabla 16: Población de mezclas para ensayos de temperatura de las diferentes dosificaciones.

MUESTRAS PARA ENSAYOS DE ASENTAMIENTO		
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$		
Concreto patrón	1	
Concreto con % de PVC	20%	1
	30%	1
	40%	1
SUBTOTAL	4	
TOTAL	4	

Fuente: Elaboración propia

Población de mezclas para ensayos de resistencia a la compresión

Realizar este ensayo es muy esencial ya que es la propiedad más importante del concreto; ya que con la sustitución del agregado fino por PVC triturado se espera que la resistencia a la compresión genere un beneficio en el propósito de la elaboración de esta investigación.

Para realizar este ensayo se realiza en base a la NTP 339.034

Tabla 17: Población de mezclas para ensayos a compresión de las diferentes dosificaciones

MUESTRAS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
f'c=210 kg/cm2				
		(7 días)	(14 días)	(28 días)
Concreto patrón		2	2	2
Concreto con % de PVC	20%	2	2	2
	30%	2	2	2
	40%	2	2	2
SUBTOTAL		8	8	8
TOTAL		24		

Fuente: Elaboración propia

Población de mezclas para ensayos de resistencia a la flexión

El ensayo de resistencia a la flexión a los tercios nos permite evaluar el esfuerzo-deformación del concreto. Este ensayo se lleva a cabo a los materiales frágiles que no se pueden realizar un ensayo por deformación como lo es el caso del concreto. Al generarse mayor carga se obtendría mejorías en esta propiedad mecánica que a la vez ocasionaría una mayor eficiencia en el concreto con porcentajes de PVC en esta investigación.

Para realizar este ensayo se realiza en base a la NTP 339.078

Tabla 18: Población de mezclas para ensayos de flexión a los tercios de las diferentes dosificaciones.

MUESTRAS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN		
f'c=210 kg/cm2 (28 días)		
Concreto patrón		2
Concreto con % de PVC	20%	2
	30%	2
	40%	2
TOTAL		8

Fuente: Elaboración propia

Población de mezclas para durabilidad mediante soluciones de sulfatos

Para realizar este ensayo se realiza en base a la NTP 334.094

Tabla 19: Población de mezclas para ensayos de durabilidad de las diferentes dosificaciones

Muestras para ensayos de durabilidad		
f'c=210 kg/cm2 (28 días)		
Concreto patrón		6
Concreto con % de PVC	20%	6
	30%	6
	40%	6
TOTAL		24

Fuente: Elaboración propia

Población de mezclas para ensayo de resistencia a la tracción

Para realizar este ensayo se realiza en base a la NTP 339.084

Tabla 20: Población de mezclas para ensayos de resistencia a la tracción de las diferentes dosificaciones.

Muestras para ensayos de módulos de elasticidad		
f'c=210 kg/cm2 (28 días)		
Concreto patrón	3	
Concreto con % de PVC	20%	3
	30%	3
	40%	3
TOTAL	12	

Métodos

Caracterización de los materiales

Cemento portland Tipo I

En la presente investigación se usó cemento portland Tipo I, que le brinda al concreto alta resistencia inicial y moderada resistencia a los sulfatos. Este tipo de cemento cumple con la normativa NTP 334.009 ó ASTM C 150.

Figura 3: Cemento Qhuna Tipo I



Fuente: Ficha técnica, cementos Pacasmayo

Agregados

Agregado Grueso

El agregado grueso utilizado para realizar la investigación es originario de la cantera Tres Tomas; que se encuentra localizada en el distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque. En la figura 4 se muestra la ubicación de la cantera de donde se obtuvieron los agregados gruesos.

Figura 4: Ubicación de la cantera Tres Tomas



Fuente: Google Earth Pro.

La cantera Tres Tomas está compuesto por material de orígenes ígneo; la piedra para la elaboración del concreto es triturada de forma artificial con maquinaria según los tamaños en que se requiera para vaciar el concreto. El agregado grueso utilizado en la presente investigación es de 3/4". En la figura 5 se muestra el agregado grueso.

Figura 5: Piedra chancada de la cantera Tres Tomas.



Agregado Fino

El agregado fino utilizado para realizar la investigación es originario de la cantera La Victoria – Pátapo; que se encuentra localizada en el distrito de Pátapo, provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque. En la figura 6 se muestra la ubicación de la cantera de donde se obtuvieron los agregados finos.

Figura 6: Ubicación de la cantera La Victoria - Pátapo



Fuente: Google Maps.

Figura 7: Arena amarilla de la cantera Tres Tomas



PVC reciclado

En la presente investigación se sustituyó el agregado fino por PVC triturado, el material reciclado se obtuvo de dos botaderos críticos de Chiclayo. En la figura 8 se muestra la ubicación de los botaderos de donde se obtuvo el material de PVC.

Figura 8: Ubicación de la recolección del PVC



Fuente: Google Earth Pro.

Figura 9: Ubicación de la recolección del PVC



Fuente: Google Earth Pro.

El PVC reciclado se llevó al laboratorio para su procesamiento; una vez el material seleccionado se procedió a triturarlo en un molino. El PVC se trituro hasta que esté en el rango de los usos granulométricos del agregado fino. El material triturado para sustituir el agregado fino se trabajó de forma no saturada para ver cómo influye en las propiedades mecánicas del concreto.

Figura 10: Máquina trituradora de PVC



Figura 11: PVC triturado



Al material de PVC triturado, como agregado, se realizó los ensayos de caracterización requeridos de agregado fino para que sea usado en el concreto.

Agua

El agua que se utilizó para realizar la presente investigación es de procedencia potable.

Ensayos de los materiales

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS – NTP 400.012

El análisis granulométrico nos ayuda a determinar los diferentes tamaños que posee el agregado y si se encuentra dentro los husos granulométricos para ver si el agregado posee una distribución adecuada de tamaño.

Agregado grueso

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Tamices (2 ", 1 1/2 ", 1 ", 3/4 ", 1/2 ", 3/8 ", N°4, N°8, N°16 y fondo)
- Taras

Figura 12: Análisis granulométrico del agregado grueso.



Agregado fino

Aparatos o Instrumentos

- Balanza electrónica
- Tamices (3/8 ", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo)
- Taras
- Horno con una capacidad de mantener una T° de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 13: Análisis granulométrico del agregado fino.



PVC triturado

Aparatos o Instrumentos

- Balanza electrónica
- Tamices (3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo)
- Taras
- Horno con una capacidad de mantener una T° de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento

- Se tomó una muestra de PVC triturado y se procede a pesar 500 gr en la balanza.
- La muestra pesada se puso al horno por un tiempo aproximado de 24 horas.
- Luego de retirar la muestra del horno se pesó la muestra.
- Una vez pesada la muestra se realizó el tamizado de forma manual, usando todos los tamices 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo.
- Realizando el tamizado en el tamiz 3/8" se obtuvo que el material pasa el 100%.
- El primer retenido de material se obtuvo en el tamiz N°4.
- El tamizado manual se realizó así para los tamices N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y fondo.
- La cantidad de material retenido en cada tamiz se pesó y los datos se procesó en una hoja de ensayos de materiales.

Figura 14: Análisis granulométrico del PVC triturado.



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS – NTP 339.185

El contenido de humedad del agregado nos permite mostrar la cantidad de agua que tiene el agregado en su estado natural.

Agregado grueso

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Taras

- Horno con una capacidad de mantener una T° de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$.

Figura 15: Contenido de Humedad del agregado grueso



Agregado fino

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Taras
- Horno con una capacidad de mantener una T° de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$.

Figura 16: Contenido de Humedad del agregado fino



PVC triturado

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Taras
- Horno con una capacidad de mantener una T° de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$.

Procedimiento

- Se seleccionó una porción de muestra de 300 gr de PVC triturado y se pesó, luego se llevó al horno con una capacidad de mantener una T° de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ por un tiempo aproximado de 24 horas.

- Después de las 24 horas de que el material estuvo en el horno, se saca la muestra del horno.
- Una vez sacada la muestra del horno se obtuvo el peso de la muestra seca.
- Con los pesos obtenidos se procesa los datos en una hoja de cálculo de materiales.

Figura 17: Contenido de Humedad del PVC triturado



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS NTP 400.021, NTP 400.022

El peso específico es la relación que se da entre la masa del volumen unitario de agregado y masa del mismo volumen de agua destilada (agua libre de gas). El peso específico del agregado se determina de acuerdo a la humedad del agregado grueso ya sea de forma seca o saturada con superficie seca.

La absorción del agregado es el aumento de masa debido al agua en los poros del agregado; este ensayo nos permite conocer la cantidad de agua que absorbe el agregado y nos ayuda a determinar la cantidad de agua para el diseño de mezcla.

Agregado grueso

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Taras
- Canastilla
- Recipiente de plástico
- Agua destilada
- Franela
- Dispositivo de suspensión

Figura 18: Peso específico y absorción del agregado grueso



En la imagen inferior izquierda se aprecia la calibración de la balanza con el instrumento de suspensión para realizar el peso de la muestra saturada sumergido en el agua incluyendo el peso de la canastilla.

Agregado fino

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Taras
- Recipiente de plástico
- Agua destilada
- Fiola
- Cono de absorción y pilón
- Horno con una capacidad de mantener una T° de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Figura 19: Peso específico y absorción del agregado fino



PVC triturado

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Taras

- Recipiente de plástico
- Agua destilada
- Fiola
- Horno con una capacidad de mantener una T° de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$.

Procedimiento

- Se pesó una muestra de PVC triturado de 100 gramos.
- Se pesa la fiola y se procesa ese dato calculado en una hoja de ensayo de materiales.
- La fiola se llenó con la mezcla de PVC triturado luego se llega la fiola con agua destilada hasta alcanzar un volumen de 500 cm^3 .
- Luego se hizo rotar la fiola en la palma de la mano hasta que no quede burbujas de aire.
- Se dejó reposar la fiola por aproximadamente 1 h y se volvió a llenar con agua hasta el volumen de 500 cm^3 .
- Se determinó el peso del agua introducida a la fiola.
- Posteriormente se depositó el material en taras y se dejó reposar aproximadamente unos 20 minutos, para luego extraer el agua.
- La muestra que se depositó en la tara se envió al horno con una capacidad de mantener una T° de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ por un tiempo de 24 horas.
- Después de las 24 horas de que la muestra estuvo del horno, esta se retiró y se procedió a pesar, para luego procesar los datos en una hoja de cálculo de ensayo de materiales.

Figura 20: Peso específico y absorción del PVC triturado



PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO Y GRUESO – NTP 400.017

También se le denomina peso unitario; el peso volumétrico suelto del agregado depende del tamaño, distribución de las partículas y su forma. Este ensayo nos permite conocer el peso de cierta cantidad de material para llenar un recipiente determinado.

Agregado grueso

Peso volumétrico suelto

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Varilla lisa
- Cucharon
- Brocha
- Molde de metal cilíndrico (15 cm de diámetro y 30 cm de altura)

Figura 21: Peso volumétrico suelto del agregado grueso



Peso volumétrico compactado

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Varilla lisa
- Cucharon
- Brocha
- Molde de metal cilíndrico (15 cm de diámetro y 30 cm de altura)
- Martillo de goma

Figura 22: Peso volumétrico compactado del agregado grueso



Agregado fino

Peso volumétrico suelto

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Cucharon
- Varilla lisa
- Brocha
- Molde de metal cilíndrico (15 cm de diámetro y 30 cm de altura)

Figura 23: Peso volumétrico suelto del agregado fino



Peso volumétrico compactado

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Varilla lisa
- Cucharon
- Brocha
- Molde de metal cilíndrico (15 cm de diámetro y 30 cm de altura)
- Martillo de goma

Figura 24: Peso volumétrico compactado del agregado fino



PVC triturado

Peso volumétrico compactado

Aparatos o Instrumentos

- Balanza
- Varilla lisa
- Cucharon
- Brocha
- Molde de metal cilíndrico (15 cm de diámetro y 30 cm de altura)
- Martillo de goma

Procedimientos

- Se llenó el molde de metal cilíndrico con PVC triturado hasta la tercera parte.
- Se apisono la muestra en el material cilíndrico con la varilla lisa generándole 25 golpes distribuidos de forma espiral de afuera hacia adentro y 15 golpes con el martillo de goma sobre la superficie externa del molde de metal cilíndrico.
- Los dos pasos anteriores se repitieron para las dos capaz de 1/3, hasta que se llenó el molde de metal cilíndrico.
- Una vez llenado el molde de metal cilíndrico con el material se procedió a enrazar con la varilla lisa usándola como regla.
- Luego se procedió a pesar la muestra enrazada
- Este proceso se realizó en repetidas ocasiones para tomar lectura de los pesos y promediar para que se tenga el peso unitario más cercano a lo real.

Figura 25: Peso volumétrico compactado del PVC triturado



Peso volumétrico suelto

Aparatos o Instrumentos

- Balanza

- Cucharón
- Varilla lisa
- Brocha
- Molde de metal cilíndrico (15 cm de diámetro y 30 cm de altura)

Procedimiento

- Se llenó el molde de metal cilíndrico con material de PVC triturado hasta que reboce el molde, dejando caer el material en el molde a una altura no mayor a 5 cm por encima de la superficie superior del molde.
- Una vez que se llenó el molde se enrasó con la varilla lisa utilizándolo como regla.
- Luego se determinó el peso del material en el molde.
- Este proceso se realizó en repetidas ocasiones para tomar lectura de los pesos y promediar para que se tenga el peso unitario más cercano a lo real.

Figura 26: Peso volumétrico suelto del PVC triturado



Diseño de Mezclas

MÉTODO DEL ACI 211.1

El método con el que se realizó el diseño de mezcla para la elaboración del concreto es el método del ACI 211.1, el que se basa en la resistencia en que uno busca tal es el caso para la presente investigación se realizó un diseño de mezcla 210 kg/cm².

El sistema American Concrete Institute es el método de diseño más utilizado a nivel mundial para la mezcla de concreto de cualquier obra.

En la tabla siguiente se muestran la cantidad de materiales por m³ del diseño de mezcla usado como patrón.

Tabla 21: Diseño de mezcla del concreto patrón

Material	Cantidad	Descripción
Cemento	438 Kg/m ³	: Cemento Portland Tipo I
Agua	237 L	: Agua Potable
Agregado fino	732 Kg/m ³	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.
Agregado grueso	955 Kg/m ³	: Piedra Chancada - Tres Tomas

En la tabla siguiente se muestran la cantidad de materiales por m³ del diseño de mezcla sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en 20%.

Tabla 22: Diseño de mezcla del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en 20%.

Material	Cantidad	Descripción
Cemento	438 Kg/m ³	: Cemento Portland Tipo I
Agua	237 L	: Agua Potable
Agregado fino	585.6 Kg/m ³	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.
PVC Triturado	146.4 Kg/m ³	: PVC triturado
Agregado grueso	955 Kg/m ³	: Piedra Chancada - Tres Tomas

En la tabla siguiente se muestran la cantidad de materiales por m³ del diseño de mezcla sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en 30%.

Tabla 23: Diseño de mezcla del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en 30%.

Material	Cantidad	Descripción
Cemento	438 Kg/m ³	: Cemento Portland Tipo I
Agua	237 L	: Agua Potable
Agregado fino	512.4 Kg/m ³	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.
PVC Triturado	219.6 Kg/m ³	: PVC triturado
Agregado grueso	955 Kg/m ³	: Piedra Chancada - Tres Tomas

En la tabla siguiente se muestran la cantidad de materiales por m³ del diseño de mezcla sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en 40%.

Tabla 24: Diseño de mezcla del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en 40%.

Material	Cantidad	Descripción
Cemento	438 Kg/m ³	: Cemento Portland Tipo I
Agua	237 L	: Agua Potable
Agregado fino	439.2 Kg/m ³	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.
PVC Triturado	292.8 Kg/m ³	: PVC triturado
Agregado grueso	955 Kg/m ³	: Piedra Chancada - Tres Tomas

CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Asentamiento

Este ensayo se realizó de acuerdo a la NTP 339.035 que nos permite determinar la trabajabilidad del concreto; además nos da a conocer la cohesión de la mezcla.

Aparatos o Instrumentos

- Cono de Abrams
- Cucharon
- Varilla lisa
- Wincha
- Badilejo
- Bandeja metálica

Figura 27: Asentamiento del concreto patrón



Temperatura

La realización de este ensayo se realizó de acuerdo a la normativa NTP 339.184.

Aparatos o Instrumentos

- Termómetro
- Contenedor no absorbente para almacenar el concreto fresco y de mayor tamaño a 7.5 cm en todas las direcciones.

Figura 28: Temperatura del concreto con 20% de PVC triturado



El control de temperatura se realizó dentro de los primeros 5 minutos una vez que se hizo la mezcla.

Peso Unitario y rendimiento

El cálculo del peso unitario se realizó en estado fresco del concreto de acuerdo a la NTP 339.046; conjuntamente a ello se realizó el rendimiento del concreto patrón y con las sustituciones del agregado fino por PVC triturado.

La sustitución del agregado fino por PVC triturado se realizó en volumen; se generó un cambio de volumen debido a las diferencias de densidades del agregado fino y el PVC triturado.

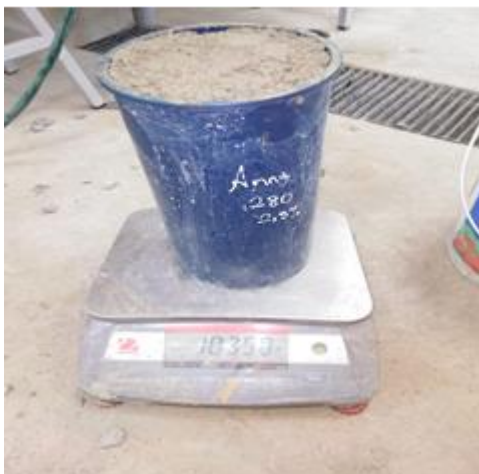
Aparatos o Instrumentos

- Molde cilíndrico
- Balanza
- Mazo de goma
- Plaza de enrasada
- Varilla lisa

Figura 29: Peso fresco del concreto con 20% de PVC



Figura 30: Peso fresco del concreto con 40% de PVC



CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión de muestras cilíndricas se realizó acorde a la normativa NTP 339.034. Las probetas realizadas se hicieron de acuerdo a la norma NTP 339.183 donde las probetas se realizan y se curan en laboratorio.

