

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con
adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión
de 210 kg/cm²**

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

AUTOR

Diana Carolina Bardales Flores

ASESOR

Segundo Guillermo Carranza Cieza

<https://orcid.org/0000-0001-9321-2501>

Chiclayo, 2024

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto
simple con adición de aceite residual automotriz para una
resistencia a la compresión de 210 kg/cm²**

PRESENTADA POR
Diana Carolina Bardales Flores

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Cachay Lazo Cesar Eduardo
PRESIDENTE

Gamarra Uceda Héctor Augusto
SECRETARIO

Segundo Guillermo Carranza Cieza
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres: Carmen y Rafael por creer y confiar en mí, por apoyarme incondicionalmente en este largo y difícil trayecto educativo, por ser una fuente de superación y sacrificio, por sus consejos y valores transmitidos y a la memoria de mi mamá Vilma, por criarme y educarme con valores y por haber sido un ser de luz, amor y paciencia que me impulsaba a ser cada día mejor.

Agradecimientos

A mi asesor el Ing. Guillermo Carranza Cieza, por brindarme su tiempo, apoyo y consejos que fueron de gran ayuda e importancia para el desarrollo de esta investigación. A los docentes que formaron mi vida académica con sus conocimientos compartidos. A mis padres por su aliento cuando había momentos difíciles. A Eduardo Pejerrey Barreto por apoyarme durante este proceso.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	24%	3%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	11%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.uptc.edu.co Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo	<1%

Índice

Introducción.....	17
Revisión de literatura.....	21
Materiales y métodos	44
Conclusiones	118
Recomendaciones	120
Referencias.....	121

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos Químicos	27
Tabla 2 Requisitos Físicos.....	27
Tabla 3 Cantidad máxima permitida de material retenido sobre un tamiz, kg.....	28
Tabla 4 Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	28
Tabla 5 Tamaño de la muestra del agregado.....	29
Tabla 6 Requisitos para recipientes de medida	33
Tabla 7 Densidad del Agua	33
Tabla 8 Tolerancias mínimas de slump.....	35
Tabla 9 Tolerancias de tiempo para realizar el ensayo de resistencia.....	38
Tabla 10 Cantidad de muestras a elaborar	45
Tabla 11 Muestra de talleres automotrices.....	46
Tabla 12 Variables de la Investigación	48
Tabla 13 Límites granulométricos del agregado fino.....	53
Tabla 14 Límites granulométricos del agregado grueso	54
Tabla 15 Cantidad mínima de muestra para ensayo de humedad del agregado grueso	54
Tabla 16 Matriz de consistencia.....	68
Tabla 17 Resultado de análisis granulométrico de agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo.....	70
Tabla 18 Resultado de análisis granulométrico para el agregado grueso de la Cantera Tres Tomas.....	71
Tabla 19 Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo	72
Tabla 20 Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado grueso de la Cantera Tres Tomas	72
Tabla 21 Resultado del ensayo de peso específico y grado de absorción para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo	72
Tabla 22 Resultado del ensayo de peso específico y grado de absorción para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas	73

Tabla 23 Resultado del ensayo de peso unitario suelto y compactado para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo	73
Tabla 24 Resultado del ensayo de peso unitario suelto y compactado para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas.....	74
Tabla 25 Resultado de diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	75
Tabla 26 Resultados de diseño para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de mezcla en peso y volumen.....	75
Tabla 27 Resultado del ensayo de asentamiento de las dosificaciones de estudio	76
Tabla 28 Resultado de ensayo de exudación para concreto patrón	77
Tabla 29 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.15%.....	78
Tabla 30 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.35%.....	79
Tabla 31 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.55%.....	80
Tabla 32 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.75%.....	81
Tabla 33 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para concreto patrón	82
Tabla 34 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.15% ...	83
Tabla 35 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.35% ...	84
Tabla 36 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.55% ...	85
Tabla 37 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.75% ...	86
Tabla 38 Resultado de ensayo de Peso Unitario de las dosificaciones de estudio.....	87
Tabla 39 Resultado de ensayo de Temperatura de las dosificaciones de estudio	88
Tabla 40 Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión a los 7 días de las dosificaciones de estudio.....	89
Tabla 41 Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones de estudio.....	90
Tabla 42 Resultado de ensayo de Módulo de Elasticidad a los 28 días de las dosificaciones de estudio	91
Tabla 43 Resultado de ensayo de Resistencia Tracción Indirecta a los 7 días de las dosificaciones de estudio.....	92
Tabla 44 Resultado de ensayo de Resistencia Tracción Indirecta a los 28 días de las dosificaciones de estudio.....	93
Tabla 45 Comparación de análisis granulométrico de agregados	96

Tabla 46 Comparación de resultados de ensayos de agregados	96
Tabla 47 Comparación de resultado de asentamiento con ARA al 0.75%	97
Tabla 48 Comparación de Tiempos de Fraguado de dosificaciones	97
Tabla 49 Comparación de resultados del ensayo de Resistencia a compresión.....	99
Tabla 50 Comparación de resultados de ensayo de Módulo de Elasticidad	100
Tabla 51 Resultados de ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta	101
Tabla 52 Caracterización de Aceite Residual de Motor Diésel utilizado en la investigación	102
Tabla 53 Análisis de costos unitarios para concreto patrón	117
Tabla 54 Análisis de costos unitarios para concreto con adición de Aceite Residual	117

LISTA DE IMÁGENES

Ilustración 1 Determinación de la resistencia a compresión en % a 28 días.....	39
Ilustración 2 Talleres automotrices facilitadores de ARA	50
Ilustración 3 Homogeneización de muestras de Aceite Residual Automotriz	51
Ilustración 4 Cribado de muestra de Aceite Residual Automotriz.....	51
Ilustración 5 Agregados seleccionados para estudio.....	52
Ilustración 6 Secado y pesaje de muestra para granulometría de finos.....	52
Ilustración 7 Tamizado de agregados y pesaje de muestra retenida	53
Ilustración 8 Pesaje de muestra seca para ensayo de humedad.....	55
Ilustración 9 Secado de muestra saturada para ensayo de peso específico de agregado grueso	55
Ilustración 10 Ensayo de peso específico del agregado fino	56
Ilustración 11 Ensayo de peso volumétrico de los agregados	56
Ilustración 12 Técnica adecuada de incorporación de ARA	58
Ilustración 13 Técnica inadecuada de incorporación de ARA.....	59
Ilustración 14 Varillado de concreto para ensayo de Asentamiento	60
Ilustración 15 Toma de agua exudada en la superficie	60
Ilustración 16 Agua exudada acumulada	61
Ilustración 17 Tamizado de concreto para ensayo de tiempo de fraguado	61
Ilustración 18 Penetraciones con máquina Marshall.....	62
Ilustración 19 Pesaje de probeta de concreto para ensayo de peso unitario.....	62
Ilustración 20 Toma de temperatura a probeta de concreto en estado fresco.....	63
Ilustración 21 Preparación de especímenes de concreto para ensayo de resistencia	64
Ilustración 22 Rotura de espécimen de concreto en prensa de compresión.....	64
Ilustración 23 Ensayo de módulo de elasticidad	65
Ilustración 24 Ensayo de tracción indirecta por compresión diametral	65
Ilustración 25 Máquina medidora de cambios de longitud	66

Ilustración 26 Departamento de Lambayeque.....	111
Ilustración 27 Lugar de ejecución de la investigación - USAT	111
Ilustración 28 Lugares de recolección de Aceite de Motor.....	112
Ilustración 29 Área de influencia directa	113
Ilustración 30 Matriz de Leopold de acciones y factores de la investigación.....	116

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica 1 Resultado de análisis granulométrico de agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo	70
Gráfica 2 Resultado de análisis granulométrico para el agregado grueso de la Cantera Tres Tomas	71
Gráfica 3 Resultado del ensayo de asentamiento de las dosificaciones de estudio.....	76
Gráfica 4 Resultado de ensayo de exudación para dosificación para concreto patrón	77
Gráfica 5 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.15%	78
Gráfica 6 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.35%	79
Gráfica 7 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.55%	80
Gráfica 8 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.75%	81
Gráfica 9 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para concreto patrón	82
Gráfica 10 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.15%	83
Gráfica 11 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.35%	84
Gráfica 12 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.55%	85
Gráfica 13 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.75%	86
Gráfica 14 Resultado de ensayo de Peso Unitario de las dosificaciones de estudio	87
Gráfica 15 Resultado de ensayo de Temperatura de las dosificaciones de estudio	88
Gráfica 16 Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión a los 7 días de las dosificaciones de estudio.....	89
Gráfica 17 Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones de estudio.....	90
Gráfica 18 Resultado de ensayo de Módulo de Elasticidad a los 28 días de las dosificaciones de estudio.....	91
Gráfica 19 Resultado de ensayo de Resistencia Tracción Indirecta a los 7 días de las dosificaciones de estudio.....	92
Gráfica 20 Resultado de ensayo de Resistencia Tracción Indirecta a los 28 días de las dosificaciones de estudio.....	93
Gráfica 21 Resultado de ensayo de Durabilidad por Ataque de Sulfatos – Expansión de Concreto Patrón	94