Aparatos o Instrumentos

- Molde cilíndrico (6 "x12 ")
- Balanza
- Cucharón
- Varilla lisa
- Plaza de enrasada
- Mazo de goma
- Máquina de ensayo ELE INTERNATIONAL

Figura 31: Ensayo de resistencia a compresión del concreto con 40% de PVC



Resistencia a la tracción

El ensayo de resistencia a la tracción de muestras cilíndricas se realizó acorde a la normativa NTP 339.084. Las probetas realizadas se hicieron de acuerdo a la norma NTP 339.183 donde las probetas se realizan y se curan en laboratorio.

Aparatos o Instrumentos

- Molde cilíndrico (6 "x12 ")
- Balanza
- Cucharón
- Varilla lisa
- Plaza de enrasada
- Mazo de goma

- Máquina de ensayo ELE INTERNATIONAL

Figura 32: Elaboración y ensayo de la resistencia a la tracción.



Figura 33: Probetas ensayadas a resistencia a la tracción.



Resistencia a la flexión

El ensayo de resistencia a flexión se realizó de acuerdo a la normativa NTP 339.079; donde la viga al ser ensayada es simplemente apoyada con cargas a los tercios. Además, las vigas realizadas se hicieron de acuerdo a la norma NTP 339.183 donde las probetas se realizan y se curan en laboratorio.

Aparatos o Instrumentos

- Molde de vigas (15cmx15cmx50cm)
- Balanza
- Varilla lisa
- Balanza
- Cucharon
- Máquina de ensayo ELE INTERNATIONAL

Figura 34: Viga ensayada a resistencia a la flexión.



Durabilidad mediante soluciones de sulfatos – NTP 339.094

Un concreto duradero es el que puede resistir satisfactoriamente las condiciones de servicio al que estará expuesto durante su servicio. Por tratarse de un concreto estructural expuesto a un lugar con presencia de sulfatos se procedió a realizar este ensayo. Este ensayo se realizó adecuando la normativa NTP 339.094 de morteros para aplicarla en concreto.

Aparatos o Instrumentos

- Moldes de vigas (2.5cmx2.5cmx28.5cm)
- Varilla lisa
- Pernos
- Balanza
- Comparador para medir el cambio de longitud

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema de investigación	¿Cómo influye en las propiedades mecánicas la sustitución parcial de PVC triturado en lugar del agregado fino para la elaboración de un concreto estructural?
Objetivos	<p>Objetivo general: - Evaluar las propiedades mecánicas de un concreto estructural elaborado con PVC (policloruro de vinilo) triturado en sustitución parcial del agregado fino.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar y triturar al PVC a utilizar en la elaboración del concreto estructural. - Determinar el análisis granulométrico del PVC triturado y agregados naturales. - Realizar los diseños de mezcla de resistencia $f'c=210$ kg/cm² para un concreto estructural convencional y con PVC triturado en sustitución parcial del agregado fino en porcentajes de 20%,30% y 40%. - Evaluar la trabajabilidad de los concretos elaborados en estado fresco. - Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural elaborado con PVC triturado en sustitución parcial del agregado fino. - Evaluar la durabilidad del concreto convencional y con sustitución parcial del agregado fino por PVC triturado por medio de soluciones saturadas de sulfatos. - Realizar la evaluación de la rentabilidad económica a partir de los concretos elaborados.
Hipótesis	- La sustitución del agregado fino por PVC triturado influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto estructural.
Variables	<p>-Variables independientes: contenido de PVC y agregado fino.</p> <p>-Variables dependientes: Trabajabilidad y Propiedades mecánicas del concreto estructural.</p>
Metodología	La investigación es de tipo experimental dado a la metodología utilizada para demostrar la hipótesis, además debido al manejo de variables.
Población y muestra	<p>Población: Probetas de concreto</p> <p>Muestras: 44 probetas cilíndricas, 8 vigas para ensayo flexión y 24 vigas para ensayo de durabilidad.</p>

Consideraciones éticas

De acuerdo al valor mínimo establecido en el Reglamento de elaboración y sustentación de trabajos de investigación para optar el grado de bachiller y título profesional de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo exige la originalidad con respecto a distintos trabajos de investigación ya planteados utilizando el software turniting, se validó que la investigación no supere el 30% y que las fuentes bibliográficas empeladas se citaron de manera fidedigna haciendo uso de la norma para ingeniería: IEEE.

Resultados

Resultados de los ensayos del agregado fino

Después de realizar los ensayos del agregado fino en el laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados.

Análisis granulométrico

Se realizó el análisis de una muestra de agregado fino para la granulometría mediante el tamizado. Para ello se requirió de 500 gramos de muestra tal y como estipula la Norma NTP.400.037.

Tabla 25: Resultado de Análisis granulométrico del agregado fino.

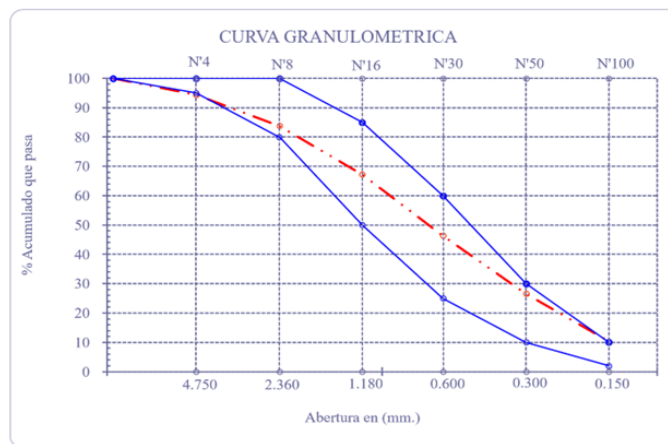
Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)					100	100
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	35	5.6	5.6	94.4	95	100
N° 08	2.360	66.42	10.6	16.2	83.8	80	100
N° 16	1.180	103.61	16.6	32.8	67.2	50	85
N° 30	0.600	130.51	20.9	53.7	46.3	25	60
N° 50	0.300	123.54	19.8	73.4	26.6	10	30
N° 100	0.150	102.0	16.3	89.7	10.3	2	10
Fondo		64.28	10.3	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.714			
Abertura de malla de referencia				9.500			

Fuente: Laboratorio USAT.

En la tabla anterior se puede apreciar que la muestra analizada cumple con los requisitos establecidos en la NTP 400.037; ya que esta normativa nos dice que el agregado no debe retener un porcentaje mayor a 45% en dos tamices consecutivos.

La curva granulométrica del agregado fino proveniente de la cantera La Victoria del distrito de Pátapo cumple con los límites granulométricos establecidos en la NTP 400.037.

Figura 35: Curva granulométrica del agregado fino.



Fuente: Laboratorio USAT

Ensayo de contenido de Humedad

Luego de realizar el ensayo de contenido de humedad a la muestra de la cantera La Victoria del distrito de Pátapo se obtuvo que el porcentaje de humedad del agregado es de 1.18%.

Tabla 26: Resultado del ensayo de contenido de Humedad.

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	632.74	632.74
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	625.36	625.36
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.18	1.18
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.18	

Fuente: Laboratorio USAT

Peso Unitario Suelto y Compactado

Una vez que se realizó el ensayo a las muestras se obtuvo que el Peso Unitario Suelto Seco es 1585 kg/cm³ y Peso Unitario Compactado Seco es 1816 kg/cm³.

Tabla 27: Resultado del ensayo de Peso Unitario Suelto y Compactado.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8902	8904
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8902	8904
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1603	1604
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1585	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	10206	10196
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		10206	10196
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1838	1836
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1816	

Fuente: Laboratorio USAT

Peso específico y absorción

Luego de realizar el ensayo de Peso específico y absorción a la muestra de agregado fino de la cantera La Victoria del distrito de Pátapo se obtuvo que el específico es 2.594 gr/cm³ y absorción de 0.94%

Tabla 28: Resultado del ensayo de Peso específico y absorción

Datos.			
1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del	(g)	951.8	951.8
2.- Peso cPeso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	642.77	642.77
3.- Peso del Agua	(g)	309.01	309.01
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	638.12	638.12
5.- Peso del Frasco	(g)	142.77	142.77
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495	495
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500
Resultados			
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	2.594	
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.618	
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.658	
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.94	

Fuente: Laboratorio USAT

Resultados de los ensayos del agregado grueso

El agregado grueso utilizado para el desarrollo de esta tesis es proveniente de la Cantera Tres Tomas ubicada en el distrito de Mesones Muro de la Provincia de Ferreñafe.

Después de realizar los ensayos del agregado grueso en el laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados.

Análisis granulométrico

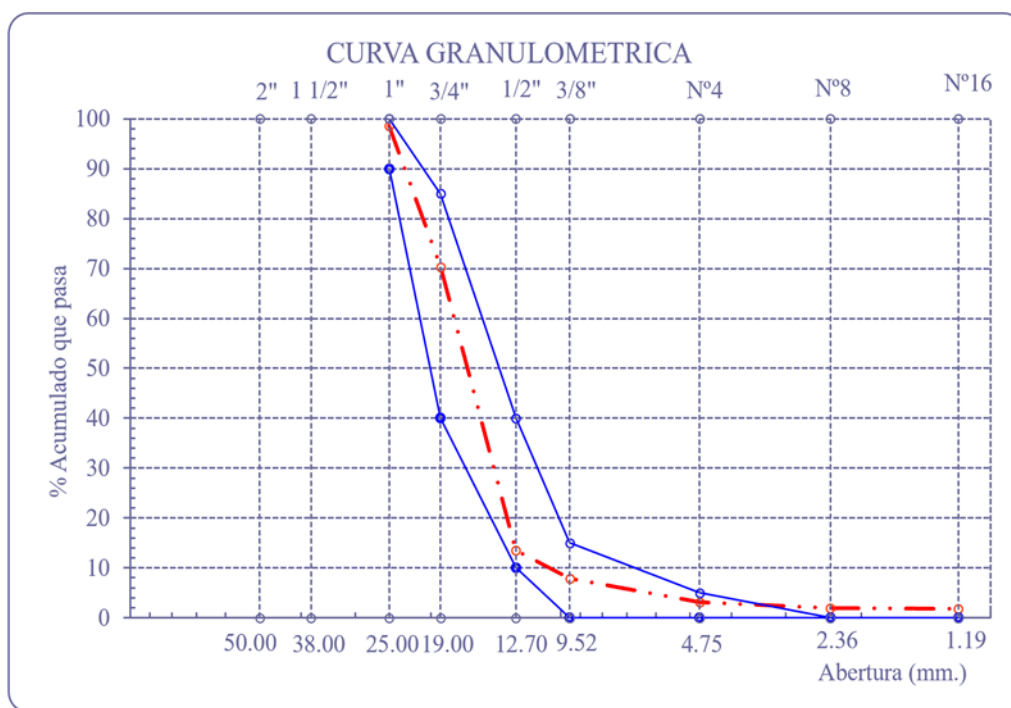
Se realizó el análisis de una muestra de agregado grueso para la granulometría mediante el tamizado.

Tabla 29: Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso.

Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)					USO 56	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	101.3	1.4	1.4	98.6	90.0	100.0
3/4"	19.00	2057.6	28.4	29.8	70.2	40.0	85.0
1/2"	12.70	4105.7	56.7	86.4	13.6	10.0	40.0
3/8"	9.52	411.6	5.7	92.1	7.9	0.0	15.0
Nº 04	4.75	347.6	4.8	96.9	3.1	0.0	5.0
Nº 08	2.36	80.1	1.1	98.0	2.0	0.0	0.0
Nº 16	1.19	10.0	0.1	98.2	1.8	0.0	0.0
Fondo		133	1.8	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1"	38.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/4"	25.00			

Fuente: Laboratorio USAT

La curva granulométrica del agregado grueso proveniente de la cantera Tres Tomas del distrito de Ferreñafe cumple con los límites granulométricos establecidos en la NTP 400.037.

Figura 36: Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Laboratorio USAT

Ensayo de contenido de Humedad

Luego de realizar el ensayo de contenido de humedad a la muestra de la cantera Tres Tomas de la provincia de Ferreñafe se obtuvo que el porcentaje de humedad del agregado es de 0.28%.

Tabla 30: Resultado de contenido de humedad del agregado grueso

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	7266.99	7266.99
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	7246.99	7246.99
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.28	0.28
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.28	

Fuente: Laboratorio USAT

Peso Unitario Suelto y Compactado

Una vez que se realizó el ensayo a las muestras se obtuvo que el Peso Unitario Suelto seco es 1473 kg/cm³ y Peso Unitario Compactado seco es 1597 kg/cm³.

Tabla 31: Resultado del Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8044	8038
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8044	8038
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1478	1477
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1473	
B.- PESO UNITARIO COMPACTADO			
1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8718	8722
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8718.0	8722.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1601	1602
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1597	

Fuente: Laboratorio USAT

Peso específico y absorción

Luego de realizar el ensayo de Peso específico y absorción a la muestra de agregado grueso de la cantera Tres Tomas del distrito de Ferreñafe se obtuvo que el específico es 2.717 gr/cm³ y absorción de 0.70%.

Tabla 32: Resultado de peso específico y absorción del agregado grueso

<u>I.- Datos.</u>			
1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	4836	4836
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	4870	4870
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	3970	3970
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	3090	3090
<u>II.- Resultados</u>			
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.717	
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.736	
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.770	
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.70	

Fuente: Laboratorio USAT

Resultados de los ensayos del PVC triturado

Se procedió a realizar ensayos al PVC triturada ya que se utilizó como un árido de la mezcla de concreto es decir se sustituyó el agregado fino por PVC triturado y que este trabajó como un agregado en el concreto se procedió a realizar los ensayos característicos para que dicho material tenga las condiciones de usarse como un agregado fino. Después de realizar los ensayos del PVC triturado en el laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados.

Análisis granulométrico

Se realizó el análisis de una muestra de PVC triturado para la granulometría mediante el tamizado siguiendo los lineamientos dados por la NTP 400.037 puesto que se utilizará como un árido fino.

Tabla 33: Resultado de análisis granulométrico del PVC triturado

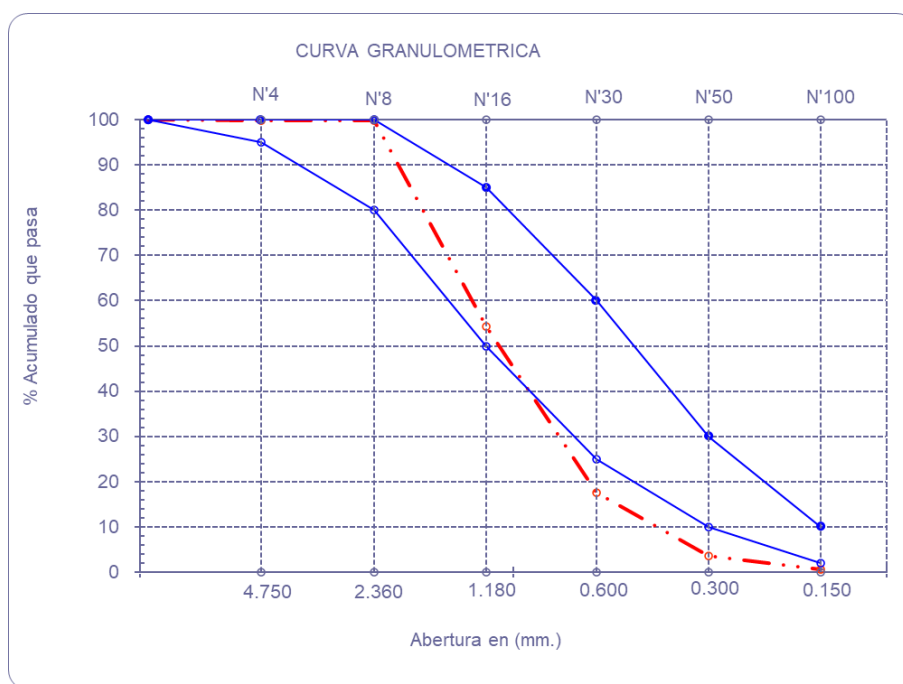
Malla		Peso Ret.	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)					100	100
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	0.36	0.1	0.1	99.9	95	100
N° 08	2.360	0.79	0.1	0.2	99.8	80	100
N° 16	1.180	245.6	45.5	45.7	54.3	50	85
N° 30	0.600	198.6	36.8	82.5	17.5	25	60
N° 50	0.300	75.6	14.0	96.5	3.5	10	30
N° 100	0.150	15.6	2.9	99.4	0.6	2	10
Fondo		3.4	0.6	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				3.243			
Abertura de malla de referencia				9.500			

Fuente: Laboratorio USAT

La curva granulométrica del PVC triturado proveniente del reciclaje de Chiclayo cumple con una cierta cantidad con los límites granulométricos establecidos en la NTP 400.037.

Podemos notar que la curva se encuentra dentro de los límites o husos dados por la norma, por lo que cuenta con una gradación correcta para ser usado como parte de la mezcla de concreto.

Figura 37: Curva granulométrica del PVC triturado



Fuente: Laboratorio USAT

Peso Unitario Suelto y Compactado

Una vez que se realizó el ensayo a las muestras se obtuvo que el Peso Unitario Suelto seco es 568 kg/cm³ y Peso Unitario Compactado seco es 737 kg/cm³.

Tabla 34: Resultado de peso unitario y compactado del PVC triturado

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	13300	13350
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10170.0	10170.0
3.- Peso del material		3130	3180
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	564	573
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	568	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	14270	14260
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10170.0	10170.0
3.- Peso del material		4100.0	4090.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	739	737
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	737	

Fuente: Laboratorio USAT

Peso específico y absorción

Luego de realizar el ensayo de Peso específico y absorción a la muestra de PVC triturado se obtuvo que el específico es 1.142 gr/cm³ y absorción de 2.04%.

Tabla 35: Resultado de peso específico y absorción del PVC triturado

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.		g	112.5	112.5
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.		g	655.5	655.5
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5)	g	253.7	253.7
4.- Peso del Agua.	(2-3)	g	401.7	401.7
5.- Peso del Frasco		g	141.2	141.2
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7)	g	253.6	239.2
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.		g	112.4	98.0
8.- Volumen del frasco.		cm ³	500.0	500.0
A.- PESO ESPECIFICO DEL PVC TRITURADO.	7/(8-4)	g/cm ³	1.144	1.144
B.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100	%	0.10	0.10

Fuente: Laboratorio USAT

Ensayo de contenido de Humedad

Luego de realizar el ensayo de contenido de humedad a la muestra de PVC triturado se obtuvo que el porcentaje de humedad del material es de 0.05%.

Tabla 36: Resultado de contenido de humedad del PVC triturado

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	300	300
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	299.85	299.85
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.05	0.05
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.05	

Fuente: Laboratorio USAT

DISEÑO DE MEZCLA

Una vez obtenidos todos los ensayos de agregados procedemos a realizar el DISEÑO DE MEZCLA ya con los datos obtenidos anteriormente.

DISEÑO DE MEZCLA

Tesista : Cabrera Sanchez Cleisler
 Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
 Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 211

Resistencia del Diseño :

$f'c =$ **210** kg/cm²

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO : **Piedra Chancada - Tres Tomas**

FINO : **Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.**

- 01.- Tamaño máximo nominal
- 02.- Peso Unitario suelto seco
- 03.- Peso Unitario compactado seco
- 04.- Peso específico de masa seco
- 05.- Contenido de humedad
- 06.- Contenido de absorción
- 11.- Módulo de fineza (adimensional)

3/4"	-----	pulg.
1473	1585	kg/cm ³
1597	-----	kg/cm ³
2717	2594	kg/cm ³
0.28	1.18	%
0.70	0.94	%
-----	2.714	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

- 12.- Resistencia especificada a los 28 días
- 13.- Contenido de aire atrapado
- 14.- Relación agua cemento
- 15.- Asentamiento
- 16.- Volumen unitario del agua
- 17.- Volumen del agregado grueso
- 18.- Peso específico del cemento
- 19.- Aditivo
- 20.- Densidad aparente del aditivo

84	f'_{cr}	294 kg/cm ³	
		2 %	
	$R^{a/c}$	0.541	
		4 Pulg.	
		205 L/m ³	
		0.629 m ³	
		3150 kg/cm ³	3150
		0.0 %	0.0
		1.010 kg/cm ³	1.190

: **Agua Potable de la Zona.**

: **Cemento Pórtland para Prefabricados**

: **EUCO DM-Impermeabilizante**

: **EUCO DM-Impermeabilizante**

III.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	379	Kg/m ³	0.120	m ³		
b) Agua	205	Lt/m ³	0.205	m ³	Corrección por humedad	
c) Aire	2	%	0.020	m ³		Agua Efectiva
d) Arena	739	Kg/m ³	0.285	m ³	748	1.8
e) Grava	1004	Lt/m ³	0.370	m ³	1007	-4.3
	2330		1.000	m ³		-2.5

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)

a) Cemento	379	Kg/m ³		9.378	kg
b) Agua	207	Lt/m ³	5.134	5.134	Lt
c) Arena	748	Kg/m ³	43	18.507	kg
d) Grava	1007	Kg/m ³	57	24.912	kg
e) Aditivo	0.00	Lt/m ³	0.00	0.000	Lt
	2342			57.932	kg

V.) Tarda de ensayo

0.0247	m ³	0.0215	m ³
F./cemento	8.9	Bolsas	
R ^{a/c}	0.541	Diseño	
R ^{a/c}	0.010	Obra	
Aditivo	369.660	Kg/m ³	

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso :	1.00	1.97	2.66	23.3	0.000	Lts/Pie ³
Proporción en volumen :	1.00	1.87	2.71	23.3	0.000	Lts/Pie ³

AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :

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

Peso Tarda de Ensayo	57.932	Kg	Peso volumetrico	2362
Peso Unit. de la Mezcla Teorica	2362	Kg	Peso Especifico de la mezcla	2373
Rendimiento	0.0245	Kg	% de vacios	0.45
Rendimiento	14.0	114 %	Tarda	0.0245

		Diseño N°1		Diseño N°2		F./Cemento			
a) Cemento	438	Kg/m ³	10.743	kg	10.743	kg	10.3	Bolsas	
b) Agua	237	Lt/m ³	5.810	Lt	0.105	Lt	0.541	Diseño	
c) Arena	590	Kg/m ³	14.473	kg	16.469	kg	0.010	Obra	
d) Grava	1097	Kg/m ³	26.905	kg	30.615	kg	Arena	35%	
e) Aditivo	0.00	Lt/m ³	0.000	Lt	0.000	Lt	Grava	65%	
Aditivo	0.00	M-Impermeabilizante	0.000	Lt	0.000	Lt	Aditivo	0.000	Kg/m ³
	2362		57.932	kg	57.932	kg			

Ajuste por slump 0

Ajuste % de Grava 8

Peso unitario teorico final de la mezcla 2362 kg/m³Peso unitario de la mezcla corregida 2362 kg/m³**Dosificación del Diseño :**

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	1.35	2.50	23.0	0.000	Lts/Pie ³
Proporción en volumen :	1.00	1.28	2.55	23.0	0.000	Lts/Pie ³

Una vez obtenido el ajuste de la prueba, se procede a realizar el reajuste, este es muy importante ya que con este nuevo cálculo obtendremos los valores correctos y/o corregidos con los cuales trabajaremos en la presente tesis.

REAJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :			$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$		
Peso Tanda de Ensayo	57.932 Kg		Peso volumetrico	2390	
Peso Unit. de la Mezcla Teorica	2362 Kg		Peso Especifico de la mezcla	2373	
Rendimiento	0.0245 Kg		% de vacios	-0.71	
Rendimiento	14.00	114 % Tanda	0.0245 M3		
		Diseño N°1	Diseño N°2	F./Cemento: 10.3 Bolsas	
Cantidad de cemento	438 Kg/m ³	10.743 kg	10.743 kg	R ^{a/c} : 0.541 Diseño	
Agua de mezclado	237 Lt/m ³	5.810 Lt	0.105 Lt	R ^{a/c} : 0.010 Obra	
Arena (húmedo)	732 Kg/m ³	17.961 kg	20.437 kg	Arena: 43%	
Grava (húmedo)	955 Kg/m ³	23.418 kg	26.646 kg	Grava: 57%	
Aditivo	0.00 Lt/m3	0.000 Lt	0.000 Lt		
Aditivo	0.00 Lt/m3	0.000 Lt	0.000 Lt		
	2362	57.932 kg	57.932 kg		
Ajuste por slump	0				
Ajuste % de Grava	-6				
Peso unitario teorico final de la mezcla		2362	kg/m3		
Peso unitario de la mezcla corregida		2349	kg/m3		
Dosificación del Diseño :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo
Proporción en peso :	1.00	1.67	2.18	23.0	0.000 Lts/Pie ³
Proporción en volumen :	1.00	1.58	2.22	23.0	0.000 Lts/Pie ³

Obtenemos nuestras dosificaciones en peso y en volumen, las cuales son las siguientes:

Proporción en Peso: 1 : 1.67 : 2.18 + 23lt de agua.

Proporción en Volumen: 1 : 1.58 : 2.22 + 23lt de agua

Cabe resaltar que nuestro concreto está diseñado para un $f'c$ de 210.00 kg/cm².

Resultados de los ensayos del concreto fresco

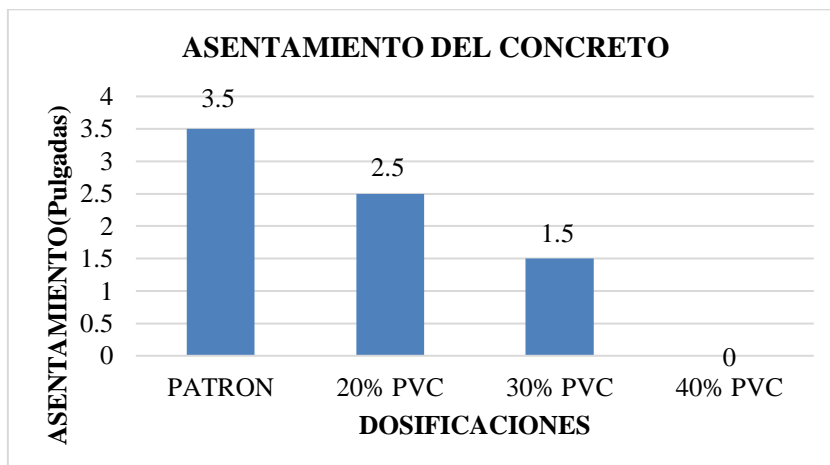
Ensayo de asentamiento

Luego de realizar el asentamiento o slump del concreto con las diferentes dosificaciones se obtuvo los siguientes resultados, notándose un comportamiento al sustituir el agregado fino por PVC triturado dado que a mayor cantidad de sustitución el concreto se vuelve mucho menos trabajable a nivel en donde la sustitución de agregado fino por PVC triturado en un 40% nos genera un asentamiento de 0”.

Tabla 37: Asentamiento de las dosificaciones elaboradas

DOSIFICACIÓN	SLUMP (pulgadas)
PATRON	3.5
20% PVC	2.5
30% PVC	1.5
40% PVC	0

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Resultado de los asentamientos de las dosificaciones elaboradas

Fuente: Elaboración propia

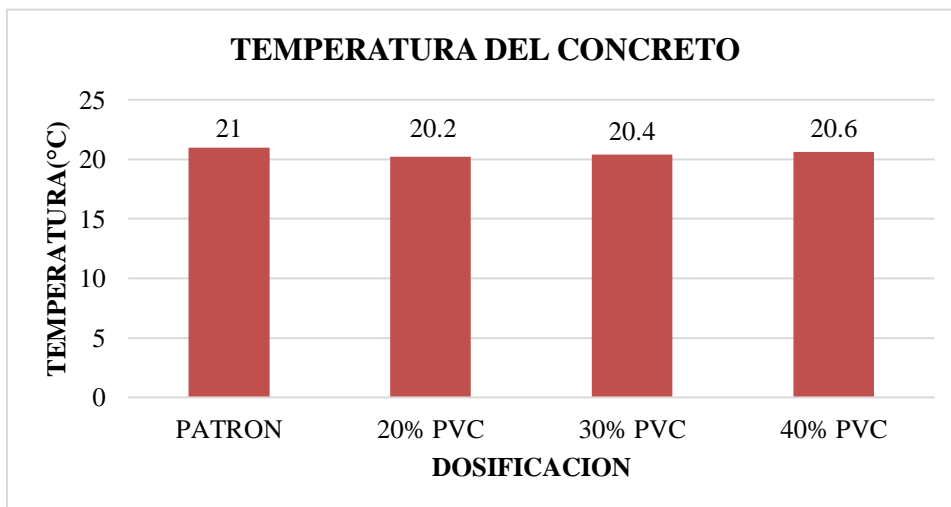
Control de temperatura del concreto en estado fresco

Después de realizar el control de temperatura de todas las dosificaciones de los concretos realizados se pudo observar que al sustituir el agregado fino por PVC triturado la temperatura disminuye comparándola con el concreto patrón realizado.

Tabla 38: Temperatura de las diferentes dosificaciones del concreto

DOSIFICACIÓN	TEMPERATURA (°C)
PATRON	21.0
20% PVC	20.2
30% PVC	20.4
40% PVC	20.6

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Resultado de la temperatura del concreto de las diferentes dosificaciones.

Fuente: Elaboración propia

Peso Unitario del concreto

Se realizó el ensayo de peso Unitario al concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en peso en porcentajes de 20%,30% y 40% y el comparativo con el concreto patrón.

Tabla 39: Resultado del peso unitario de los concretos elaborados en estado fresco

DOSIFICACIÓN	PESO DEL CONCRETO + PESO DEL MOLDE (Kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (Kg/m ³)	PESO UNITARIO TEÓRICO (Kg/m ³)	VOLUMEN PRODUCIDO (m ³)	FACTOR RENDIMIENTO RELATIVO
PATRON	12.90	2357.4	2362	1.002	1.002
20% PVC	12.45	2267.80	2362	1.042	1.042
30% PVC	12.02	2190.96	2362	1.078	1.078
40% PVC	10.35	1876.46	2362	1.259	1.259

Fuente: Elaboración propia

Resultados de los ensayos del concreto endurecido

Resistencia a la compresión del concreto

Se realizó las probetas para ensayar a los 7,14 y 28 días; de donde se obtuvo los siguientes datos.

Tabla 40: Resultados obtenidos de los ensayos a compresión de las diferentes dosificaciones.

DOSIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	f _c (Kg/m ²)	PROMEDIO f _c (Kg/m ²)	PORCENTAJE DEL f _c DEL DISEÑO(%)
PATRON	15/08/2023	22/08/2023	7	39530	15	223.69	225.45	107.36
PATRON	15/08/2023	22/08/2023	7	40150	15	227.20		
PATRON	15/08/2023	29/08/2023	14	46890	15	265.34	270.32	128.73
PATRON	15/08/2023	29/08/2023	14	48650	15	275.30		
PATRON	15/08/2023	12/09/2023	28	56980	15	322.44	324.82	154.68
PATRON	15/08/2023	12/09/2023	28	57820	15	327.19		
20% PVC	17/08/2023	24/08/2023	7	38680	15	218.88	221.63	105.54
20% PVC	17/08/2023	24/08/2023	7	39650	15	224.37		
20% PVC	17/08/2023	31/08/2023	14	46850	15	265.12	268.23	127.73
20% PVC	17/08/2023	31/08/2023	14	47950	15	271.34		
20% PVC	17/08/2023	14/09/2023	28	56980	15	322.44	325.27	154.89
20% PVC	17/08/2023	14/09/2023	28	57980	15	328.10		
30% PVC	19/08/2023	26/08/2023	7	34570	15	195.63	202.19	96.28
30% PVC	19/08/2023	26/08/2023	7	36890	15	208.75		
30% PVC	19/08/2023	02/09/2023	14	41450	15	234.56	232.41	110.67
30% PVC	19/08/2023	02/09/2023	14	40690	15	230.26		
30% PVC	19/08/2023	16/09/2023	28	52460	15	296.86	299.75	142.74
30% PVC	19/08/2023	16/09/2023	28	53480	15	302.63		
40% PVC	19/08/2023	26/08/2023	7	29450	15	166.65	171.72	81.77
40% PVC	19/08/2023	26/08/2023	7	31240	15	176.78		
40% PVC	19/08/2023	02/09/2023	14	42460	15	240.27	243.41	115.91
40% PVC	19/08/2023	02/09/2023	14	43570	15	246.56		
40% PVC	19/08/2023	16/09/2023	28	48960	15	277.06	279.01	132.86
40% PVC	19/08/2023	16/09/2023	28	49650	15	280.96		

Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión a los 7 días

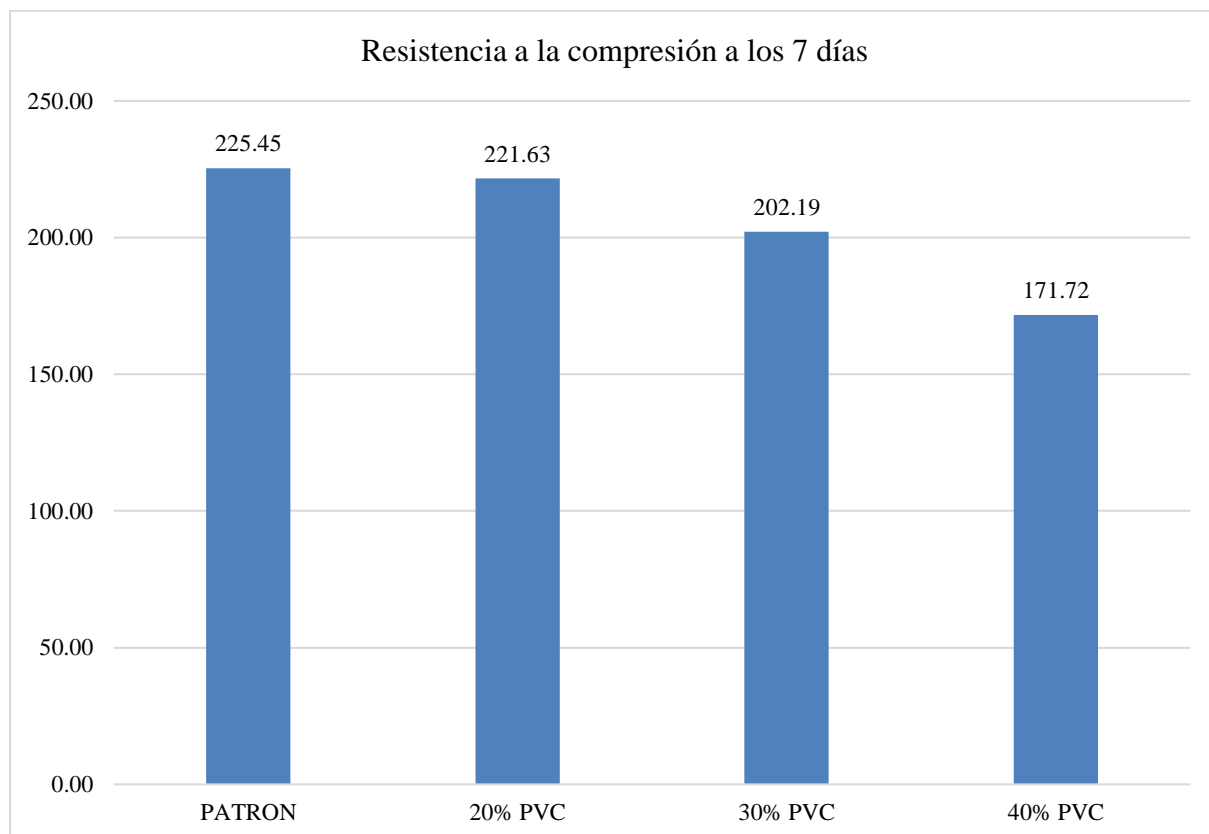
Tabla 41: Resultados obtenidos de los ensayos a compresión a la edad de 7 días de las diferentes dosificaciones.