Gráfica 22 Resultado de ensayo de Durabilidad por Ataque de Sulfatos – Expansión de Concreto con el ARA óptimo al 0.55%.....	95
Gráfica 23 Comparación de Resultados de Ensayo de Tiempo de Fraguado	98
Gráfica 24Comparación de Resultados de ensayo de Exudación	98
Gráfica 25 Comparación de resultados de ensayo a compresión a los 7 y 28 días	99
Gráfica 26 Comparación de resultados de ensayo de Módulo de Elasticidad	100
Gráfica 27Comparación de resultados de ensayo de Durabilidad por Ataque de Sulfatos....	102

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Ensayo de Asentamiento (Slump) de las dosificaciones de estudio	123
Anexo 2 Ensayo de Exudación de las dosificaciones de estudio	123
Anexo 3 Ensayo de tiempo de Fraguado para las dosificaciones de estudio	124
Anexo 4 Realización y curado de especímenes de concreto	125
Anexo 5 Roturas de especímenes ensayados a compresión	126
Anexo 6 Informe técnico de análisis granulométrico para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo.....	127
Anexo 7 Informe técnico de análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas.....	128
Anexo 8 Informe técnico de contenido de humedad para el agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo y para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas.....	129
Anexo 9 Informe técnico del ensayo de peso específico y absorción para el agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo y para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas	130
Anexo 10 Informe técnico del ensayo de peso unitario para el agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo	131
Anexo 11 Informe técnico del ensayo de peso unitario para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas.....	132
Anexo 12 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días del concreto patrón.....	133
Anexo 13 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días de la dosificación de ARA al 0.15%.....	134
Anexo 14 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días de la dosificación de ARA al 0.35%.....	135
Anexo 15 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días de la dosificación de ARA al 0.55%.....	136
Anexo 16 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días de la dosificación de ARA al 0.75%.....	137
Anexo 17 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días del concreto patrón.....	138
Anexo 18 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días de la dosificación de ARA al 0.15%	139

Anexo 19 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días de la dosificación de ARA al 0.35%	140
Anexo 20 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días de la dosificación de ARA al 0.55%	141
Anexo 21 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días de la dosificación de ARA al 0.75%	142
Anexo 22 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta del concreto patrón.....	143
Anexo 23 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta de la dosificación de ARA al 0.15%.....	144
Anexo 24 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta de la dosificación de ARA al 0.35%.....	145
Anexo 25 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta de la dosificación de ARA al 0.55%.....	146
Anexo 26 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta de la dosificación de ARA al 0.75%.....	147
Anexo 27 Informe técnico de ensayo de Asentamiento para las dosificaciones de estudio ..	148
Anexo 28 Informe técnico de ensayo de Exudación para las dosificaciones de estudio.....	149
Anexo 29 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado del concreto patrón	150
Anexo 30 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado para la dosificación de ARA al 0.15%.....	151
Anexo 31 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado para la dosificación de ARA al 0.35%.....	152
Anexo 32 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado para la dosificación de ARA al 0.55%.....	153
Anexo 33 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado para la dosificación de ARA al 0.75%.....	154
Anexo 34 Informe técnico de ensayo de Peso unitario de las dosificaciones de estudio.....	155
Anexo 35 Informe técnico de ensayo de Temperatura de las dosificaciones de estudio	156
Anexo 36 Informe de ensayo de densidad al Aceite Residual Automotriz.....	157

Resumen

En los últimos años, diferentes tipos de materiales han sido ampliamente utilizados en la producción de concreto para reemplazar el cemento, los agregados y las mezclas convencionales. Estos materiales incluyen residuos de otras industrias como los centros de cambio de aceite. El problema radica en el mal manejo de estos hidrocarburos, ya que grandes cantidades de petróleo que no son reutilizadas o desechadas adecuadamente contaminarán el agua y el suelo, causando daños irreparables a la flora y fauna de la zona.

Por tal motivo, se evalúa el Aceite Residual Automotriz (ARA) como aditivo a las mezclas de concreto para lograr una resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 . Se utilizó aceite de motor diésel, definiendo los porcentajes de adición de ARA en 0,15%, 0,35%, 0,55% y 0,75% respecto al peso del cemento. La caracterización del ARA contempla el ensayo de Metales por ICP y densidad. Los ensayos en laboratorio para la cauterización del concreto fueron: asentamiento, tiempo de fraguado, exudación, compresión simple (7 y 28 días), tracción indirecta, módulo de elasticidad y durabilidad por sulfatos. Se comprobó que a mayor porcentaje de ARA se incrementó el asentamiento, el tiempo de fraguado y el agua de exudación. El valor óptimo de adición de ARA es de 0.55%, el cual aumentó un 11% el valor de resistencia a compresión simple y una expansión de 0.054% en el ensayo de durabilidad. Es rentable a diferencia de un aditivo convencional.

PALABRAS CLAVE: Aceite residual automotriz, concreto, aditivo, trabajabilidad.

Abstract

In recent years, different types of materials have been widely used in concrete production to replace conventional cement, aggregates and mixtures. These materials include waste from other industries such as oil change centers. The problem lies in the poor management of these hydrocarbons, since large quantities of oil that are not reused or disposed of properly will contaminate the water and soil, causing irreparable damage to the flora and fauna of the area.

For this reason, Automotive Residual Oil (ARA) is evaluated as an additive to concrete mixtures to achieve a compressive strength of 210 kg/cm². Diesel engine oil was used, defining the ARA addition percentages as 0.15%, 0.35%, 0.55% and 0.75% with respect to the weight of the cement. The characterization of the ARA includes the testing of Metals by ICP and density. The laboratory tests for the characterization of the concrete were: settlement, setting time, exudation, simple compression (7 and 28 days), indirect traction, modulus of elasticity and sulfate durability. It was found that the higher the percentage of ARA, the settling, setting time and exudation water increased. The optimal ARA addition value is 0.55%, which increased the simple compression strength value by 11% and an expansion of 0.054% in the durability test. It is cost effective unlike a conventional additive.

KEYWORDS: Automotive residual oil, concrete, additive, workability.

Introducción

Hoy en día el ámbito constructivo y el interés por la utilización de tecnologías más eco amigables dentro de este mundo va en aumento, además, la demanda y necesidad de nuevas infraestructuras para vivienda y comercio en el país permite el buen desarrollo del mismo; pero, cada año resulta ser un reto más complicado optimizar los procedimientos constructivos y a la vez los materiales de construcción.

El concreto además de ser un compuesto de cemento, árido, agua y aditivo, es uno de los materiales fundamentales en la industria, cuenta con diversas características y propiedades en sus dos estados: fresco y endurecido; así mismo, una característica importante es la fluidez o trabajabilidad del mismo, pues es un requisito que facilita su manipulación y moldeo según nos convenga. Con el aumento del uso del concreto, los nuevos tipos de aditivos no convencionales que se utilizan para modificar las propiedades del concreto convencional, resultan ser rentables ya que pueden tener muchos impactos económicos y técnicos. Ahora bien, se están utilizando muchos desechos para reemplazar los materiales disponibles comercialmente como es el caso de los aditivos [1].

Los aditivos en su mayoría son de tipo Plastificante (P) y Superplastificante (SP), pero ¿qué podría reemplazar este componente químico del concreto? Respecto al aprovechamiento de desechos, el sector construcción es una de las industrias más convenientes y útiles para eliminar o reutilizar los pasivos ambientales y desperdicios generados por otras industrias. Según la revisión de diversos antecedentes se muestra mayor interés al Aceite Residual Automotriz (ARA) [2]. Agregando a lo anterior el aceite automotriz es un producto utilizado para eliminar la fricción en las partes móviles de un motor; pero ¿qué sucede con los residuos producto de los cambios de aceite de un automóvil? La pésima gestión de eliminación de este compuesto de hidrocarburos por parte de los talleres de cambio de aceite contribuye a la contaminación de los suelos impidiendo su fertilidad, provocando un daño ambiental, en la vida humana, animal y vegetal. Además de contaminar grandes cantidades de agua irreversiblemente [3].

En el Perú la gestión de estos contaminantes líquidos se desconoce o se asume que es inexistente debido a la escasa información que existe respecto a esta gestión y también debido a la informalidad de muchos oleo centros. Una fuente [4] afirma que la manipulación inadecuada de este residuo de automoción se da por la ausencia de un plan de gestión, consecuencia de ellos, no tienen tanques de recolección adecuados, carecen de etiquetado y el aceite usado termina siendo vertido en alcantarillas o en los suelos de los botaderos de desmonte.