7 DÍAS		
DOSIFICACIÓN	PROMEDIO f'_c (Kg/m ²)	PORCENTAJE DEL f'_c DEL DISEÑO (%)
PATRON	225.45	107.36
20% PVC	221.63	105.54
30% PVC	202.19	96.28
40% PVC	171.72	81.77

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que se alcanzó una resistencia inicial alta, debido a que se utilizó un cemento Portland Tipo I; logrando alcanzar el concreto patrón el 107.39 % de la resistencia de diseño. También se observa que las dosificaciones que sustituyen el agregado fino por PVC triturado disminuyen la resistencia inicial.

Gráfico 3: Resultados obtenidos de los ensayos a compresión a la edad de 7 días de las diferentes dosificaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la compresión a los 14 días

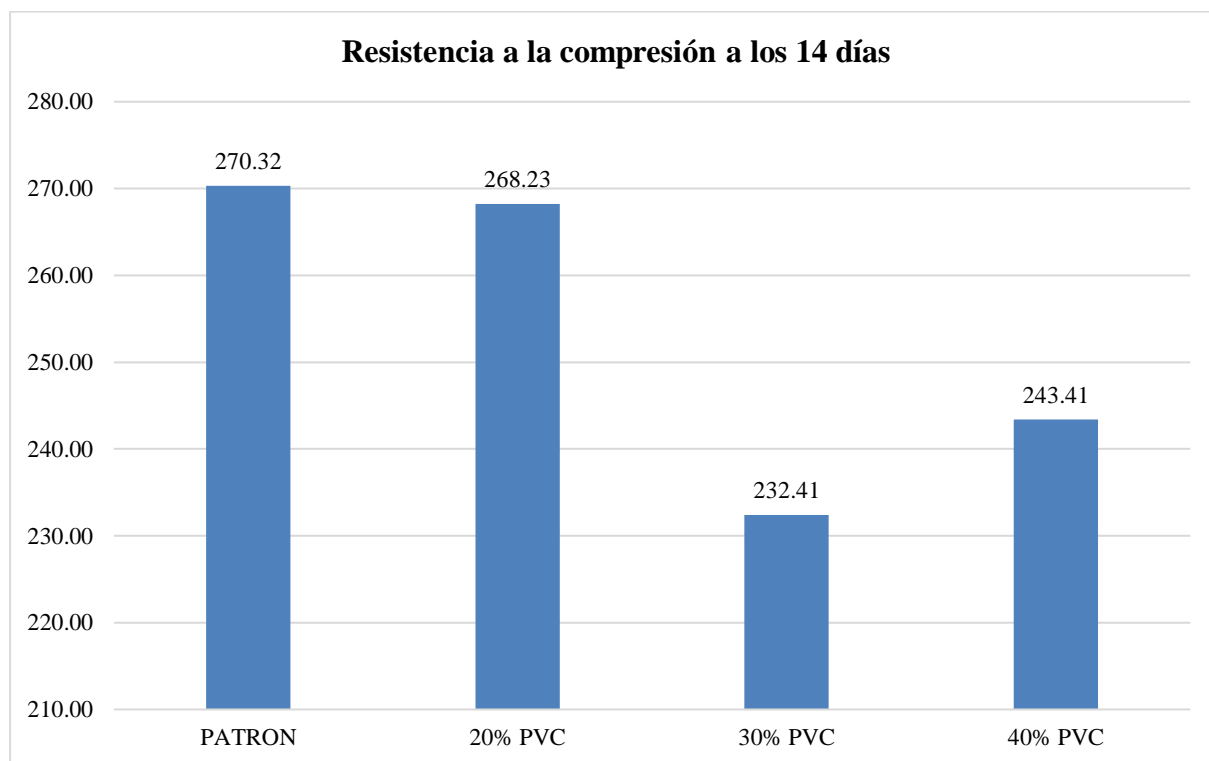
Tabla 42: Resultados obtenidos de los ensayos a compresión a la edad de 14 días de las diferentes dosificaciones.

14 DÍAS		
DOSIFICACIÓN	PROMEDIO f'_c (Kg/m ²)	PORCENTAJE DEL f'_c DEL DISEÑO (%)
PATRON	270.32	128.73
20% PVC	268.23	127.73
30% PVC	232.41	110.67
40% PVC	243.41	115.91

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede apreciar que las dosificaciones de concreto que se sustituye el agregado fino por PVC triturado en porcentajes de 20% y 30% alcanzan el 127.73% y 110.67% de la resistencia de diseño; por otro lado, la dosificación de 40% de PVC también supera la resistencia del concreto con 30% de PVC a los 14 días en casi 5%, y también el concreto patrón superó la resistencia de diseño en un 28.73%.

Gráfico 4: Resultados obtenidos de los ensayos a compresión a la edad de 7 días de las diferentes dosificaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la compresión a los 28 días

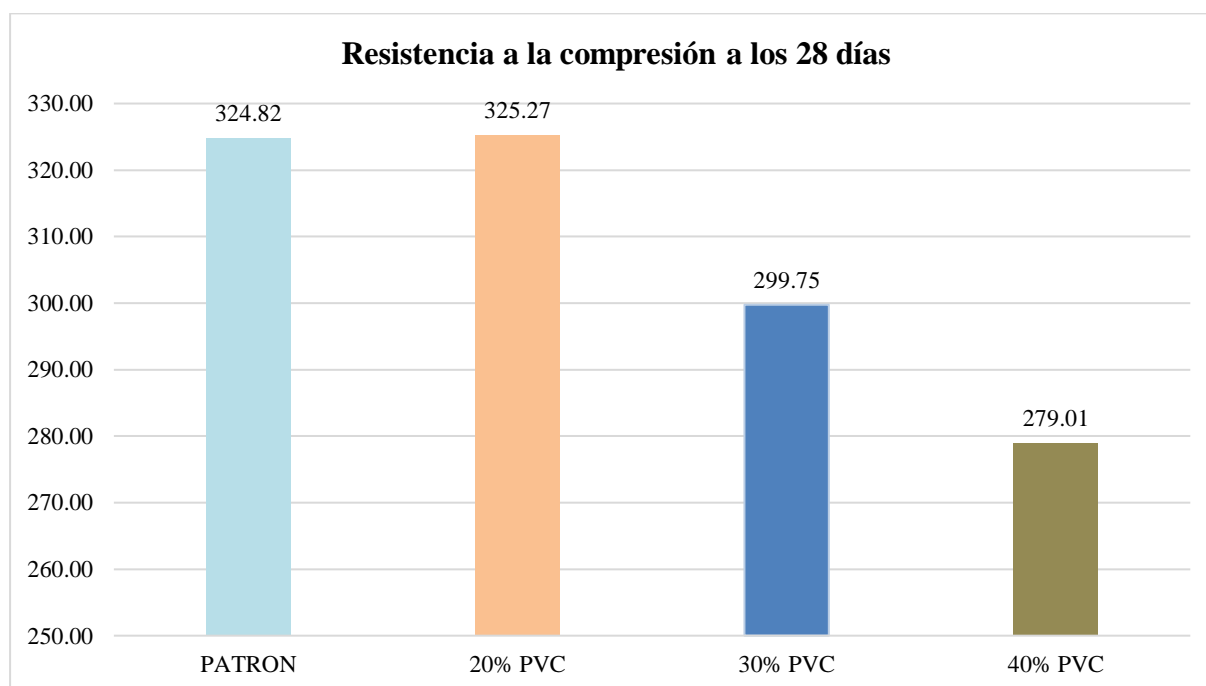
Tabla 43: Resultados obtenidos de los ensayos a compresión a la edad de 28 días de las diferentes dosificaciones.

28 DÍAS		
DOSIFICACIÓN	PROMEDIO f'c(Kg/m ²)	PORCENTAJE DEL f'c DEL DISEÑO (%)
PATRON	324.82	154.68
20% PVC	325.27	154.89
30% PVC	299.75	142.74
40% PVC	279.01	132.86

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar los resultados finales de la resistencia a la compresión a la edad de 28 días en donde según el diseño realizado a esta edad se debe alcanzar la resistencia de diseño. La dosificación que sustituye el agregado fino por PVC triturado en 20% supera la resistencia de diseño en aproximadamente 2%, también la dosificación que sustituye el agregado fino por PVC triturado en 30% quedo al límite de alcanzar la resistencia de diseño y la dosificación con 40% de PVC se quedó mermada en un 27%.

Gráfico 5: Resultados obtenidos de los ensayos a compresión a la edad de 28 días de las diferentes dosificaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la flexión del concreto

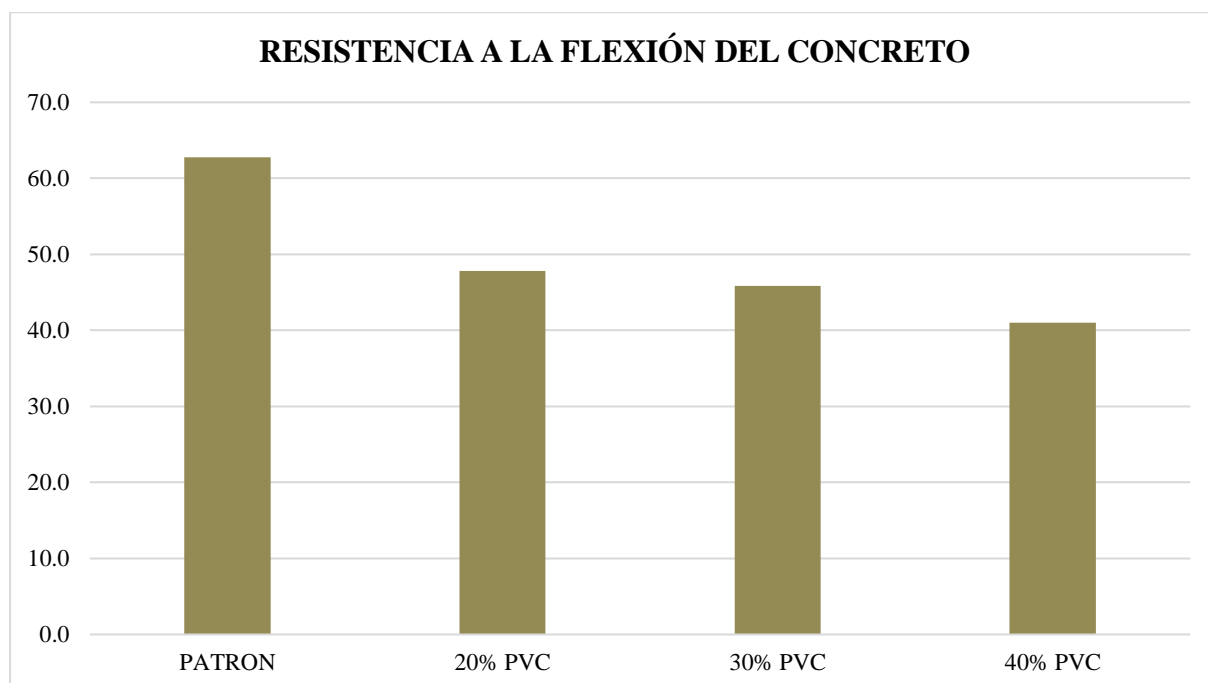
Se realizó los ensayos de resistencia a flexión del concreto en las diferentes dosificaciones.

Tabla 44: Resultados obtenidos de los ensayos a flexión de las diferentes dosificaciones.

DOSIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA (kg)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	LUZ (cm)	MODULO DE ROTURA(Kg/m ²)	
PATRON	28/09/2022	26/10/2022	28	4260	15.5	15.1	50	60.27	62.7
PATRON	28/09/2022	26/10/2022	28	4550	15.3	15.1	50	65.21	
20% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3610	15.4	15.9	50	46.36	47.8
20% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3530	15.1	15.4	50	49.29	
30% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3330	15.1	15.3	50	47.10	45.9
30% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3280	15.1	15.6	50	44.63	
40% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	2970	15.1	15.5	50	40.93	41.0
40% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	2870	15.1	15.2	50	41.13	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6: Resultados obtenidos de los ensayos a flexión de las diferentes dosificaciones.



Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en el gráfico anterior la mejor sustitución del agregado fino por PVC triturado es el porcentaje de 20%

Resistencia a la tracción del concreto

Se realizó los ensayos de resistencia a la tracción del concreto a la edad de 28 días en las diferentes dosificaciones.

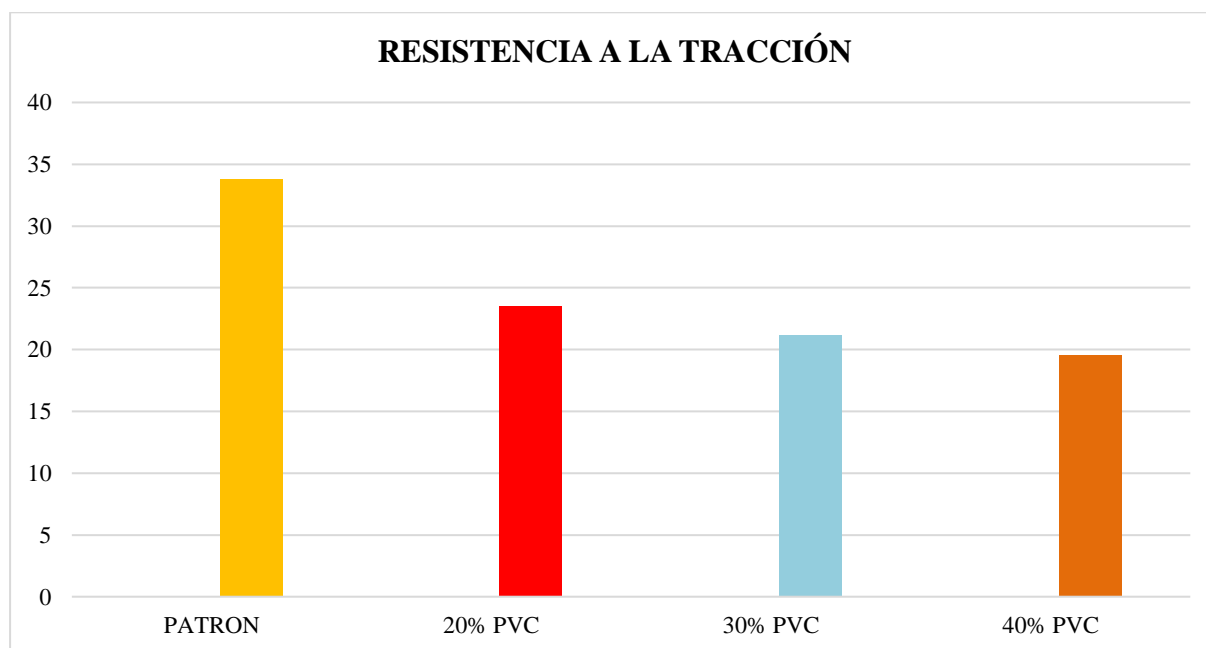
Tabla 45: Resultados obtenidos de los ensayos a tracción de las diferentes dosificaciones.

DOSIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA (kg)	L (cm)	D (cm)	MODULO DE ROTURA(Kg/m ²)	
PATRON	15/08/2023	12/09/2023	28.00	24350	30	15	34.45	33.8
PATRON	15/08/2023	12/09/2023	28.00	23100	30	15	32.68	
PATRON	15/08/2023	12/09/2023	28.00	24130	30	15	34.14	
20% PVC	15/08/2023	12/09/2023	28.00	16320	30	15	23.09	23.5
20% PVC	15/08/2023	12/09/2023	28.00	17250	30	15	24.40	
20% PVC	15/08/2023	12/09/2023	28.00	16350	30	15	23.13	
30% PVC	15/08/2023	12/09/2023	28.00	15050	30	15	21.29	21.2
30% PVC	15/08/2023	12/09/2023	28.00	14700	30	15	20.80	
30% PVC	15/08/2023	12/09/2023	28.00	15120	30	15	21.39	
40% PVC	15/08/2023	12/09/2023	28.00	13500	30	15	19.10	19.5
40% PVC	15/08/2023	12/09/2023	28.00	13730	30	15	19.42	
40% PVC	15/08/2023	12/09/2023	28.00	14150	30	15	20.02	

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla anterior la resistencia a la tracción tiende a disminuir con respecto al concreto patrón de acuerdo va aumentando los porcentajes de PVC triturado.

Gráfico 7: Resultados obtenidos de los ensayos a tracción de las diferentes dosificaciones.