El compromiso con el planeta y su sustentabilidad, lleva a los profesionales de hoy a crear alternativas de optimización de recursos, es por ello que, desde la perspectiva de un Ingeniero Civil, existen la justificación técnica, donde si bien es cierto el Aceite Residual Automotriz es un desecho,

pero, según los antecedentes este presenta características dentro de su estructura interna que mejora las propiedades del concreto en estado fresco como el asentamiento, sin afectar los componentes del mismo en estado endurecido. Actúa como plastificante químico y retardante para climas calurosos; por lo que, su eliminación no es la mejor opción. La justificación económica parte en el reemplazo de costosos aditivos convencionales que elevan el costo del metro cúbico de concreto, por ende, el ARA permitirá el reemplazo de los mismos, disminuyendo así costos en las partidas de concreto simple que se ejecuten en las obras, ya que es de fácil disponibilidad en el mercado. Por otro lado, y una de las justificaciones más importantes, es la justificación ambiental, haciendo que los oleo centros formales tengan una opción más de aprovechamiento y para los oleo centros informales que lo generan dejen de verter este residuo directamente a la alcantarilla o al suelo provocando su infertilidad e irreversible daño en el factor suelo.

Como ya es de conocimiento, un ensayo químico caracteriza cualquier sustancia a fin de medir concentraciones de alguna sustancia química dentro la misma, es por eso que en esta investigación se obtendrá una muestra representativa dentro de la zona de oleo centros de la ciudad de Chiclayo, a fin de recolectar el Aceite Quemado de autos para obtener una mezcla homogénea, de la cual se obtendrá una muestra y se dispondrá de un análisis químico de Metales por ICP; posteriormente se analizarán las concentraciones de las impurezas metálicas del ARA y su repercusión en las propiedades concreto simple, acción plasmada como objetivo específico. Así mismo se dispondrá de un análisis físico al ARA para poder determinar la densidad del aceite que se utilizará, dato que nos servirá posteriormente en el diseño de mezcla.

Existen investigaciones internacionales, como es el caso de Venezuela donde, en una investigación hecha en el 2019 y plasmada en un artículo científico; se realizaron ensayos de Asentamiento y Resistencia a Compresión de un concreto simple con distintas proporciones de ARA; en donde los se determinó que la dosis óptima del residuo fue de 0.13%, obteniendo valores de resistencia a compresión con Aceite Residual de auto superiores a las cualidades de resistencia de la muestra control en las edades 7, 14 y 28 días en un 9%, 13% y 8%, respectivamente; además se logró un slump promedio de 6,25 pulgadas, cuando el diseño fue realizado para un concreto de asentamiento de 5 pulgadas, mientras que la mezcla de control logró un valor de 5,67 pulgadas. Por otro lado, los investigadores realizaron ensayo para la adherencia del concreto con el acero de refuerzo; resultando que al utilizar el porcentaje óptimo de Aceite Residual de Automoción del 0.13% del peso del cemento, la adherencia disminuyó en un 9% con relación a la resistencia a la adherencia patrón. [2].

Por lo expuesto, el objetivo general de esta Tesis de investigación es evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de Aceite Residual Automotriz para una resistencia de 210 kg/cm², cabe resaltar que, se establecieron porcentajes de adición de ARA al 0.15%, 0.35%, 0.55% y 0.75% a fin de determinar el óptimo porcentaje con el cual las cualidades del concreto podrían trabajar

sin afectarse en sus distintas etapas, como en estado fresco y en estado endurecido. Los ensayos que se realizarán siguiendo la normativa peruana Vigente para cada método de ensayo; los cuales darán respuesta a la hipótesis propuesta: “El aceite residual automotriz, obtenido de los oleo centros formales, aumentará significativamente la solidez a la compresión del concreto, llevándola por encima de los 210 kg/cm²”

Por lo expresado, ¿En qué medida la incorporación de Aceite Residual Automotriz obtenido de los centros de cambio de aceite, influirá en las cualidades físicas y mecánicas de un concreto simple con resistencia a la compresión de 210 kg/cm²? Ya que, si bien es cierto, la reutilización de este residuo de automoción impactará en el medio ambiente, para ello se elaborará la Evaluación de Impacto Ambiental para medir la magnitud de las alteraciones producidas en los factores ambientales. Teniendo en cuenta que el desarrollo de esta de investigación se respalda bajo una perspectiva técnica y social, ya que tiene por objetivo proponer soluciones que mejoren las características del concreto simple y lograr un buen desempeño en obra del mismo; además, actualmente en el Perú no existen investigaciones del tema a nivel local ni regional por lo que, sería un punto de partida a futuras investigaciones dentro del país con respecto a este residuo, siempre con aras de mejorar y optimizar los procesos y materiales de construcción acogiendo la visión productiva que apunta al reciclaje de este tipo de lubricantes, generando empleo en el país y a su vez ofreciendo soluciones a la problemática ambiental de hoy en día. Es por ello que se plantean los siguientes objetivos específicos que serán determinantes en el desarrollo de esta investigación.

Objetivos específicos

- Caracterizar los agregados a utilizar en la elaboración del diseño de mezcla para un concreto simple de $f'c$ 210 kg/cm².
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple de la muestra patrón y de las muestras con porcentajes de Aceite Residual Automotriz al 0.15%, 0.35%, 0.55% y 0.75%.
- Comparar los resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple para la muestra patrón y muestras con incorporación de ARA al 0.15%, 0.35%, 0.55% y 0.75%.
- Definir el porcentaje óptimo de Aceite Residual Automotriz en el concreto que permita un buen desempeño del mismo.
- Explicar teóricamente si las impurezas metálicas del Aceite Residual Automotriz producirían Reactividad Álcali Sílice y Álcali Carbonato.
- Elaborar la Evaluación de Impacto Ambiental que se genera al reutilizar el Aceite Residual Automotriz para la producción de concreto.

- Analizar los resultados del ensayo químico de Metales por ICP del Aceite Residual Automotriz y su posible repercusión en las propiedades del concreto simple.
- Establecer el costo – producción para un metro cúbico de concreto con la adición óptima de Aceite Residual Automotriz.
- Describir el proceso constructivo de la elaboración de concreto con el porcentaje óptimo de Adición del Aceite Residual.

Revisión de literatura

Antecedentes de la investigación

Los antecedentes fueron obtenidos de fuentes confiables como revistas de investigación científica, se resalta que los antecedentes explicados a continuación son en su mayoría artículos internacionales en inglés. Después de una exhaustiva búsqueda en las distintas bases de datos no se encontraron antecedentes en el ámbito, regional, ni local. Sujeto a corroboración.

Internacional

M. Noori Hussein, “Propiedades del concreto que contiene aceite de motor nuevo y usado” Revista Internacional de Ciencia e Investigación, Volumen 4, n° 12, dic. 2015. Este artículo [5], habla sobre el comportamiento de resistencia del concreto al adicionarle aceite de motor nuevo y usado como aditivo. En la experimentación se llevó a cabo un estudio de la trabajabilidad del concreto, empleando un solo porcentaje de 0.75%, para los ensayos de asentamiento. Factor de compactación y prueba de resistencia a la compresión. Cabe resaltar que, no se hizo ningún tratamiento previo al Aceite de motor Usado, se obtuvo directamente de los talleres de cambio de aceite de Irak.

Para el ensayo de Asentamiento se obtuvo que la muestra de concreto con 0.75% de aceite de motor usado tienen el valor de asentamiento más alto, seguido del concreto con 0.75% de aceite de motor nuevo y la muestra patrón, se indicó que la muestra con adición de aceite usado tuvo una trabajabilidad más alta, actuando como lubricante en la estructura interna del concreto.

Por otro lado, se llevó a cabo un ensayo de compresión para evaluar la capacidad portante del concreto, teniendo como resistencia de diseño 30 MPa, después de 28 días de curado, los especímenes obtuvieron una muestra de control con una resistencia de 31.1 MPa, siendo mayor a la de diseño; por otro lado, la muestra adicionada con aceite de motor usado al 0.75% obtuvo 29.7 MPa, mientras que la muestra de concreto con adición de aceite de motor nuevo al 0.75% obtuvo una resistencia de 27.3 MPa, estas 2 últimas no alcanzan la resistencia diseño pero la muestra con incorporación de aceite de motor usado se acerca más al valor de resistencia diseño; esto se debe a que la viscosidad del aceite nuevo es mayor a la viscosidad del aceite usado. Se menciona también que el uso de aceite de motor ya sea nuevo o usado afectará la adherencia del agregado y la pasta.

M. O. Ali, "Aplicación de aceites de motor usados de automóviles y humo de sílice para mejorar las propiedades del hormigón para la Eco-Construcción amigable," Artículos científicos de la Universidad Técnica de Riga, vol. 24, (1), pp. 123-142, 2020. Esta investigación [6] evalúa la adición de aceite automotriz usado y humo de sílice en el concreto. Se incorporan dos tipos de Aceite de automoción (motores de gasolina y diésel) ya que difieren en composición química; teniendo como objetivo establecer la cantidad ideal de ARA que garantice una adecuada trabajabilidad y una resistencia a la compresión a los 28 días, con respecto al humo de sílice se adicionó el 10% y 15% de reemplazo de cemento al concreto con los porcentajes de ARA óptimos y se evaluaron las propiedades. Se menciona que el aceite usado se obtuvo de una estación de servicio de automóviles del estado de Johor, Malasia, para el aceite de motor de gasolina se recogió después de que un auto recorriera una distancia de 5000 km, mientras que el aceite de motor diésel se recogió después de que un camión recorriera una distancia de 20 000 km.

Se obtuvo que, las cantidades óptimas de ARA se evaluaron con ensayos de asentamiento y resistencia a compresión (35 N/mm^2), donde el porcentaje óptimo de aceites de motores de gasolina y diésel fueron de 0.6% y 0.8% respectivamente, por lo tanto, la adición de ARA al concreto con cemento portland ordinario aumentó la trabajabilidad del mismo, mientras que la resistencia a la compresión se reducía conforme ambos porcentajes iban en aumento; sin embargo el concreto con aceite de motor diésel obtuvo una mayor resistencia que el concreto con adición de aceite de motor gasolinero.

S. Alsadey, "Efectos del aceite de motor usado como aditivo químico en el concreto", Revista Internacional de Energía y Desarrollo Sostenible, Vol. 3, No. 2, pp. 38-43, jun. 2018. El artículo [7] hace hincapié en las cualidades de resistencia del concreto empleando aceite de motor residual (AMU) como aditivo. El objetivo de la investigación radica en evaluar el asentamiento y resistencia a compresión del concreto aceite de automoción de haciendo una comparativa con el concreto convencional. El óleo residual se obtuvo al azar de las estaciones de servicio automovilístico de la ciudad de Bani Walid, Libia, que no tienen una gestión de eliminación adecuada; los porcentajes de adición de AMU a evaluar fueron de 0.6%, 0.8%, 1.0% y 1.2% del peso del cemento.

En los ensayos, se demostró que el uso de aceite de motor usado mejoró los valores de asentamiento de la mezcla con incorporación de aceite a comparación del asentamiento de la mezcla control. El rango de mejora del asentamiento aumentó de 50 mm a 75 mm cuando se incrementó en un 0,6 % de AMU. Se observó un aumento constante en el valor de asentamiento cuando la dosis de aceite de motor usado aumentó a 0,8 %, 1,0 % y 1,2 %, que se midió como 140 mm, 190 mm y 200 mm respectivamente.

Por otro lado, la resistencia diseño para los ensayos de resistencia a compresión fue de 30 MPa, siendo evaluada a los 28 días; para los porcentajes de AMU al 0.8% y 1.0% se obtuvo resistencias de 29 MPa y 28 MPa respectivamente, es decir, tienen una pérdida de resistencia insignificante de 1% y 2% respectivamente. Mientras que para los porcentajes de AMU al 0.6% y 1.2% se obtuvieron resistencias de 23 MPa y 19 MPa respectivamente. Concluyendo que el aceite de motor usado tiene potencial de mejora en la resistencia del concreto como aditivo reductor de agua.

S. Beddu, N. Shafiq, M. F. Nuruddin, N. L. M. Kamal. y S. N. Sadon, “Efectos del aceite de motor usado como aditivo en la Durabilidad del hormigón” Revista actual de ciencia y tecnología aplicadas, Vol. 15, No. 6, pp. 1-10, May 2016. La investigación [1] hace una comparativa entre un aditivo Superplastificante (SP) y Aceite Residual Automotriz (ARA) resolviendo la pregunta de cómo influyen ambos elementos en la durabilidad del concreto siendo incorporados como aditivos, se trabajaron los porcentajes de adición al 0.15%, 0.30%, 0.5%, 0.8% y 1.0% del peso del cemento. El aceite de motor usado se recogió de las estaciones de servicio alrededor de Tronoh y Seri Iskandar, Perak que no tenían una adecuada disposición final del residuo. Las muestras de ARA y superplastificante se analizaron utilizando la técnica de fluorescencia de rayos X (XRF) con el propósito de determinar la composición química del residuo. Para evaluar la durabilidad del concreto se realizó la prueba de porosidad, prueba de penetración de cloruro y prueba de exposición temperaturas elevadas.

Sin embargo, también se evaluó el efecto del ARA y SP en la trabajabilidad del concreto, dando como resultado para el aditivo SP los siguientes valores de asentamiento: 45 mm, 60mm, 80mm 200mm y 220mm; incorporando ARA se obtuvo los siguientes valores de asentamiento: 42mm, 58mm, 77mm, 150mm y 170mm con adición al 0.15%, 0.30%, 0.5%, 0.8% y 1.0% respectivamente para ambos elementos. Con lo mencionado anteriormente se puede afirmar que

el ARA posiblemente puede actuar como reductor de agua y lubricante que mejora la trabajabilidad del concreto.

Para la resistencia a compresión evaluada a los 28 días, se indicó que la dosificación de ARA al 0.15% y 0.3% superó en un 3% la resistencia del concreto con SP, mientras que para los porcentajes de 0.5% y 0.8% de ARA disminuyó la resistencia en un 8% y para la incorporación de ARA al 1% la resistencia disminuyó en un 15% con respecto a la mezcla con SP.

El ARA contribuyó a disminuir la porosidad del concreto, con adición al 0.15% y 0,3% mostró una porosidad más baja en todas las edades. Para este experimento, a 0,55 w/c, la incorporación de superplastificante o aceite de motor usado más allá del 0,3 % podría aumentar la porosidad total del concreto.

V. Giridhar, “Impacto del aceite de motor de desecho en la composición del Hormigón”, Revista internacional de ingeniería e investigación científica actual, Vol. 4, No. 10. 2017. El artículo en mención [8] habla sobre la incorporación de Aceite de Motor de desecho adicionado en el concreto, el cual fue obtenido de los talleres de automoción de Kadapa, India sin recibir tratamiento previo alguno, los porcentajes trabajados del residuo antes mencionado fueron de 0%, 0.1%, 0.3%, 0.5% y 1.0% del peso del cemento. El estudio tuvo como propósito analizar la trabajabilidad del hormigón fresco con aceite de motor usado como aditivo y averiguar el comportamiento del hormigón bajo compresión y tracción con la misma mezcla.

Los ensayos arrojaron que la trabajabilidad de concreto mezclado con aceite de automoción muestra valores de revenimiento relativamente más altos que los del concreto convencional. La resistencia a compresión a los 28 días para los porcentajes de adición de Aceite Residual de Automoción al 0%, 0.1%, 0.3%, 0.5% y 1.0% del peso del cemento, fueron de 33.18 MPa, 32.73 MPa, 32.14 MPa, 31.25 MPa, 28.88 MPa respectivamente; lo cual indica que mientras el % de aditivo de desecho vaya en aumento la resistencia irá disminuyendo. En los porcentajes de 0.1% y 0.3% tiene una pérdida de resistencia de menos del 1% lo cual se considera insignificante ya que cumple con la resistencia diseño.

También se evaluó la resistencia a tracción dividida para cada uno de los porcentajes de ARA, se obtuvo valores de 2.63 MPa, 2.53 MPa, 2.43 MPa, 1.97 MPa y 1.93 MPa para la incorporación de ARA al 0%, 0.1%, 0.3%, 0.5% y 1.0% respectivamente, observando una

disminución de la resistencia a tracción del 27% a los 28 días. La mayor disminución de la resistencia se debe a la aplicación de la carga en posición diametral.

T. Baloa, C. Arellano, J. De Abreu y I. Aguila " Aceite residual automotriz como aditivo en mezclas de hormigón: Si es factible su uso", Revista Matéria, 10 Jun 2019.

La investigación [2] hace una evaluación de las características físicas del Aceite de Automoción usado y sin usar, llevando a cabo un análisis experimental del concreto en sus dos estados principales (fresco y endurecido), los porcentajes a trabajar fueron de 0,13%, 0,31%, 0,48%, 0,66% y 0,79% del peso del cemento. Se utilizó aceite mono grado para motor diésel al cual se le realizó el ensayo de Número base, número ácido, contenido de agua, densidad relativa y punto de inflamación. Para llegar al objetivo de la caracterización se realiza el ensayo de asentamiento, donde la mezcla fue hecha para un concreto simple con asentamiento de 5 pulgadas; siendo la dosis óptima de Aceite Residual Automotriz de 0.13% resultando un asentamiento promedio de 6.25 pulgadas, mientras que la muestra control obtuvo 5.67 pulgadas. Se realiza la prueba de resistencia a compresión a las 3 edades (7, 14 y 28 días); la dosis óptima en este ensayo fue de 0.13% que alcanzó una resistencia de 352 kgf/cm², mientras que la muestra patrón obtuvo 311 kgf/cm².

Se realizó el ensayo del tiempo de fraguado con 0.13% de ARA y se mostró que tanto el concreto de control, como la adición de ARA presentaron tiempos de fraguado inicial y final superiores a los 4 horas y 45 minutos y 6 horas y 5 minutos, respectivamente.