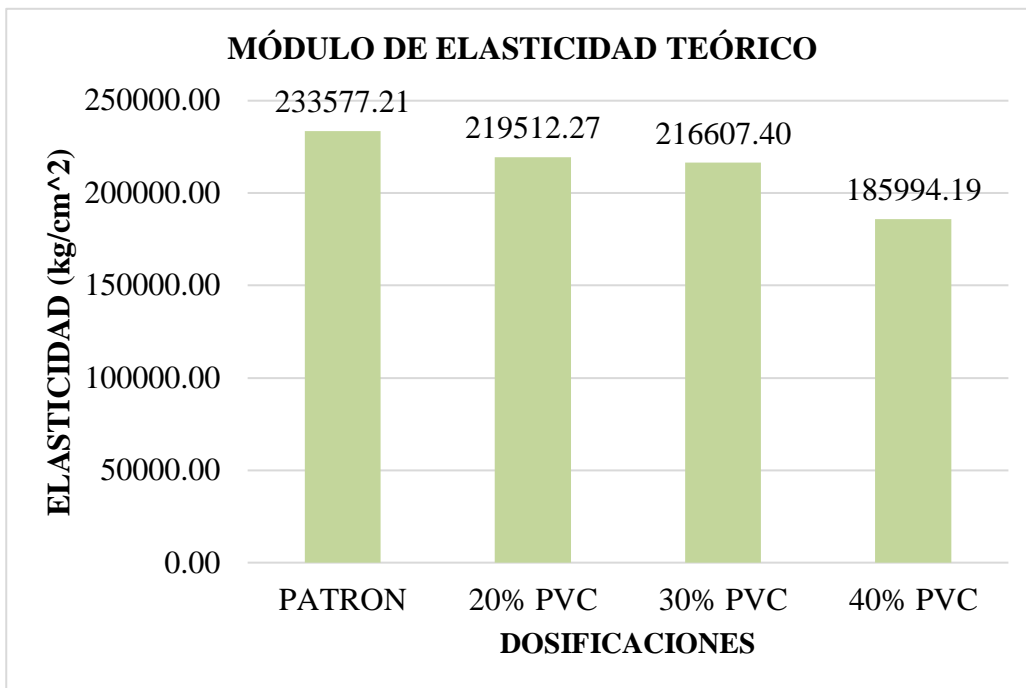


Fuente: Elaboración propia

Obtención del módulo de la elasticidad teórico

El módulo de elasticidad teórico se obtuvo mediante la fórmula establecida en el ACI 318-2014; donde se obtuvo que a mayor sustitución de agregado fino por PVC triturado el módulo de elasticidad del concreto va disminuyendo.

Gráfico 8: Módulo de elasticidad teórico de las diferentes dosificaciones.

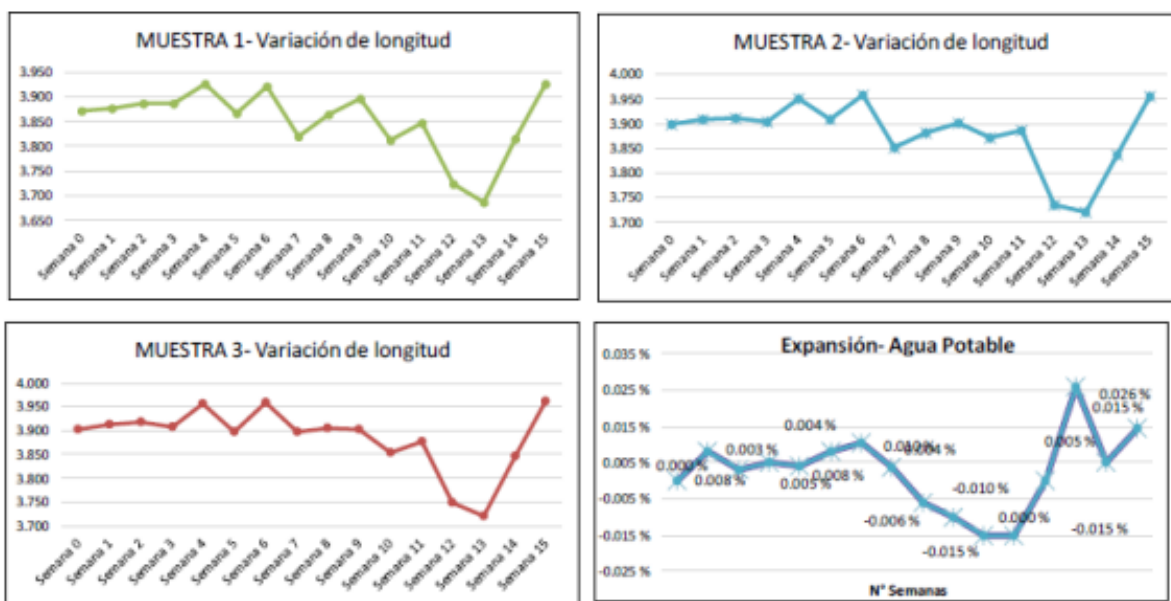


Fuente: Elaboración propia

Durabilidad por soluciones sulfatadas de magnesio

MUESTRA PATRÓN

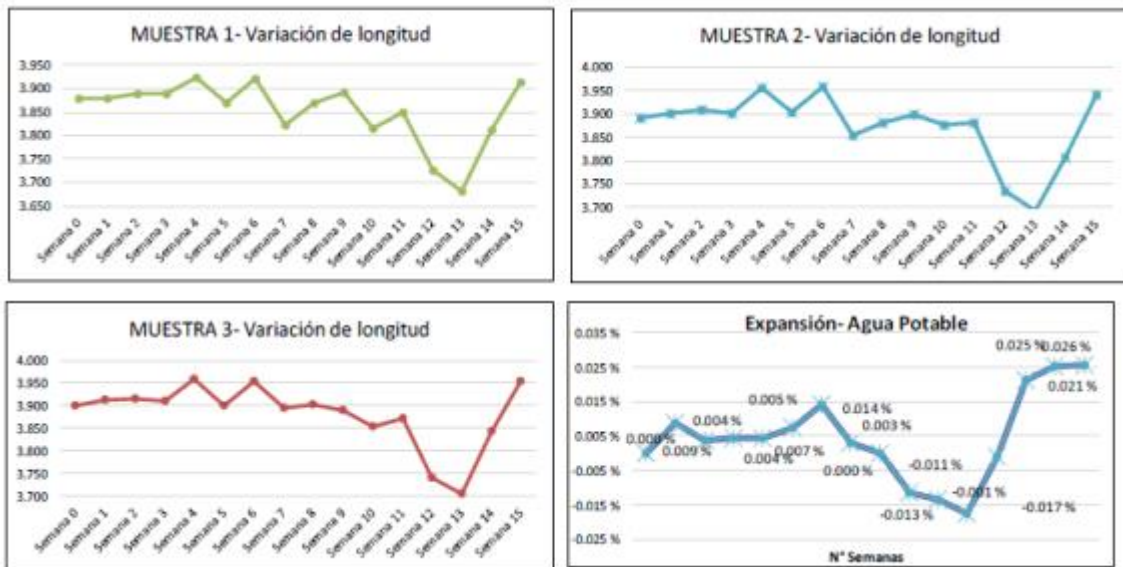
Figura 38: Resultados de análisis de durabilidad por soluciones sulfatadas – Muestra Patrón



Fuente: L.E.M. AMAZING S.A.C.

MUESTRA 20% PVC

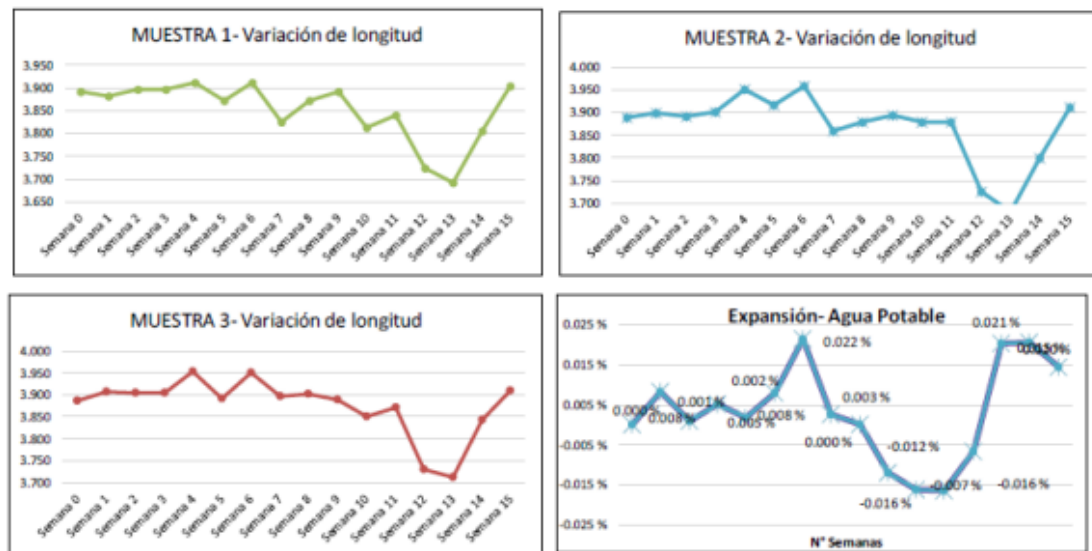
Figura 39: Resultados de análisis de durabilidad por soluciones sulfatadas-Muestra 20% PVC



Fuente: L.E.M. AMAZING S.A.C.

MUESTRA 30% PVC

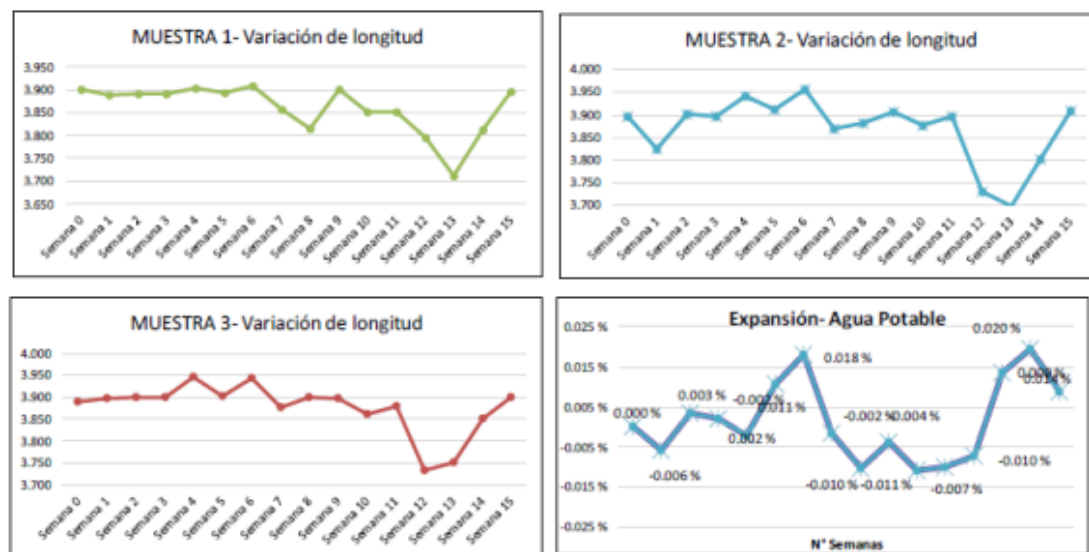
Figura 40: Resultados de análisis de durabilidad por soluciones sulfatadas-Muestra 30% PVC



Fuente: L.E.M. AMAZING S.A.C.

MUESTRA 40% PVC

Figura 41: Resultados de análisis de durabilidad por soluciones sulfatadas-Muestra 40% PVC



Fuente: L.E.M. AMAZING S.A.C.

En primer lugar, de los gráficos anteriores, podemos notar que la variación de la longitud de la viga en análisis para el ensayo de durabilidad se encuentra entre -0.025% y 0.035% para la muestra patrón y la muestra 20%PVC siendo sus valores máximos 0.026% de expansión para ambos. En cuanto a las muestras 30%PVC y 40%PVC el rango escala entre -0.025% y 0.025%, con valores de 0.022% y 0.018%, respectivamente. Según la NTP 334.094 nos refiere rangos de 0.04% a 0.07%, por lo cual podemos decir que nuestro concreto presenta durabilidad a los sulfatos.

Rentabilidad económica

Se realizó la rentabilidad económica de acuerdo a la cantidad de materiales por metro cubico obtenido en el diseño de mezcla. Para este análisis solo se considerará la muestra de 20% de sustitución de PVC ya que fue la única que superó la resistencia a la compresión de diseño.

Rentabilidad económica del concreto patrón

COSTO UNITARIO DE CONCRETO $f'c=210$ kg/cm² EN COLUMNAS (Muestra patrón)

Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Rdmtó:	Unidad:	Total S/
				20.00 m ³ /día	m ³	
				P. Unit.	Subtotal	
Mano de obra						
Operario	1	hh	0.400	26.22	10.49	
Oficial	1	hh	0.400	20.60	8.24	
Peón	4	hh	1.600	18.65	29.84	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.306	25.42	262.01	

Agregado fino natural		m3	0.462	46.61	21.53
Agregado grueso natural		m3	0.648	63.56	41.21
PVC triturado		m3	0.000	90.00	0.00
Agua		m3	0.237	5.00	1.19
Gasolina		gal	0.480	19.31	9.27
Equipo					
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3	1	hm	0.400	11.94	4.78
Vibrador de concreto 4HP 1.25"	1	hm	0.400	7.47	2.99
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	48.57	1.46
					392.99
COSTO DIRECTO:					392.99

El costo total de 1 m³ del concreto patrón es de 392.99 soles.

Rentabilidad económica del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en un 20%.

COSTO UNITARIO DE CONCRETO f'c=210 kg/cm² EN COLUMNAS (20%PVC triturado)

Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Rdmto:	Unidad:	Total S/
				20.00 m3/día	m3	
				P. Unit.	Subtotal	
Mano de obra						
Operario	1	hh	0.400	26.22	10.49	
Oficial	1	hh	0.400	20.60	8.24	
Peón	5	hh	1.600	18.65	37.30	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.306	25.42	262.01	
Agregado fino natural		m3	0.370	46.61	17.22	
Agregado grueso natural		m3	0.648	63.56	41.21	
PVC triturado		m3	0.092	90.00	8.32	
Agua		m3	0.237	5.00	1.19	
Gasolina		gal	0.480	19.31	9.27	
Equipo						
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3	1	hm	0.400	11.94	4.78	
Vibrador de concreto 4HP 1.25"	1	hm	0.400	7.47	2.99	
Trituradora PVC	1	hm	0.400	25.00	10.00	
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	48.57	1.46	
						414.48
COSTO DIRECTO:					414.48	

El costo total de 1 m³ del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en 20% es de 414.48 soles.

Según los análisis de costos unitarios efectuados, podemos notar que la sustitución del 20% de PVC triturado por agregado fino implica un aumento en el precio del concreto por m³ en S/21.49, lo que significa un incremento de 5.47 % respecto al concreto patrón.

Rentabilidad económica del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en un 30%.

COSTO UNITARIO DE CONCRETO $f'c=210$ kg/cm² EN COLUMNAS (20%PVC triturado)

Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Rdmtto: 20.00 m3/día		Unidad:	m3
			Cantidad	P. Unit.		
Mano de obra						
Operario	1	hh	0.400	26.22	10.49	
Oficial	1	hh	0.400	20.60	8.24	
Peón	5	hh	2.000	18.65	37.30	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.306	25.42	262.01	
Agregado fino natural		m3	0.323	46.61	15.07	
Agregado grueso natural		m3	0.648	63.56	41.21	
PVC triturado		m3	0.139	90.00	12.50	
Agua		m3	0.237	5.00	1.19	
Gasolina		gal	0.480	19.31	9.27	
Equipo						
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3	1	hm	0.400	11.94	4.78	
Vibrador de concreto 4HP 1.25"	1	hm	0.400	7.47	2.99	
Trituradora PVC	1	hm	0.400	25.00	10.00	
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	48.57	1.46	
						416.51
COSTO DIRECTO:						416.51

El costo total de 1 m³ del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en 30% es de 416.51 soles.

Según los análisis de costos unitarios efectuados, podemos notar que la sustitución del 30% de PVC triturado por agregado fino implica un aumento en el precio del concreto por m³ en S/23.52, lo que significa un incremento de 5.98 % respecto al concreto patrón.

Rentabilidad económica del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en un 40%.

COSTO UNITARIO DE CONCRETO $f'c=210$ kg/cm² EN COLUMNAS (20%PVC triturado)

Descripción del recurso	Cuadrilla	Unidad	Rdmtto: 20.00 m3/día		Unidad:	m3
			Cantidad	P. Unit.		
Mano de obra						
Operario	1	hh	0.400	26.22	10.49	
Oficial	1	hh	0.400	20.60	8.24	
Peón	5	hh	2.000	18.65	37.30	
Materiales						
Cemento Portland Tipo I		bls	10.306	25.42	262.01	
Agregado fino natural		m3	0.277	46.61	12.92	

Agregado grueso natural		m3	0.648	63.56	41.21
PVC triturado		m3	0.185	90.00	16.32
Agua		m3	0.237	5.00	1.19
Gasolina		gal	0.480	19.31	9.27
Equipo					
Mezcladora de concreto de 18HP 11-12p3	1	hm	0.400	11.94	4.78
Vibrador de concreto 4HP 1.25"	1	hm	0.400	7.47	2.99
Trituradora PVC	1	hm	0.400	25.00	10.00
Desgaste de herramientas		%MO	0.030	48.57	1.46

418.18

COSTO DIRECTO: 418.18

El costo total de 1 m3 del concreto sustituyendo el agregado fino por PVC triturado en 40% es de 418.18 soles.

Según los análisis de costos unitarios efectuados, podemos notar que la sustitución del 40% de PVC triturado por agregado fino implica un aumento en el precio del concreto por m3 en S/25.19, lo que significa un incremento de 6.41 % respecto al concreto patrón.

Discusión

En la presente sección se muestra el análisis de los resultados obtenidos en la investigación, así como la comparación con los trabajos científicos realizados por otros autores.

Análisis de los agregados naturales

La granulometría del agregado fino se hizo siguiendo los parámetros dictaminados por la N.T.P. 400.12 [24], la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites dictados por la normativa ya mencionada. El módulo de fineza es de 2.714 (Ver anexo N°10), el cual podemos calcular realizando la sumatoria de los pesos retenidos acumulados delimitados por la malla 3/8; 4; 8; 16; 30; 50 y 100; divididos entre 100.

La granulometría del agregado grueso (piedra chancada) se encuentra dentro de los límites mencionados por la norma, en la Fig.36 se aprecia que la gradación del árido grueso usado en esta investigación se encuentra en la parte apenas superior de los límites, es por ello que se puede deducir que apenas cumple.

El peso específico del agregado fino es de 2.594 g/cm³ (valor detallado en la Tabla 16), por lo cual es un peso específico normal ya que está entre los valores de 2.500 y 2.750 g/cm³.

Según los resultados el agregado fino cuenta con un contenido de humedad de 1.18% y un porcentaje de absorción del 0.94%, material optimo pues tiene una absorción menor a 5%. El peso específico del agregado grueso es de 2.717 g/cm³ (valor detallado en la Tabla 17), por lo cual es un peso específico normal ya que es mayor al valore de 2.500 g/cm³.

Según los resultados el agregado grueso cuenta con un contenido de humedad de 0.28% y un porcentaje de absorción del 0.70%, material optimo pues tiene una absorción menor a 3%.

El agregado fino cuenta con un peso unitario suelto igual a 1585 kg/m³, este valor al encontrarse dentro del rango de 1400 – 1600 kg/m³, entonces se considera correcto para un agregado normal. Este material también cuenta un peso unitario compactado igual a 1816 kg/m³, valor el cual se aproxima al rango de 1500 – 1700 kg/m³ que es considerado correcto para un agregado normal, se considera aceptable.

El agregado grueso cuenta con un peso unitario suelto igual a 1473.00 kg/m³, este valor se considera aceptable para el uso de este material. Este material también cuenta un peso unitario compactado igual a 1597.00 kg/m³, valor dentro del rango de 1500 – 1700 kg/m³ el cual es considerado óptimo para un agregado normal, entonces es aceptable.

Análisis de los Agregados PVC

La curva granulométrica del PVC la podemos identificar en la Fig. N°37, notamos que su granulometría está muy próxima a los lineamientos establecidos por la Norma Técnica Peruana 400.12, ítem 3.3.3.b, por lo tanto, se consideró al agregado como reemplazo al agregado fino, también porque se desarrollará un mejor estudio pues al estar reemplazando a un agregado se puede realizar una comparación más adecuada, ya que se trabaja bajo condiciones iguales para todos los casos.

El peso específico del PVC es de 1.144 g/cm³, valor cercano a lo que menciona Polyvinyl Chloride respecto a las propiedades mecánicas del PVC.

En cuanto a las propiedades físicas del PVC triturado, en comparación con otros autores, percibimos que los datos de muestra investigación, son menores tanto en peso específico de masa como peso unitario suelto. Esto conlleva a la presencia de un mayor volumen de nuestro material reciclado al reemplazarlo en peso por agregado fino.

Tabla 46: Comparación del PVC con otros autores.

Propiedades físicas del PVC triturado	Mi investigación	Investigación		
		[19]	[20]	[24]
Peso específico de masa (gr/cm³)	1.144	1.62	3.15	
Peso unitario suelto (kg/m³)	568.00			973.57

Además, el módulo de fineza obtenido es 3.107, el cual se encuentra ligeramente encima del límite superior del rango de valores presentados por la NTP 400.037 (2.3 a 3.10). En este sentido, vemos que puede aceptarse ya que no se encuentra muy alejado del rango superior.

Propiedades del concreto en estado fresco

Ahora, el peso unitario del concreto en estado fresco es inversamente proporcional a porcentaje de reemplazo del PVC triturado en ambas investigaciones.

Tabla 47: Comparación del PVC con otros autores para diversas dosificaciones.

Propiedades del concreto en estado fresco-Peso unitario	Mi investigación (kg/m ³)	Investigación (kg/m ³)
		[24]
Patrón	2357.40	2337.37
20%PVC	2267.80	
25%PVC	-	2001.29
30%PVC	2190.96	

Propiedades mecánicas del concreto

Respecto a las propiedades mecánicas, con los resultados obtenidos de nuestra investigación podemos notar que la resistencia a la compresión varía de manera inversa con respecto al porcentaje de PVC que se le adiciona a la mezcla tradicional de concreto.

Tabla 48: Resultados de Ensayo Resistencia a la Compresión a los 7, 14, 28 días.

	7 días	14 días	28 días
PATRON	225.45	270.32	324.82
20% PVC	221.63	268.23	325.27
30% PVC	202.19	232.41	299.75
40% PVC	171.72	243.41	279.01

Respecto a la resistencia a la compresión del concreto, podemos ver que tanto en la investigación [24] como en la nuestra esta propiedad del concreto disminuye a medida que se incrementa el reemplazo de PVC triturado en el concreto. Por otro lado, podemos notar que la pérdida de resistencia a la compresión de la investigación [24] es más significativa que nuestro estudio.

Tabla 49: Comparación de resistencias con respecto a [24].

Resistencia a la compresión del concreto	Mi investigación (kg/cm ²)	Investigación (kg/cm ²)
		[24]
Patrón	324.82	335.80
20%PVC	325.27	
25%PVC	-	186.10
30%PVC	299.75	

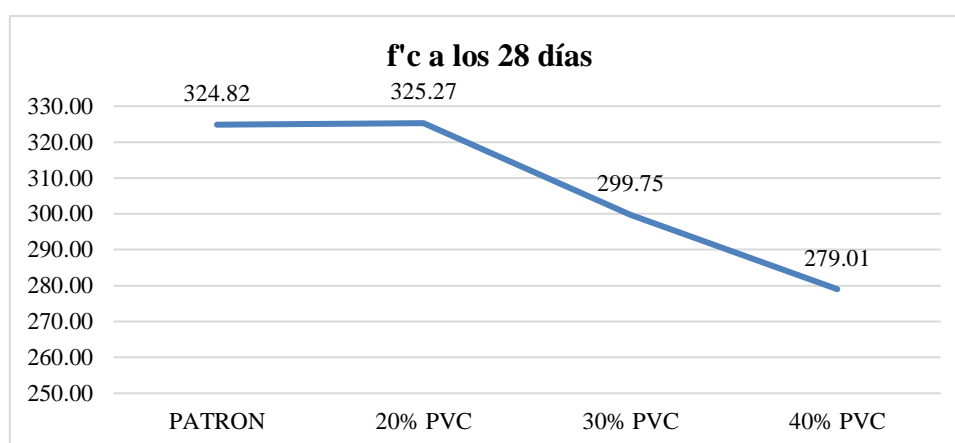
Analizando los valores dados por la resistencia a la compresión realizados, tenemos lo siguiente:

Se rompieron 24 probetas, 6 para la muestra patrón, y 6 para cada una de las dosificaciones realizadas, las cuales son del 20, 30 y 40%.

Los testigos fueron rotos a los 7, 14 y 28 días, dos por cada ensayo.

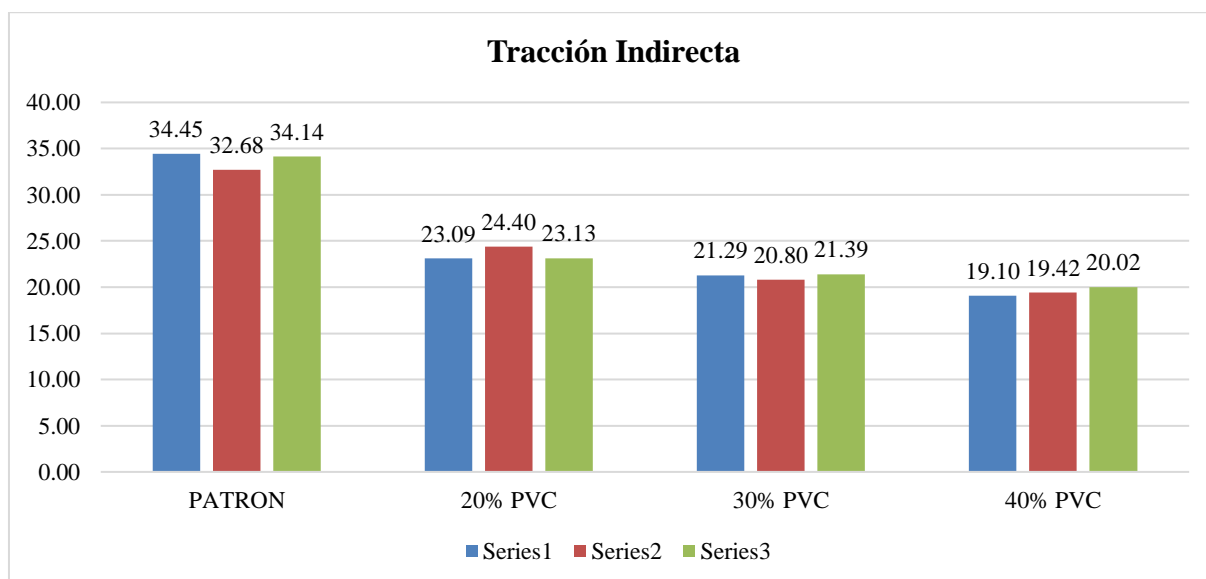
Se muestra que la mayor resistencia a la compresión fue la muestra patrón con un valor de 324.82 kg/cm², seguida de la muestra con el 20 % de PVC con una resistencia de 325.27 kg/cm² y la menos resistencia obtenida fue la que tiene un reemplazo del 40% PVC con una resistencia de 279.01 kg/cm². Con ello podemos concluir que a medida que se le incremente el porcentaje, la resistencia a la compresión disminuye.

Gráfico 9: Resistencia a la compresión a los 28 días.



Respecto al ensayo de tracción que se realizó, podemos denotar que la muestra patrón sigue predominando con respecto a las otras muestras que contienen PVC, podemos apreciar en el siguiente gráfico las resistencias obtenidas en el ensayo realizado, el máximo valor obtenido es de 34.45 kg/cm², alcanzado por la muestra patrón, del mismo modo en menor valor obtenido es de 19.10 kg/cm² obtenidos por la muestra con 40% de PVC.

Gráfico 10: Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral de una probeta cilíndrica.

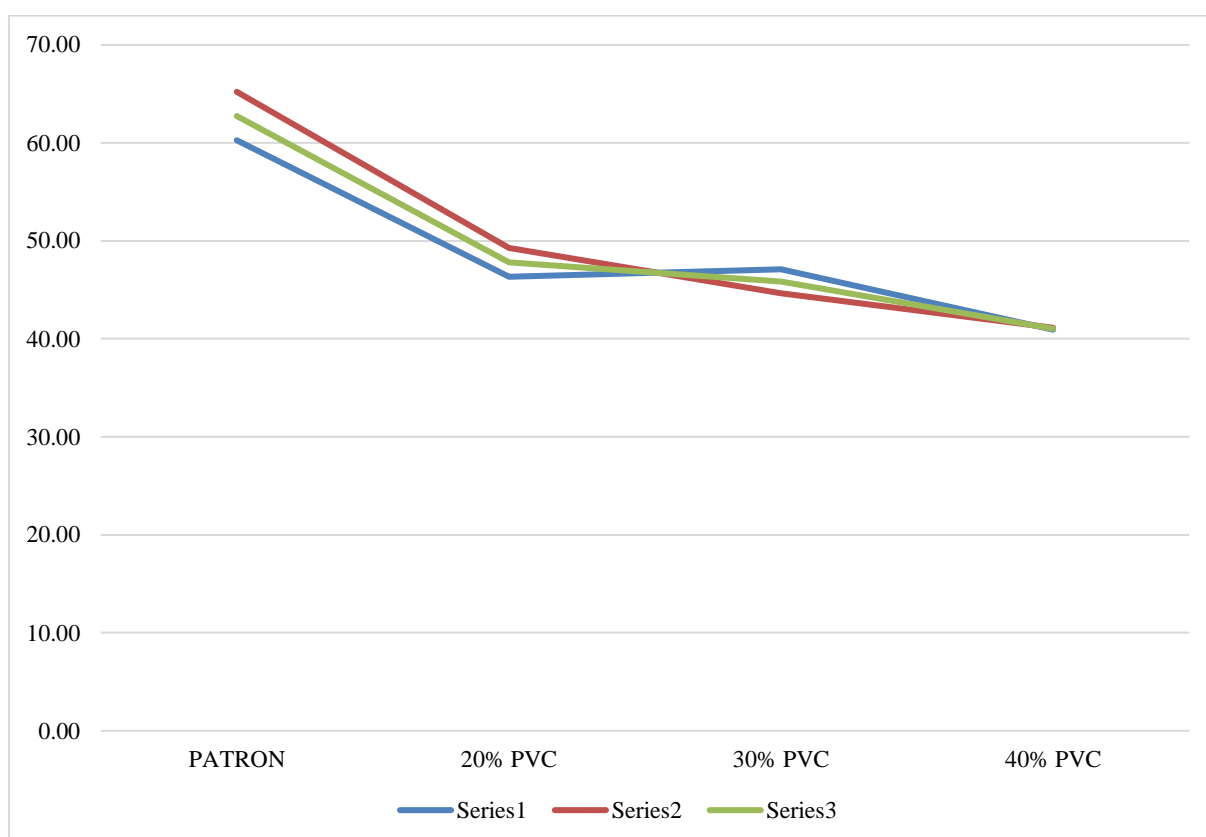


Respecto al ensayo de Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de luz del tramo se obtuvieron los resultados vistos anteriormente, y podemos discutir lo siguiente:

Tabla 50: Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la flexión.

	Promedio	Mayor	Menor
PATRON	62.7	65.21	60.27
20% PVC	47.8	49.29	43.36
30% PVC	45.9	47.10	44.63
40% PVC	41.0	41.13	40.93

Gráfico 11: Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de luz del tramo.



Podemos denotar que la máxima resistencia la obtiene la muestra patrón, seguida de la muestra con 20% de PVC, en este caso tanto la muestra con 20% de PVC, como con 30% de PVC tienen resistencias muy parecidas y que se encuentran dentro de los parámetros de la norma, sin embargo, la que tiene una adición del 40% de PVC decae a casi la mitad de las resistencias obtenidas por las otras muestras siendo esta la más afectada por la adición de PVC triturado.

Fallas en la rotura de Probetas por Compresión


Tabla 51: Fallas obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión – Muestra Patrón.

MUESTRA PATRÓN		
MUESTRA 01		Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25mm de grietas entre capas
MUESTRA 02		Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados
MUESTRA 03		Fractura diagonal sin grietas en la base, se procede a golpear para determinar si es correcta y limpia la falla
MUESTRA 04		Fractura diagonal sin grietas en la base, se procede a golpear para determinar si es correcta y limpia la falla

MUESTRA 05		Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25mm de grietas entre capas
MUESTRA 06		Muestra un cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de capas, pero notamos el cono no bien definido en la otra base





Para 20 % PVC

Tabla 52: Fallas obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión – Muestra 20%PVC.

MUESTRA 20% PVC		
MUESTRA 07		Fractura por aplastamiento en la base, debido a el embonamiento
MUESTRA 08		Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados

<p>MUESTRA 09</p>		<p>Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados</p>
<p>MUESTRA 10</p>		<p>Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados</p>
<p>MUESTRA 11</p>		<p>Fractura en base acentuado debido a las capas de embonado.</p>
<p>MUESTRA 12</p>		<p>Fractura diagonal sin grietas en la base, se procede a golpear para determinar si es correcta y limpia la falla</p>


Para 30 % PVC**Tabla 53:** Fallas obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión – Muestra 30%PVC.





MUESTRA 30% PVC		
MUESTRA 13		Fractura perpendicular a la base, conos no bien formados
MUESTRA 14		Fractura perpendicular a la base, conos no bien formados
MUESTRA 15		Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados
MUESTRA 16		Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados

MUESTRA 17		Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25mm de grietas entre capas
MUESTRA 18		Fractura en base acentuada.

Para 40 % PVC

Tabla 54: Fallas obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión – Muestra 40%PVC.

MUESTRA 40% PVC		
MUESTRA 19		Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados

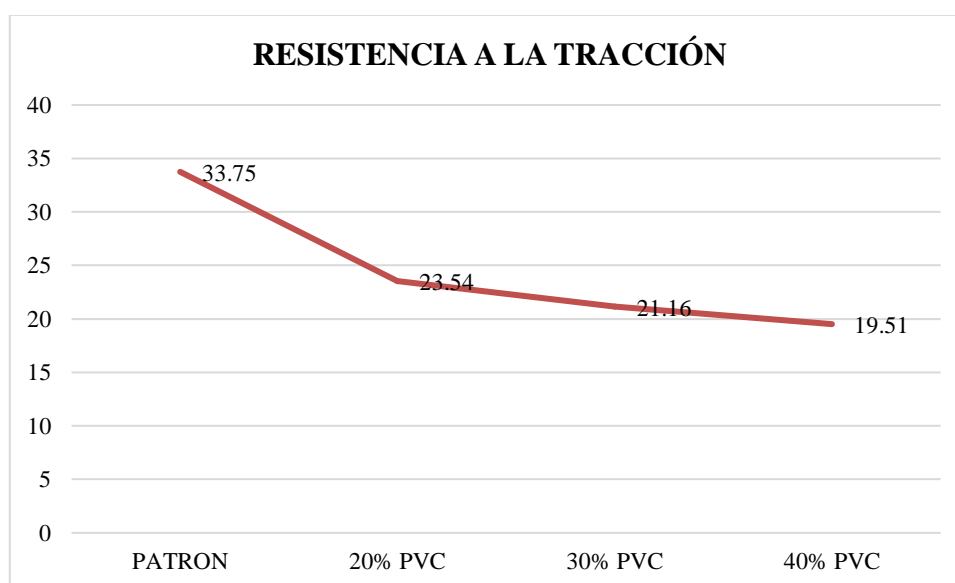
<p>MUESTRA 20</p>		<p>Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados</p>
<p>MUESTRA 21</p>		<p>Fractura en base acentuado debido a las capas de embonado.</p>
<p>MUESTRA 22</p>		<p>Fractura diagonal sin grietas en la base, se procede a golpear para determinar si es correcta y limpia la falla</p>
<p>MUESTRA 23</p>		<p>Fractura por aplastamiento en la base, debido a el embonamiento</p>



Podemos concluir que la mayoría de fallas vistas durante el ensayo de compresión fueron del tipo de fractura diagonal, la cual es una falla buena y bien hecha pues calcula de manera correcta la resistencia ya que se la carga se da de manera efectiva en el centro. Seguidas de las fallas del tipo Grietas verticales.