En el ensayo a compresión utilizando la dosis óptima se evidencia que las resistencias a la compresión del concreto son superiores a la resistencia de control en las edades 7, 14 y 28 días en un 9%, 13% y 8%, respectivamente. Se realizó también el ensayo de tracción indirecta donde se concluyó que la incorporación de ARA no afecta el desempeño mecánico del concreto a tracción ya que obtuvo similares valores de resistencia los cuales son de 28 kgf/cm² cuya diferencia es similar.

Bases teóricas

Concreto Simple

El concreto simple es un aglomerante resultado de la mixtura del cemento, piedra chancada, arena, agua y en algunos casos, se le adiciona un tipo de aditivo en específico; el proceso químico que se genera del agua y cemento hacen que al endurecer (fraguar) el concreto adquiera una resistencia parecida a las piedras naturales. La pasta producida por el cemento y agua cumple el objetivo de envolver los agregados y rellena los espacios de los áridos, dándole a la mezcla endurecida características de resistencias mecánicas, contracción y fisurabilidad [9].

Componentes del concreto

Los materiales empleados para elaborar concreto deben estar bajo la normativa vigente del lugar; en el Perú se seleccionan y supervisan bajo los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones y se detallan a continuación:

Cemento

Es un producto también denominado material cementante que al contacto con el agua desarrolla propiedades de adherencia y cohesión, mismas que son indispensables para envolver al agregado y crear una masa o mezcla firme proporcionando resistencia y durabilidad adecuadas. Las materias primas utilizada para su elaboración son piedras calizas que aportan el CaO y arcillas y esquistos que proveen el SiO₂ y el Al₂O₃. Estos componentes pasan por un proceso de molienda y mezclado para posteriormente ser fundidos en hornos obteniendo el “clinker,” luego se deja enfriar y nuevamente es molido para obtener la finura deseada [10].

Es uno de los componentes primordiales para la producción de concreto y es comercializado en bolsas de 42.5 kg aproximadamente; la elección del cemento es importante y esto depende de las propiedades requeridas en obra.

- **Cemento Portland Tipo I**

Es una clase de material cementante se utiliza cuando el concreto no necesita de características o propiedades especiales que lo protejan de la agresividad de agentes nocivos como los sulfatos, cloruros y temperaturas producto del calor de hidratación, además se utiliza por desarrollar resistencias en edades tempranas.

El cemento a utilizar cumplirá con las especificaciones establecidas en la Normativa Técnica Peruana 334.009, las entidades que producen el cemento adjuntan junto con la comercialización un certificado de calidad que garantiza la calidad del producto.

Tabla 1 Requisitos Químicos

REQUISITOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICABLE	TIPO DE CEMENTO ^A					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Óxido de aluminio, (Al ₂ O ₃), máx, %	NTP 334.086	-	6,0	6,0	-	-	-
Óxido férrico, (Fe ₂ O ₃), máx, %		-	6,0 ^B	6,0 ^{B,C}	-	6,5	-
Óxido de magnesio, (MgO), máx, %		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de azufre, (SO ₃), ^D máx, %							
Cuando (C ₃ A) ^E es 8 % o menos		3,0	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
Cuando (C ₃ A) ^E es más del 8 %		3,5	F	F	4,5	F	F
Pérdida por ignición, máx, %							
Cuando la caliza no es un ingrediente		3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Cuando la caliza es un ingrediente		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Residuo insoluble, máx. %		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Silicato tricálcico, (C ₃ S) ^E , máx, %	Véase Anexo A1	-	-	-	-	35 ^C	-
Silicato dicálcico, (C ₂ S) ^E , mín, %		-	-	-	-	40 ^C	-
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^E , máx, %		-	8	8	15	7 ^C	5 ^B
Suma de C ₃ S + 4,75C ₃ A ^G , máx, %		-	-	100 ^{C,H}	-	-	-
Aluminoferrito tetracálcico, más dos veces el aluminato tricálcico (C ₄ AF+2(C ₃ A)), ó solución sólida, (C ₄ AF + C ₂ F), como sea aplicable, máx, %		-	-	-	-	-	25 ^B

Fuente: Norma Técnica Peruana 334.009

Tabla 2 Requisitos Físicos.

REQUISITOS	Método de ensayo NTP	TIPO DE CEMENTO ^A					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Contenido de aire del mortero ^B volumen %:	334.048		12				
Máx.		12	-	12	12	12	12
Mín.		-		-	-	-	-
Finura, Superficie Específica, (m ² /kg)							
Ensayo de Permeabilidad al aire	334.002		260				
Mín.		260	-	260	-	260	260
Max.		-		430 ^C	-	430 ^C	-
Expansión en autoclave, Max., %	334.004		0,80				
		0,80		0,80	0,80	0,80	0,80
Resistencia, no menor que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación ^B :	334.051						
Resistencia a la compresión, MPa							
1 día		-	-	-	12,0	-	-
3 días		12,0	10,0	10,0	24,0	-	8,0
7 días		19,0	17,0	17,0	-	7,0	15,0
28 días		-	-	-	-	17,0	21,0
Tiempo de fraguado							
Ensayo de Vicat ^F , minutos	334.006						
Tiempo de fraguado: no menor de:		45	45	45	45	45	45
Tiempo de fraguado: no mayor de:		375	375	375	375	375	375

Fuente: Norma Técnica Peruana 334.009

Agregado

En las mezclas de concretos ocupan entre el 70% y 75% del volumen total de la masa. Si el agregado logra envolverse densamente en la masa de concreto mejor será el refuerzo, la resistencia a los agentes nocivos del medio y la economía del concreto; es por eso que, la gradación tamaño de las partículas es importante con la finalidad de producir este envolvimiento compacto [10]. A continuación, se detallan los ensayos para Agregados:

Granulometría de los Agregados

Este ensayo permite conocer la medida de los granos mediante el tamizado y análisis granulométrico, obteniendo el cálculo de la cantidad de cada muestra según el tamaño dentro de la escala granulométrica.

Materiales

- ✓ Tamices: #1", #3/4", #1/2", #3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y fondo
- ✓ Balanza
- ✓ Recipientes

Procedimiento

Agregado Grueso y Fino

Se selecciona el espécimen de prueba en estado seco, se zarandea por un tiempo máximo de 10 minutos, se anotan los pesos retenidos que se obtuvo en cada malla para luego elaborar la curva Granulométrica.

Tabla 3 Cantidad máxima permitida de material retenido sobre un tamiz, kg

ABERTURA NOMINAL DEL TAMIZ, mm	DIMENSIÓN NOMINAL DEL TAMIZ ^A				
	203,2 mm diám. ^B	254 mm diám. ^B	304,8 mm diám. ^B	350 por 350 mm	372 por 580 mm
	ÁREA DE TAMIZADO, m ²				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,1225	0,2158
125	C	C	C	C	67,4
100	C	C	C	30,6	53,9
90	C	C	15,1	27,6	48,5
75	C	8,6	12,6	23,0	40,5
63	C	7,2	10,6	19,3	34,0
50	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,2
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012

Tabla 4 Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.012

Contenido de Humedad de los Agregados

Este estudio mide la humedad natural de los materiales. El estado ideal de los mismo dentro de una mezcla de concreto es: saturados superficialmente secos; de esta manera se evita que el agregado absorba parte del agua de la mezcla alterando la relación entre el agua y el material cementante y en consecuencia perjudique la resistencia y otras propiedades. Un agregado en estado mojado y húmedo superficialmente originaría un aporte de agua por lo que será necesario el reajuste del contenido de agua para lograr las cantidades exactas para la mezcla y evitar excesos.

Materiales

- ✓ Horno de Secado
- ✓ Balanza
- ✓ Recipientes

Procedimiento:

Tanto para agregado grueso y fino se obtiene una muestra especificada en la Tabla 5; se pesa y anota la cantidad en gr; se pone la muestra en el horno de secado generalmente por 1 día (24 h) a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, luego se retira la muestra y se registra el peso de la muestra seca. Por último, se realiza el cálculo para obtener el % de humedad, utilizando la fórmula:

$$P = 100 * (W - D) / D$$

Donde:

P = Humedad total de la muestra (%)

W = Masa de muestra húmeda original (gr)

D = Masa de la muestra seca (gr)

Tabla 5 Tamaño de la muestra del agregado

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 1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 1/2)	16,0
100,0 (4)	25,0
150,0 (6)	50,0

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.185

Peso específico de los Agregados

Mediante este procedimiento se calcula la gravedad específica de un sólido, estableciendo una relación con la masa de un volumen equivalente de agua. Si el material tiene un valor de peso específico bajo, el agregado se califica como débil. Según la Norma de Agregados generalmente obtienen un peso específico entre los valores de 2.40 gr/ cm³ a 2.8 gr/ cm³.