Respecto al ensayo de Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral de una probeta cilíndrica se realizaron 12 probetas las cuales fueron ensayadas a los 28 días, estas probetas son circulares y tienen una longitud de 30 cm y un diámetro de 15 cm, se obtuvieron los siguientes resultados, Para la muestra patrón el módulo de rotura es de 33.80 kg/cm², con 20 % de reemplazo de PVC el módulo de rotura es de 23.50 kg/cm², con 30 % de reemplazo de PVC el módulo de rotura es de 21.20 kg/cm² y con 40 % de reemplazo de PVC el módulo de rotura es de 19.50 kg/cm².

Gráfico 12: Resistencia a la tracción indirecta.



Conclusiones

- El porcentaje de sustitución de PVC triturado por agregado fino es inversamente a las propiedades mecánicas del concreto tales como resistencia a la compresión, tracción y flexión, siendo significativa su influencia
- Según la granulometría del PVC triturado, se tiene un módulo de fineza de 3.243, que se encuentra ligeramente por encima del límite superior para el agregado fino (2.3 – 3.1); además, presenta un porcentaje de absorción de 0.10%, un peso unitario suelto de 568 kg/m³ y un peso específico de 1.144 gr/cm³.
- La cantidad de materiales por m³ del diseño de mezcla usado como patrón es 438 kg de cemento, 237 L de agua, 732 kg de agregado fino y 955 kg de agregado grueso. En cuanto a la cantidad de materiales por m³ del diseño de mezcla sustituyendo 20% de PVC por agregado fino es 438 kg de cemento, 237 L de agua, 586 kg de agregado fino, 146 kg de PVC triturado y 955 kg de agregado grueso
- En cuanto a la trabajabilidad, según los resultados obtenidos del slump, se puede afirmar que a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución de PVC triturado por agregado fino, la trabajabilidad disminuye. De la misma forma ocurre con la propiedad del peso unitario del concreto.
- La resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de rotura para la muestra patrón, 20%PVC, 30%PVC y 40%PVC, son 327.19 kg/cm², 328.10 kg/cm², 302.63 kg/cm² y 280.96 kg/cm², respectivamente. En este sentido, vemos que esta propiedad mecánica del concreto endurecido disminuye a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución de PVC reciclado por agregado fino.
- La resistencia a la flexión del concreto a los 28 días de rotura para la muestra patrón, 20%PVC, 30%PVC y 40%PVC, son 65.21 kg/cm², 49.29 kg/cm², 47.10 kg/cm² y 40.93 kg/cm², respectivamente. En este sentido, vemos que esta propiedad mecánica del concreto endurecido disminuye a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución de PVC reciclado por agregado fino.
- La resistencia a la tracción del concreto a los 28 días de rotura para la muestra patrón, 20%PVC, 30%PVC y 40%PVC, son 34.45 kg/cm², 24.40 kg/cm², 21.39 kg/cm² y 20.02 kg/cm², respectivamente. En este sentido, vemos que esta propiedad mecánica del concreto endurecido disminuye a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución de PVC reciclado por agregado fino.

- Concluimos que tanto la muestra con 30 y 40 % de PVC no cumplen con la durabilidad requerida por la norma, por lo tanto, además de la muestra patrón, la muestra con adición del 20% de PVC cumplen este ensayo.
- Respecto a la rentabilidad económica de un concreto elaborado con sustitución del 20% de PVC triturado por agregado fino respecto al patrón, vemos que por m³ aumenta en S/21.49 o 5.47%.

Recomendaciones

- Se aconseja tener en cuenta las normas técnicas a la hora de realizar un diseño de mezcla de f_c 210 kg/cm². El apéndice de PVC debe seguir utilizándose en los áridos finos y gruesos para que la categoría de inspección de calidad coincida con las normas para lograr uno o más diseños de hormigón, lo cual es un factor importante para una resistencia adecuada cotizada. Para promediar los resultados, cada ensayo debe realizarse en más de dos testigos
- Se aconseja que, en futuras tesis pertenecientes a nuestra línea de investigación, se estudien y analicen los valores de refuerzo con residuos de PVC de alta calidad. Los ensayos permitirán conocer la adherencia entre la materia prima de los residuos de PVC y otros compuestos de hormigón, con el fin de determinar si la adherencia puede ser una barrera que impida que este tipo de hormigón supere una mayor firmeza.
- Para evitar afectar significativamente a la resistencia del concreto y reducirla por debajo de sus niveles de diseño, se aconseja utilizar un porcentaje (%) inferior al 20% al crear las probetas de concreto. Esto se debe a que la adición de más PVC reciclado provoca una disminución de la resistencia a la compresión. Además, cuando se considere añadir PVC reciclado, es preferible considerar su sustitución por árido grueso o fino. su resistencia a proporciones inferiores a las de su diseño.

Referencia

- [1] GreenFacts, «Extracción de arena, un recurso no renovable,» 30 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://www.greenfacts.org/es/extraccion-arena/index.htm>. [Último acceso: 25 Septiembre 2021].
- [2] Organización de las Naciones Unidas, «NOTICIAS ONU,» 2019. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2019/05/1455611>.
- [3] NATIONAL GEOGRAPHIC, «NATIONAL GEOGRAPHIC EN ESPAÑOL,» 05 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.ngenespanol.com/dato-dia/cuanto-aumenta-poblacion-mundial-ano/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2021].
- [4] Organización de las Naciones Unidas, «La extracción mundial de materiales se triplicó en cuatro décadas y agudiza el cambio climático y la contaminación atmosférica,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.cepal.org/es/comunicados/la-extraccion-mundial-materiales-se-triplico-cuatro-decadas-agudiza-cambio-climatico-la>. [Último acceso: 28 Septiembre 2021].
- [5] Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú: Estimaciones y proyecciones de la Población Nacional, por Año Calendario y Edad Simple, 1950-2050, 2019.
- [6] BCRP, «NOTAS DE ESTUDIO DEL BCRP,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2022/nota-de-estudios-32-2022.pdf>.
- [7] Ministerio de Energía y Minas, «LA INVERSIÓN MINERA SUPERÓ LOS US\$ 5200 MILLONES EN 2021,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2021/BEM12-2021.pdf>.
- [8] Ministerio de Energía y Minas, «INVERSIONES ACUMULAN 9.2% DE INCREMENTO EN EL AÑO,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/VARIABLES/2022/BEM03-2022.pdf>.
- [9] Municipalidad Provincial de Chiclayo, «Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque-2012,» AMBIDES, Chiclayo, 2012.

- [10] D. S. B. K. C. S. Manjunatha, «Influence of PVC waste powder and silica fume on strength and microstructure properties of concrete: An experimental study,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 15, pp. 1-15, Diciembre 2021.
- [11] S.Priyadarshika y M.Rajkannan, «Experimental Investigation on Strength Properties of Concrete by Partial Replacement of Experimental Investigation on Strength Properties of Concrete by Partial Replacement of PVC Powder with Cement and Flyash Powder with Cement and Flyash,» *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, vol. 2, n° 3, pp. 2-10, 2019.
- [12] k. Lalitha y b. Sessaiah, «Experimental study on the performance of concrete with polymer (pvc) as filler material,» *International Journal of Research Sciences and Advanced Engineering*, vol. 2, pp. 74-80, 2017.
- [13] A. Costa Del Pozo, «Estudio de hormigones y morteros aligerados con agregados de plástico reciclado como árido y carga en la mezcla,» Cataluña, 2012.
- [14] J. B. Duran Moreno, «Evaluación del comportamiento de residuo PVC utilizado como reemplazo parcial de agregados en concreto hidráulico,» 2019.
- [15] E. J. Fernández Altamirano, «Evaluación de las proporciones del residuo PVC de tapicería sobre la resistencia a la compresión, flexión, asentamiento y costos en un concreto para pavimento rígido, Trujillo - La Libertad, 2017,» La Libertad, 2017.
- [16] T. E. Harmsen, *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*, Lima, 2002.
- [17] E. Rivva López, *Naturalez y Materiales del Concreto*, Lima, 2000.
- [18] D. Gutierrez, «Noticias 2D,» La importancia del concreto en la construcción: diferencias respecto a hormigón y cemento, 2 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.noticias2d.com/2017/03/02/la-importancia-del-concreto-en-la-construccion-diferencias-respecto-a-hormigon-y-cemento/>.
- [19] Comité Técnico de Normalización de Agregados, «NTP 400.037,» Lima, 2006.
- [20] Reglamento Nacional de Edificaciones, NORMA E.060 CONCRETO ARMADO, Lima, 2009.
- [21] LENNTECH, «LENNTECH,» [En línea]. Available: <https://www.lenntech.es/polyvinyl-chloride-pvc.htm>. [Último acceso: Enero 2023].
- [22] REHAU, «PVC,» [En línea]. Available: <https://www.rehau.com/es-es/que-es-el-pvc>.
- [23] Tamiser, «CARACTERÍSTICAS DEL PVC, BENEFICIOS PARA PROTECCIÓN,»

[En línea]. Available: <http://termiserprotecciones.com/caracteristicas-de-pvc-beneficios-proteccion/>.

[24] INACAL, «N.T.P. 400.12,» Lima, 2016.

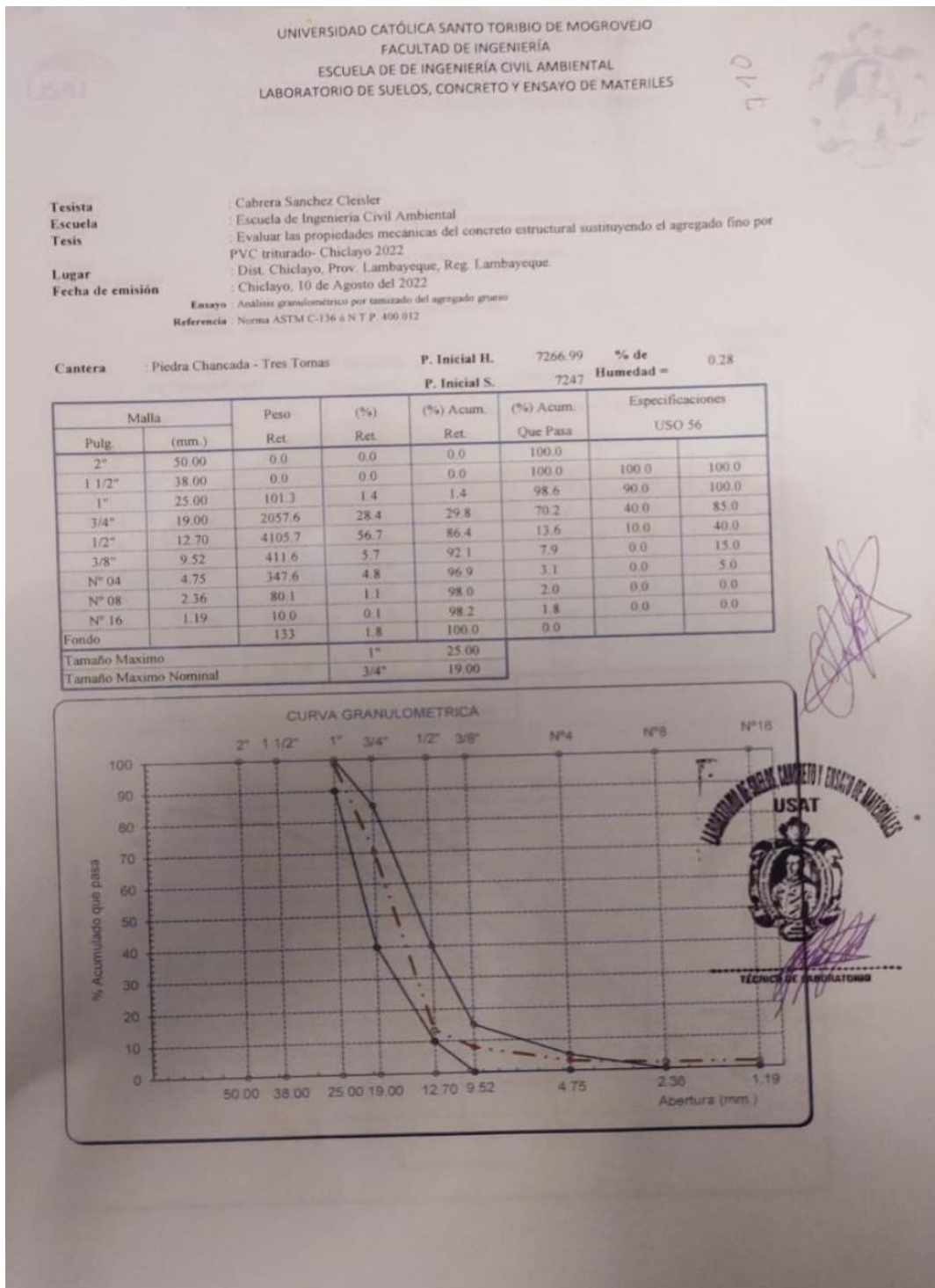
[25] American Concrete Institute , American Concrete Institute.

Anexos

LISTA DE ANEXOS

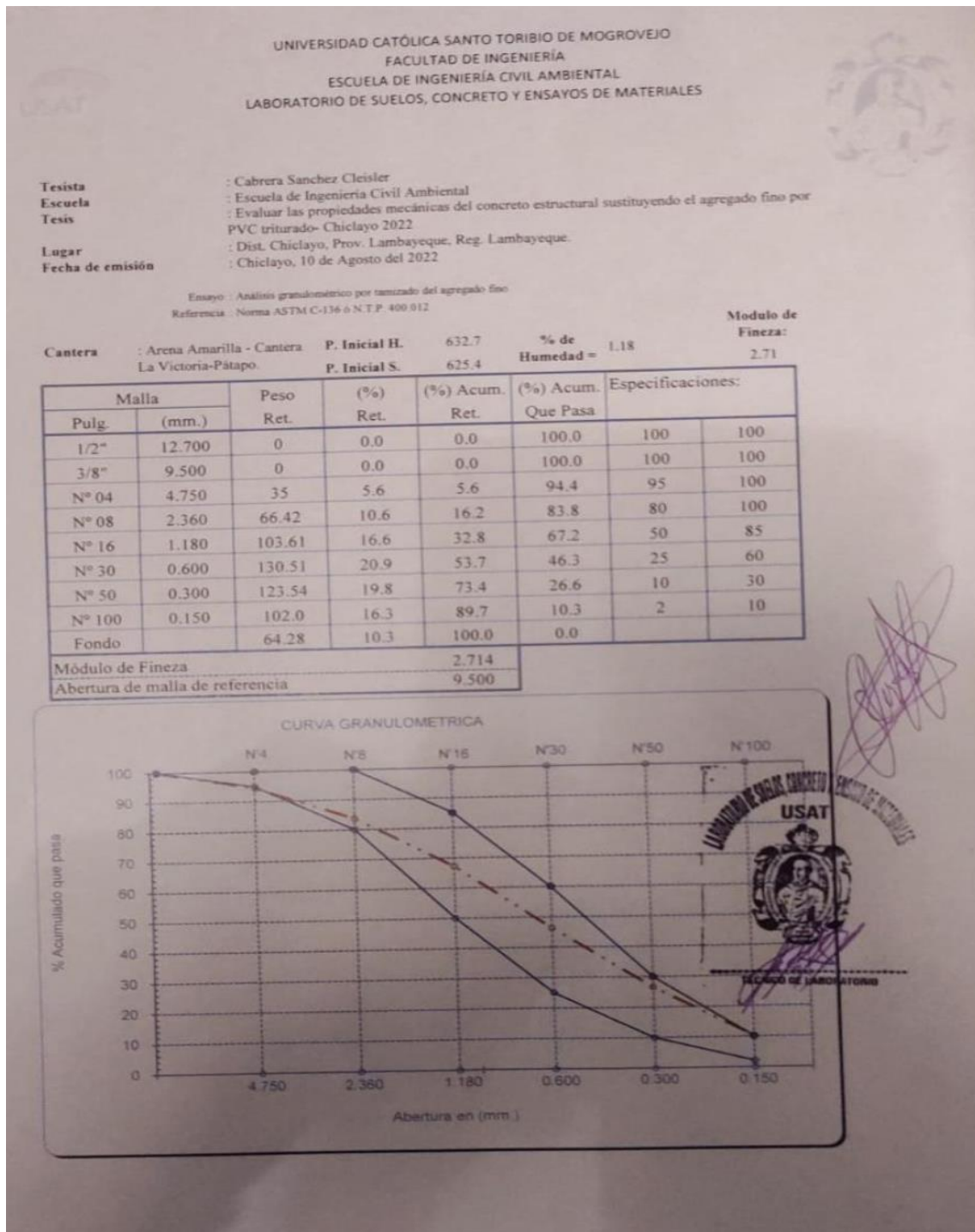
- **ANEXO 1:** Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
- **ANEXO 2:** Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
- **ANEXO 3:** Análisis granulométrico por tamizado del PVC triturado
- **ANEXO 4:** Peso unitario y contenido de humedad del agregado fino
- **ANEXO 5:** Peso unitario y contenido de humedad del agregado grueso
- **ANEXO 6:** Peso específico y absorción de los agregados naturales
- **ANEXO 7:** Contenido de humedad de los agregados naturales
- **ANEXO 8:** Peso específico y absorción del PVC triturado
- **ANEXO 9:** Resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas
- **ANEXO 10:** Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de luz del tramo
- **ANEXO 11:** Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral de una probeta cilíndrica
- **ANEXO 12:** Ficha técnica de Cemento Portland Tipo I
- **ANEXO 13:** Ficha técnica de Cemento Portland Tipo I
- **ANEXO 14:** Composición promedio de los residuos sólidos domiciliarios-Chiclayo

ANEXO 1: Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso



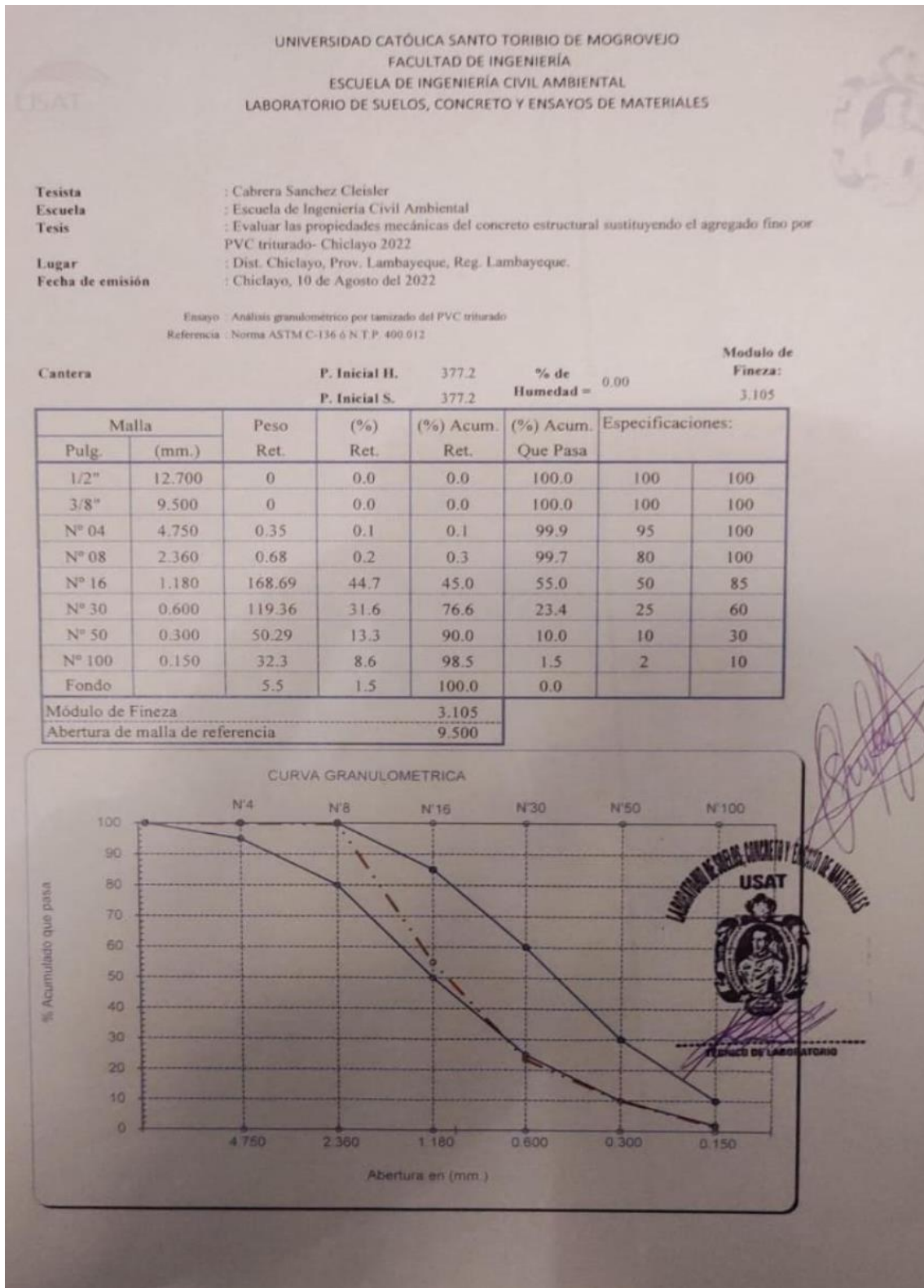
Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 2: Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino



Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 3: Análisis granulométrico por tamizado del PVC triturado



Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 4: Peso unitario y contenido de humedad del agregado fino

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Cabrera Sanchez Cleisler
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el agregado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Canetra : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8902	8904
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8902	8904
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1603	1604
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1585	


2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	10206	10196
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		10206	10196
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1838	1836
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1816	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	632.74	632.74
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	625.36	625.36
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.2	1.2
E.- Contenido de humedad (Promedio)	(%)	1.18	


RECORD DE LABORATORIO

Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 5: Peso unitario y contenido de humedad del agregado grueso

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Cabrera Sanchez Cleisler
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el agregado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022
Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso de	(g)	951.8	951.8
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	642.77	642.77
3.- Peso del Agua	(g)	309.01	309.01
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	638.12	638.12
5.- Peso del Frasco	(g)	142.77	142.77
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495	495
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.594
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.618
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.658
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.94


Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021
Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	4836	4836
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	4870	4870
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	3970	3970
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	3090	3090

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.717
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.736
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.770
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.70


TÉCNICO DE LABORATORIO

Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 6: Peso específico y absorción de los agregados naturales

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Cabrera Sanchez Cleisler
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el agregado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022
Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso de	(g)	951.8	951.8
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	642.77	642.77
3.- Peso del Agua	(g)	309.01	309.01
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	638.12	638.12
5.- Peso del Frasco	(g)	142.77	142.77
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	495	495
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.594
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.618
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.658
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.94

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021
Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	4836	4836
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	4870	4870
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	3970	3970
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	3090	3090

II.- Resultados

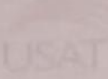

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.717
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.736
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.770
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.70

USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO

Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 7: Contenido de humedad de los agregados naturales

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Cabrera Sanchez Cleisler
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el agregado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos



A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	632.74	632.74
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	625.36	625.36
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.18	1.18
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.18	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	7266.99	7266.99
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	7246.99	7246.99
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.3	0.3
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.28	

 
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 8: Peso específico y absorción del PVC triturado

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Cabrera Sanchez Cleisler
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el agregado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del PVC triturado
Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

I.- Datos

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	100.0	100.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	655.5	655.5
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco. (1+5)	g	241.2	241.2
4.- Peso del Agua (2-3)	g	414.2	414.2
5.- Peso del Frasco	g	141.2	141.2
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco. (5+7)	g	239.2	239.2
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	98.0	98.0
8.- Volumen del frasco.	cm ³	500.0	500.0
A.- PESO ESPECÍFICO DE LA ARENA. 7/(8-4)	g/cm ³	1.142	1.142
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN. ((1-7)/7)*100	%	2.04	2.04

Ensayo : Contendio de humedad del PVC triturado
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	300	300
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	299.85	299.85
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.05	0.05
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.05	

USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO


Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 9: Resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis : Cabrera Sanchez Cleisler
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el
Lugar : aerogelado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022
Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas
Referencia : Norma N.T.P. 339.034



USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO

DOSIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA (kg)	DIAMETRO (cm)	$f_c(Kg/m^2)$	PROMEDIO $f_c(Kg/m^2)$	PORCENTAJE DEL f_c DEL DISEÑO(%)
PATRON	26/09/2022	3/10/2022	7	34530	15	195.40	197.66	94.13
PATRON	26/09/2022	3/10/2022	7	35330	15	199.93		
PATRON	26/09/2022	10/10/2022	14	40310	15	228.11	228.76	108.93
PATRON	26/09/2022	10/10/2022	14	40540	15	229.41		
PATRON	26/09/2022	24/10/2022	28	42830	15	242.37	242.48	115.47
PATRON	26/09/2022	24/10/2022	28	42870	15	242.59		
20% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	28130	15	159.18	166.14	79.12
20% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	30590	15	173.10		
20% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	35330	15	199.93	200.46	95.46
20% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	35520	15	201.00		
20% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	38440	15	217.53	214.16	101.98
20% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	37250	15	210.79		
30% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	26360	15	149.17	155.65	74.12
30% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	28650	15	162.13		
30% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	34530	15	195.40	193.28	92.04
30% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	33780	15	191.16		
30% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	36930	15	208.98	208.53	99.30
30% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	36770	15	208.08		
40% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	16840	15	95.29	95.04	45.26
40% PVC	27/09/2022	4/10/2022	7	16750	15	94.79		
40% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	23880	15	135.13	134.09	63.85
40% PVC	27/09/2022	11/10/2022	14	23510	15	133.04		
40% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	28690	15	162.35	153.75	73.21
40% PVC	27/09/2022	25/10/2022	28	25650	15	145.15		

Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 10: Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de luz del tramo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesis : Cabrera Sanchez Cleisler
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
: Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el agregado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de luz del tramo
Referencia : Norma N.T.P. 339.078

DOSIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA A(kg)	ANCH O(cm)	ALTO(cm)	LUZ(cm)	MODULO DE ROTURA(Kg/m ²)	
PATRON	28/09/2022	26/10/2022	28	3360	15.5	15.1	50	47.54	47.8
PATRON	28/09/2022	26/10/2022	28	3350	15.3	15.1	50	48.01	
20% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3210	15.4	15.9	50	41.22	42.5
20% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3130	15.1	15.4	50	43.70	
30% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	2830	15.1	15.3	50	40.03	41.0
30% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	3080	15.1	15.6	50	41.91	
40% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28	2270	15.1	15.5	50	31.29	29.0
40% PVC	28/09/2022	26/10/2022	28			15.2	50	26.80	

USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
TECNICO DE LABORATORIO

Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 11: Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral de una probeta cilíndrica



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Cabrera Sanchez Cleisler
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluar las propiedades mecánicas del concreto estructural sustituyendo el agregado fino por PVC triturado- Chiclayo 2022
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral de una probeta cilíndrica
Referencia : Norma N.T.P. 339.084

DOSIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARG A(kg)	L(cm)	D(cm)	MODULO DE ROTURA(Kg/m ²)	
PATRON	7/10/2022	28/10/2022	28	15350	30	15	21.72	21.5
PATRON	7/10/2022	28/10/2022	28	15100	30	15	21.36	
PATRON	7/10/2022	28/10/2022	28	15130	30	15	21.40	
20% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	13320	30	15	18.84	19.3
20% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	14250	30	15	20.16	
20% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	13350	30	15	18.89	
30% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	12050	30	15	17.05	17.8
30% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	12700	30	15	17.97	
30% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	13020	30	15	18.42	
40% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	11500	30	15	16.27	16.6
40% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	11660	30	15	16.76	
40% PVC	7/10/2022	28/10/2022	28	11500	30	15	16.69	



Fuente: Laboratorio USAT

ANEXO 12: Ficha técnica de Cemento Portland Tipo I

CEMENTO PORTLAND TIPO I

MÁS PUNCHE, MENOS BOLSAS

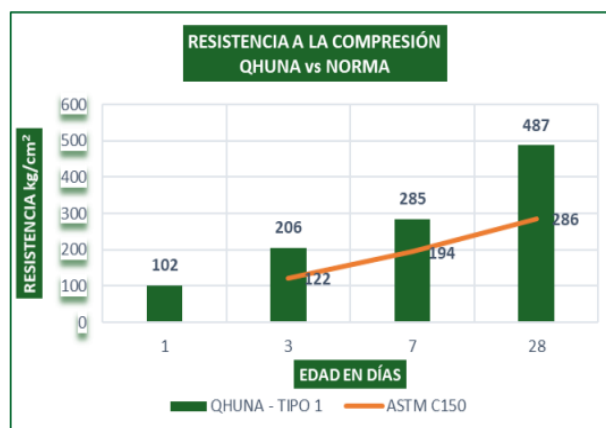


Cemento Portland TIPO I, es un cemento de uso general, fabricado mediante la molienda de clinker y yeso en adecuadas proporciones, asegurando de esa manera un producto de calidad, para construcciones donde se requieran propiedades de avance y durabilidad en obra. Cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

PROPIEDADES FÍSICAS	CEMENTO QHUNA TIPO 1	REQUISITO DE NORMA 334.009 - ASTM C 150
Superficie Específica (cm^2/gr)	3620	Mínimo 2800
Retenido 45 μm (%)	8.4	No Especifica
Contenido de Aire (%)	6.0	Máx. 12.0
Densidad (g/ml)	3.14	No Especifica
Pérdida Por Ignición (%)	2.47	Máx. 3.5
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
1 DÍA Mpa (kg/cm^2)	10.0 (102)	NE
3 DÍAS Mpa (kg/cm^2)	20.2 (206)	12.0 (122)
7 DÍAS Mpa (kg/cm^2)	27.9 (285)	19.0 (194)
28 DÍAS Mpa (kg/cm^2)	47.7 (487)	28.0 (286)
TIEMPO DE FRAGUADO		
Fraguado Inicial (Minutos)	122'	Mínimo 45'
Fraguado Final (Minutos)	245'	Máximo 375'

CUADRO COMPARATIVO DE RESISTENCIAS



Fuente: Cemento Qhuna

ANEXO 13: Ficha técnica de Cemento Portland Tipo I

CEMENTO PORTLAND TIPO I

MÁS PUNCHE, MENOS BOLSAS

**APLICACIONES**

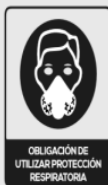
- Para uso en obras de construcción en general, proporciona altas resistencias.
- Para preparación de concretos en cimientos, sobre cimientos, zapatas, vigas, columnas y techado de edificaciones.
- Para uso en la construcción de todo tipo de elementos o estructuras de concreto, simple o armado.
- Usado en la fabricación de ladrillos o bloques de alta resistencia, alcantarillados o adoquines.
- Para asentar ladrillos, tarrajear, enchapes de mayólicas, pisos cerámicos y otros materiales.

RECOMENDACIONES

- Usar agregados y materiales de propiedades conocidas, certificados y de buena calidad.
- Preparar la mezcla sobre una superficie limpia, libre de materiales ajenos a la preparación.
- Es recomendable realizar el curado con agua o un agente curador químico al momento del vaciado, esto para lograr una eficiente hidratación del cemento con el objetivo de optimizar el desarrollo de la resistencia a la compresión.
- Para asegurar la conservación del cemento, se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas de la humedad.
- Evitar apilar las bolsas en más de 10, para evitar la compactación de las mismas.
- Controlar la cantidad de agua de la mezcla, cuidando que no exceda la relación agua/cemento, determinada en el diseño.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Este producto, seco o húmedo puede causar irritación o quemadura a los ojos y la piel, por ende, evitar el contacto directo.



Usar lentes de protección, guantes y botas de jebes, así como respiradores de polvo apropiados cuando se abra la bolsa o se ejecute el trabajo.



Cubra sus brazos y piernas adecuadamente, para evitar irritación.



Mantener fuera del alcance de los niños.



Pacasmayo

Fabricapor Cementos Pacasmayo SAA.

Dirección

Chiclayo - Lima - Piura

Página Web

www.cementospacasmayo.com.pe

Fuente: Cemento Qhuna

Anexo 14: Composición promedio de los residuos sólidos domiciliarios-Chiclayo

Tipo de Residuo	CHICLAYO	ETEN	JOSE L. ORTIZ	LA VICTORIA	MONSEFU	PATAPO	PIMENTEL	PUERTO ETEN	REQUE	TUMAN	Promedio
Papel	4.635	4.970	1.661	2.074	3.919	10.140	4.333	4.134	4.760	6.500	4.71
Cartón	1.797	10.410	1.548	1.664	1.931	4.340	2.445	2.140	2.715	2.400	3.14
Vidrio	2.095	3.440	0.424	3.684	2.064	10.430	2.450	2.805	1.177	1.700	3.03
Hojalata (Metal Ferroso)	1.294	1.780	0.647	0.339	0.150	3.380	1.500	1.883	0.906	2.900	1.48
Aluminio (Metal No Ferroso)	0.108	1.040	0.028	0.354	0.772	0.560	0.317	0.012	0.039		0.36
PET(1)	1.441	2.870	0.447	0.123	1.054	7.050	2.865	1.140	0.931	1.500	1.94
PEAD (2)	0.510	0.610	1.738	2.260	1.917	0.950	0.582	0.640	1.806	2.400	1.34
PVC (3)	0.299		0.076	0.622	0.184		0.650	0.624	0.114		0.37
PEBD (4)	1.335		0.263	0.380	0.495		0.487	1.497	2.367		0.97
PP (5)	1.063		0.367	0.566	0.459	2.550	0.570	0.765	1.164		0.94
PS (6)	0.210		0.323	0.579	0.170		0.097	0.480	0.841		0.39
Otros (7)	0.544	2.380	0.941	0.436	0.664	5.480	0.375	0.103	0.454	6.300	1.77
Materia Orgánica	63.237	59.790	77.279	38.204	62.401	24.080	40.718	43.439	65.280	32.100	50.65
Tierra, arena, otros	2.358		4.205	21.011	5.302	18.160	5.981	8.073	0.266	23.800	9.91
Telas	1.981		1.650	1.169	3.641	2.140	2.105	2.081	2.325	3.400	2.28
Pañales	5.076		3.494	2.897	5.708		7.714	9.575	4.811		5.61
Papel Higiénico	4.081		1.020	2.094	2.312	6.450	4.690	4.273	2.095	7.700	3.86
Toallas Higiénicas	0.680		0.084	0.328	0.087		0.034	0.446	0.151		0.26
Productos Farmacéuticos	0.096		0.063	0.291	0.072		0.980	0.415	0.131		0.29
Pilas y baterías	0.031	0.130		0.003	0.015		0.020	0.015	0.033	0.400	0.08
Fluorescente y focos	0.059			0.026	0.034		0.522	0.060	0.107		0.13
Otros (Cuero, ceniza, porcelana)	7.071	12.580	3.742	20.896	6.649	4.290	20.565	15.400	7.527	8.900	6.50