Materiales

- ✓ Matraz
- ✓ Canastilla
- ✓ Horno
- ✓ Balanza
- ✓ Cono de absorción

Procedimiento

Para Agregado Grueso

- ✓ Lavar y sumergir la muestra en agua por 24 horas.
- ✓ Retirar el agregado del recipiente y con un paño retirar el agua de la superficie del agregado a toques; se registra el peso.
- ✓ Colocar el agregado en una canastilla para luego sumergirla en agua y registrar el peso sumergido.
- ✓ Poner la muestra en el horno de secado a 105 °C de temperatura por 24 horas, registrar el peso. El valor del peso específico se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Pe = P / (P_{ss} - P_{sw})$$

Donde:

Pe = Contenido Específico de la masa

P = Peso de la muestra seca (gr)

P_{ss} = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)

P_{sw} = Peso de la muestra sumergida en agua

Para Agregado Fino

- ✓ Se coloca la muestra en un recipiente con agua durante 24 horas.
- ✓ Extraer el agua del recipiente y esparcir la muestra en una superficie absorbente; dejar secar bajo el sol y aire.
- ✓ Colocar el agregado en el cono de absorción. Si al sacar el cono se observa que se queda las ¾ partes, se determina que la muestra está saturada y seca superficialmente, caso

contario se determina que está húmeda. Posteriormente, del agregado saturado superficialmente seco, se pesa 500 gr y a su vez pesamos el matraz.

- ✓ Colocar la muestra en el matraz y añadir agua destilada hasta la marca de los 500 cm³, si aparecen burbujas se agita suavemente en círculos para eliminarlas; dejar 24 horas en reposo.
- ✓ Extraer el agua destilada del matraz dejando solo la muestra de agregado fino.
- ✓ Por último, pesar el agregado y el matraz y colocarlo en el horno de secado a 110 °C ± 5° por 24 horas. El valor del peso específico se obtiene con fórmula:

$$Pe = P / (V - Vo)$$

Donde:

Pe = Contenido Específico de la masa

P = Peso seco de la muestra en el horno (gr)

V = Peso en volumen, frasco volumétrico

Vo = Peso del agua añadida al frasco

Grado de Absorción de los Agregados

Este ensayo determina el porcentaje de agua que el agregado puede absorber durante 24 horas. Se sabe que mientras más poroso el agregado retendrá más agua.

Materiales

- ✓ Balanza
- ✓ Horno de secado

Procedimiento

Se utilizan los datos obtenidos para el peso específico.

Para el agregado grueso

$$\%absorción = 100 * \frac{P_{ss} - P}{P}$$

Donde:

P = Peso de la muestra seca en el horno (gr)

Pss = Peso de la muestra saturada y seca (gr)

Para el agregado fino

$$\%absorción = 100 * \frac{Pss - Wo}{Wo}$$

Donde:

Wo = Peso de muestra seca en horno

Pss = Peso de muestra saturada con superficie seca

Peso volumétrico de los Agregados

Radica en obtener el volumen unitario de los agregados en condición suelta o compactada que varían según la granulometría; la cual es establecida relacionando el peso entre volumen.

Materiales

- ✓ Báscula
- ✓ Varilla lisa de acero de Ø 5/8" con punta redonda
- ✓ Mazo de goma
- ✓ Molde

Procedimiento

Peso unitario suelto

- ✓ Registrar el peso del molde vacío.
- ✓ Llenar el molde con agregado dejándolo caer desde 5 cm de altura; la muestra deberá llenar todo el molde.
- ✓ Con la varilla lisa enrasar lo que rebasa del recipiente y limpiar los bordes del molde con la brocha.
- ✓ Pesar la muestra y el molde; se recomienda realizar el procedimiento tres veces para obtener resultados precisos.

Cálculo:

- ✓ Se resta el peso del molde más muestra - el peso del molde, para obtener el peso de la muestra.
- ✓ Luego, se divide el peso de la muestra entre el volumen del molde y como resultado tenemos el peso volumétrico suelto.

Peso unitario compactado

- ✓ Establecer la masa del molde vacío.
- ✓ Llenar 1/3 de la altura del molde con la muestra de agregado, compactando 25 veces con la varilla lisa, sin tocar el fondo.
- ✓ Llenar los 2/3 y luego llenamos todo el molde.
- ✓ Con la varilla lisa enrasar el recipiente y limpiar el borde del molde con la brocha.
- ✓ Pesar la muestra con el molde; se recomienda realizar el procedimiento tres veces para obtener resultados precisos.

Cálculo:

- ✓ Restar el peso del molde más muestra - el peso del molde, para obtener el peso de la muestra.
- ✓ Luego, dividir el peso de la muestra entre el volumen del molde y como resultado se tiene el peso volumétrico compactado.

Tabla 6 Requisitos para recipientes de medida

Espesor del metal, mínimo			
Capacidad de medida	Fondo	Sobre 1 ½ pulg ó 38 mm de pared ^A	Espesor Adicional
Menos de 0,4p ³	0,20 pulg	0,10 pulg	0,10 pulg
De 0,4 p ³ a 1,5p ³ , incluido	0,20 pulg	0,20 pulg	0,12 pulg
Sobre 1,5 a 2,8p ³ , incluido	0,40 pulg	0,25 pulg	0,15 pulg
Sobre 2,8 a 4,0p ³ , incluido	0,50 pulg	0,30 pulg	0,20 pulg
Menos de 11 L	5,0 mm	2,5 mm	2,5 mm
11 a 42 L, incluido	5,0 mm	5,0 mm	3,0 mm
Sobre 42 a 80 L, incluido	10,0 mm	6,4 mm	3,8 mm
Sobre 80 a 133 L, incluido	13,0 mm	7,6 mm	5,0 mm

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.017

Tabla 7 Densidad del Agua

Temperatura		kg/m ³	lb/p ³
°C	°F		
15,6	60	999,01	62,366
18,3	65	998,54	62,336
21,1	70	997,97	62,301
(23,0)	(73,4)	(997,54)	(62,274)
23,9	75	997,32	62,261
26,7	80	996,59	62,216
29,4	85	995,83	62,166

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.017

Agua

El agua en el concreto cumple 2 funciones importantes: la primera es hacer que la mezcla sea trabajable para facilitar la colocación y compactación y la segunda es producir una reacción química con el cemento para llegar a obtener un material duro y resistente; mientras se lleva a cabo este proceso de endurecimiento se forman vacíos interiores que debilitan la estructura de concreto, por lo que debemos controlar bien el agua incorporada, puesto cuanta más agua tiene la mezcla más débil es el concreto y a su vez frágil ante el intemperismo.

También es esencial verificar la humedad de las partículas inertes para realizar los reajustes adecuados al diseño de mezcla [11].

Aditivo

Los aditivos según Grijalva [11] son productos químicos que se agregan al concreto durante el proceso de mezclado modificando para sus propiedades y características.

Aditivos en concreto fresco:

- Mejora cohesión,
- Reduce segregación,
- Reduce sangrado (escurrimiento),
- Retarda fraguado,
- Acelera fraguado.

Aditivos en concreto endurecido:

- Aumenta resistencia a heladas,
- Aumenta velocidad de resistencia temprana,
- Aumenta resistencia, reduce permeabilidad.

➤ Ensayos de las propiedades del concreto simple en estado fresco:

Ensayo de Asentamiento

El Asentamiento o también denominado Ensayo del Cono de Abrams es un método mediante el cual se determina la fluidez y consistencia de las mezclas de concreto, se relaciona con la manejabilidad para ser manipulado y consolidado sin segregación dañina alguna [12].

Materiales:

- ✓ Cono de Abrams
- ✓ Varilla lisa de acero de Ø 5/8" de punta redonda
- ✓ Cuchara

- ✓ Wincha

Procedimiento

- ✓ Colocar el cono de Abrams sobre una superficie seca y plana.
- ✓ Llenar el molde de concreto en 3 capas; cada capa de 1/3 del volumen total.
- ✓ Compactar cada capa con la varilla de acero, de manera vertical, no en diagonal 25 veces.
- ✓ Enrasar el molde utilizando la misma varilla lisa.
- ✓ Levantar el molde de forma vertical y colocar la varilla encima del molde para tomar la medida de la distancia que existe entre la altura del molde y el concreto fresco.

Tabla 8 Tolerancias mínimas de slump

Especificaciones		Tolerancias ASTM C 94/C 94M NTP 339.114
Asentamiento nominal	2" (50 mm) y menos	± ½" (15 mm)
	2" a 4" (50 mm a 100 mm)	± 1" (25 mm)
	más de 4" (100 mm)	± 1 ½" (40 mm)
Asentamiento "máximo" o "no debe exceder"	3" (75 mm) o menos	En exceso 0" (0 mm)
		En defecto 1 ½" (40 mm)
	más que 3" (75 mm)	En exceso 0" (0 mm)
		En defecto 2 ½" (65 mm)
Tiempo de conservación en estos rangos (responsabilidad productor)		30 min desde llegada a obra

Fuente: DINO, con referencia a la NTP 339.035 y ASTM C143

Ensayo de Exudación

Este fenómeno es producido por la sedimentación de los componentes sólidos del concreto y por ello el ascenso del agua de mezcla hacia la superficie, si ésta no se controla correctamente producirían incorrectas relaciones a/c en la parte superior del elemento de concreto creando una débil capa porosa.

Materiales

- ✓ Probeta de Concreto
- ✓ Jeringas (sin aguja)
- ✓ Probeta graduada

Procedimiento

- ✓ Preparar mezcla de concreto.
- ✓ Tapar la superficie para evitar evaporaciones.
- ✓ Succionar con la jeringa el agua exudada en intervalos de 10 min durante los primeros 40 minutos de preparada la mezcla. Después cada 30 min.
- ✓ Depositar el agua en la probeta graduada hasta que la probeta deje de exudar.

Ensayo para establecer el Tiempo de Fraguado

Es la determinación del tiempo desde que agua y el cemento hacen contacto ya que se producen un conjunto de reacciones químicas como la generación de calor que hacen que la mezcla pase de un estado de fluidez o estado plástico a un estado de endurecimiento [12].

Materiales

- ✓ Probeta de concreto
- ✓ Penetrómetro
- ✓ Agujas de penetración (áreas de contacto: 1", ½", 1/10", 1/20", 1/40")

Procedimiento

- ✓ Elaborar la mezcla de concreto y registrar la hora exacta en que el agua hace contacto con el cemento.
- ✓ Dejar reposar 3 o 4 horas aproximadamente
- ✓ Realizar las penetraciones a la mezcla con las agujas de penetración durante cierto intervalo de tiempo hasta acabar con todas las agujas. El ensayo culmina cuando el esfuerzo haya llegado a los 4000 psi.

$$\text{Resistencia a la penetración (PSI)} = \frac{\text{Fuerza aplicada (lb)}}{\text{Área de la aguja (pulg}^2\text{)}}$$

Ensayo para determinar el Peso Unitario

La densidad del concreto, medida en kg/m³, indica la cantidad de materia contenida en un volumen específico. Este valor dependerá de la densidad de las partículas de agregado, el aire atrapado o incorporado y de inclusión de cantidades de agua y cemento, es decir, todos los componentes que intervengan [12].

Materiales

- ✓ Balanza
- ✓ Molde cilíndrico

- ✓ Varilla lisa de acero
- ✓ Mazo de Goma
- ✓ Cuchara metálica

Procedimiento

- ✓ Tomar nota de la masa y volumen del molde.
- ✓ Llenar el primer 1/3 del molde con la mezcla de concreto y con la varilla lisa damos 25 golpes de forma espiral de afuera hacia el interior, después golpear de 10 a 15 veces el exterior del molde con el mazo de goma. Realizar este proceso 3 veces hasta llenarlo.
- ✓ Enrasar en la tercera capa con la placa de enrase para quitar el excedente y limpiar los bordes.
- ✓ Llevar el molde a la balanza y anotamos la masa del molde y del concreto. Para obtener el resultado desarrollamos la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\text{Masa de concreto}}{\text{Volumen del molde}}$$

Donde:

Masa de concreto = Masa de (molde + concreto) – Masa de molde

Ensayo para determinar la Temperatura

La temperatura del compuesto de concreto fresco interviene en las cualidades del mismo en estado plástico, como el contenido de aire y asentamiento.

Esta temperatura se verá afectada por el aporte calorífico de los agregados, además del calor desatado por el proceso de hidratación del cemento; la temperatura máxima establecida es de 32° C [12].

Materiales

- ✓ Termómetro (precisión de 0.5 ° C)
- ✓ Molde con Concreto fresco

Procedimiento

- ✓ Llenar molde con la composición fresca de concreto
- ✓ Encajar el termómetro a 75 milímetros de profundidad. No mover el termómetro.
- ✓ Esperar de 2 a 5 minutos para que la temperatura o dígito se consolide, anotar la temperatura y la aproximamos al 0.5 ° C más cercano.
- **Ensayos de las propiedades del concreto simple en estado endurecido**

Ensayo de Resistencia a la Compresión

Es la propiedad mecánica más relevante del concreto. Se determina efectuando el ensayo de probetas, según metodologías normativas estandarizadas. Se define como la capacidad que puede soportar una superficie por unidad de área, el cual está expresado en términos de kg/cm², otras veces en MPa y también en psi.

Materiales

- ✓ Prensa de compresión
- ✓ Probeta cilíndrica
- ✓ Varilla lisa de punta redondeada
- ✓ Mazo de goma

Procedimiento

- ✓ Humedecer el interior del molde cilíndrica
- ✓ Compactar 3 capas de concreto fresco, aplicando 25 varillazos de forma vertical y con el mazo de goma damos de 10 a 15 golpes. Luego se enrasa la superficie.
- ✓ Después de 24 horas desmoldar el espécimen y curar la probeta sumergiéndola en agua por 7 días aproximadamente.
- ✓ Por último, sacar la muestra del lugar de curado 3 a 4 horas antes para luego ensayar la muestra en la máquina de compresión. El resultado se halla con la siguiente fórmula:

$$f'_c = P/A$$

Donde:

P = Carga aplicada por la máquina de compresión

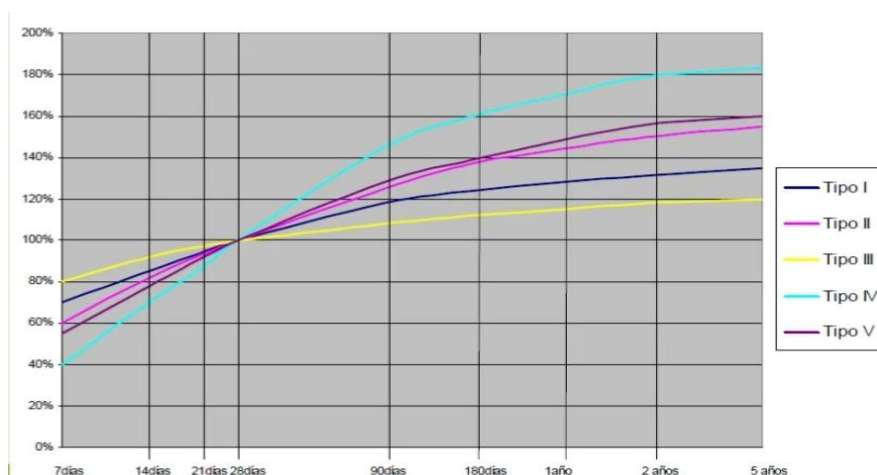
A = Área del molde cilíndrico

Tabla 9 Tolerancias de tiempo para realizar el ensayo de resistencia

Edad de Ensayo	Tolerancia de tiempo Permisible NTP 339.034	
	horas	%
24 h	± 0.5	± 2.1
3 d	± 2	± 2.8
7 d	± 6	± 3.6
28 d	± 20	± 3.0
90 d	± 48	± 2.2

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.034

Ilustración 1 Determinación de la resistencia a compresión en % a 28 días



Fuente: ACI

Ensayo de Determinación del Módulo de Elasticidad Elástico

El modelo de elasticidad estático es una propiedad del concreto endurecido muy importante para el diseño estructural, que muestra la habilidad o capacidad del concreto para alterarse en el rango elástico, este es calculado aplicando cargas de manera constante y conocida sobre una probeta para valorar la deformación del material.

Materiales

- ✓ Prensa de compresión
- ✓ Dial
- ✓ Extensómetro
- ✓ Especímenes cilíndricos moldeados

Procedimiento

- ✓ Utilizar el espécimen para evaluar la firmeza de la carga de compresión.
- ✓ Ubicar el espécimen con el dispositivo de medición en la base inferior o apoyo de la máquina de ensayos.
- ✓ Alinear cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de empuje de la superficie esférica del bloque superior.
- ✓ Se aplicaron al menos dos cargas al espécimen. Los datos de la primera carga se descartaron y los cálculos se realizaron utilizando el promedio de los resultados obtenidos en las cargas siguientes.
- ✓ Aunque los deformímetros no sean indispensables, una carga única puede proporcionar los datos necesarios para obtener tanto el módulo de elasticidad, que indica la rigidez del material, como su resistencia, que define su capacidad para soportar cargas antes de fallar

- ✓ Realizar una representación gráfica de los datos experimentales obtenidos en cada ensayo, utilizando un diagrama cartesiano. En el eje de las abscisas se representará la deformación unitaria longitudinal y en el eje de las ordenadas el esfuerzo de compresión. Esta representación permitirá determinar propiedades mecánicas relevantes del material.

Cálculos

Para el Módulo de Elasticidad

$$E = (S_2 - S_1) / (\epsilon_2 - 0.000050)$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad secante, psi

S₂ = Esfuerzo que indica el 40% de la carga última

S₁ = Esfuerzo que indica la deformación longitudinal, ϵ_1 , de 50 millonésima

Ensayo de Tracción Indirecta

Esta prueba del concreto endurecido consiste en añadir una carga compresiva sobre una de las caras laterales de la probeta, originando una distribución de tensiones traccionales, fisurando la muestra transversalmente.

Materiales

- ✓ Prensa de compresión
- ✓ Probeta de concreto
- ✓ Puntales de madera prensada de 3.2 mm de espesor y 25 mm de ancho y longitud igual o mayor a la del espécimen.

Procedimiento

Se elaborará la misma probeta cilíndrica de concreto utilizada para el ensayo de resistencia a compresión siguiendo los pasos especificados.

Luego se coloca la probeta transversalmente y se colocan los puntales de madera en ambas caras de la muestra y con el equipo de ensayo se origina la carga comprimiéndola transversalmente. El resultado se obtiene con la siguiente fórmula:

$$T = 2 * P / \pi * L * D$$

Donde:

P = Carga aplicada máxima por la máquina de compresión

L = Longitud de la probeta

D = Diámetro de la probeta

Ensayo de Durabilidad por Ataque a Sulfatos

La durabilidad es una propiedad fundamental del concreto que le permite resistir los efectos nocivos del medio ambiente, como la acción de sustancias químicas, la proliferación de organismos y otros procesos de deterioro. Un concreto duradero conserva su integridad estructural y funcional a pesar de estar expuesto a condiciones climáticas adversas. [13].

Existen algunos sulfatos de sodio, potasio y magnesio que existen de forma natural en el suelo o están disueltos en el agua freática o subterránea, especialmente en las cimentaciones estos sulfatos pueden llegar a encontrarse junto a estructuras de concreto siendo vulnerables a sufrir efectos perjudiciales. En otras situaciones la superficie está expuesta a evaporaciones que contienen sulfatos disueltos y cuando estos se acumulan sobre la superficie, incrementan su concentración y a su vez las posibilidades de deterioro [12].

Materiales

- ✓ Sulfato
- ✓ Máquina medidora de cambios de longitud
- ✓ Vigas de concreto con tornillo de acero inoxidable
- ✓ Medidor de pH

Procedimiento

- ✓ Preparar con 1 día antes de anticipación la solución donde se sumergirán las muestras endurecidas de concreto. La solución debe contener 50 grs de sulfato de sodio disueltos en 900 ml de agua, se debe almacenar a $23 \pm 20^{\circ}\text{C}$.
- ✓ Antes de usar la solución se determina el pH y desechar los resultados que estén fuera del rango de 6 a 8.
- ✓ La máquina medidora de cambios longitud posee una barra referencial para calibrar, anotar el resultado antes de realizar las mediciones.
- ✓ Elaborar las 3 vigas de concreto, serán curadas 7 días, luego de este periodo se introducirán en la solución de sulfato de sodio.
- ✓ Medir la longitud inicial del espécimen y tomar la medida de la muestra algunas semanas después.

Aceite Residual Automotriz

Los aceites o lubricantes son productos utilizados en la lubricación y refrigeración en vehículos menores; estos durante su uso llegan a contaminarse con materia orgánica de oxidación y otros residuos como el carbón, los cuales son producidos por el deterioro de los

metales del vehículo y otros sólidos haciendo que su calidad disminuya. Por lo general cuando los contaminantes son excesivos, el lubricante debe ser reemplazado por uno nuevo ya que ya no cumple lo que de él se demanda [14].

Almacenamiento del Aceite Residual Automotriz

El almacenaje de lubricantes usados es una actividad operativa que por el carácter del residuo catalogado como peligroso, involucra riesgos, ya que estos aceites contienen hidrocarburos volátiles disueltos.

La manera adecuada de almacenar este residuo es depositándolo en contenedores superficiales fabricados en lámina de metal, de resistencia a la acción de hidrocarburos, libres de corrosión que garanticen el confinamiento total del aceite usado almacenado. También deberán ser rotulados con las palabras “ACEITE LUBRICANTE USADO”, así mismo deberá rotularse la última fecha de inspección y limpieza en tamaño legible y deberá estar visible a cualquier persona que entre en el ambiente de almacenaje. En el lugar de almacenamiento se colocarán carteles de “SE PROHIBE FUMAR EN ESTA ÁREA” y “ALMACEN DE ACEITES LUBRICANTES USADOS” [17].

Disposición Final del Aceite Residual Automotriz.

El aceite lubricante usado es un recurso importante, si lo vemos desde su contenido energético y de otros potenciales usos; y la disposición final sin aprovechamiento de este recurso constituye un desperdicio, para lo cual debe considerarse y reglamentarse si vemos esto como una opción posible.

Se plantean alternativas sobre la disposición final de los lubricantes usados no tratados:

- Utilizando un método de encapsulación que garantice el aislamiento total y permanente del lubricante.
- El aceite lubricante usado puede encontrar diversas aplicaciones. Puede ser empleado como combustible en procesos de fabricación de clinker, tanto por vía húmeda como seca, siempre y cuando se cumplan con todos los requisitos legales y ambientales establecidos.
- Asimismo, es aplicable como combustible en procesos industriales que operen a temperaturas superiores a los 600°C.
- Sin embargo, cualquier otro destino final deberá ser evaluado y autorizado previamente por la entidad ambiental competente. [17].

Cedazo

Se utilizará como herramienta de cribado; después de la recolección de ARA se realizará el pre tratamiento con cedazo, también llamado tamiz; es un utensilio empleado para separar material muy fino. En este caso se aplicará este proceso para eliminar ciertos sólidos suspendidos que puedan existir dentro de la estructura interna del Aceite Residual de Auto.

Impurezas metálicas del Aceite Residual Automotriz

En las muestras analizadas se pueden encontrar cantidades significativas de estaño, plomo, cromo, plata y cadmio. Así mismo, la existencia de sodio, zinc, calcio, magnesio y fósforo podrían ser el resultado de la adición de aditivos utilizados para optimizar sus particularidades. Por otro lado, la presencia de Cromo y Hierro demuestra como el indicio de deterioro de piezas. Las partículas de polvo suspendidas en el aire pueden ser una fuente de contaminación por silicio [15].

Pasta y Aceite Residual Automotriz

En un artículo donde se analizan los daños causados por emplear aceite de motor diésel (DUEO) usado en motores de gasolina y viceversa." (PUEO) mencionan que la resistencia puede llegar a disminuir debido al nivel reducido de reacciones químicas que tienen lugar debido a la presencia de aceite junto con el debilitamiento de las fuerzas cohesivas desarrolladas en la pasta de cemento endurecida [6].

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Siguiendo la Guía Metodológica [16], la EIA es un procedimiento que requiere conocimientos técnicos y administrativos que permite evaluar los impactos potenciales de un proyecto sobre el ambiente biológico, físico, socio-económico.

Este estudio no solo considera los impactos directos, sino también las interrelaciones entre los diferentes componentes del ecosistema y su influencia en las comunidades.

Materiales y métodos

Tipo y nivel de Investigación

De acuerdo a la finalidad que persigue:

Es una investigación orientada a la acción, ya que el propósito es resolver un problema real; mediante el uso del Aceite Residual Automotriz como aditivo, se busca aportar conocimiento al sector construcción y resolver problemas del concreto en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas, además de un aporte ambiental a través de la reutilización de este residuo químico (ARA).

De acuerdo a los datos analizados:

Esta investigación emplea un enfoque cuantitativo, recolectando y analizando datos numéricos provenientes de pruebas experimentales en muestras de concreto que contienen aceite residual automotriz proveniente de centros de acopio de Chiclayo. Debido a que el Aceite Automotriz es un material reciclado este presenta diversos componentes químicos en su estructura interna por lo que se realizará el ensayo de densidad y Metales por ICP.

La investigación se basará en un diseño experimental, donde se tendrá en cuenta la manipulación y medición de variables, control, análisis y contrastación de los resultados logrados en la demostración de la hipótesis, donde en mi primera instancia como se ensayarán los agregados para elaborar el diseño de mezcla de concreto añadiéndose distintos porcentajes de ARA y muestras de control o patrón; tomando en consideración los resultados de los análisis. en la comparación de mezclas con diferentes porcentajes se podrá verificar la hipótesis mediante evidencia empírica.

Población, muestra, muestreo

Población

La población objeto de estudio de esta investigación son las mezclas de concreto con adición de Aceite Residual Automotriz, con la finalidad de evaluar las cualidades físicas y mecánicas de un concreto simple.

Muestra

La muestra se obtuvo mediante un muestreo de tipo NO PROBABILÍSTICO, ya que se dará de acuerdo a la conveniencia del investigador.

Muestra de Especímenes

Los materiales para las probetas (cilíndricas y prismáticas) serán extraídos de la región Lambayeque: agregado grueso de la cantera Tres Tomás, agregado fino de La Victoria y cemento Tipo I –Qhuna. Luego, se diseñará la mezcla, fabricarán testigos y se evaluarán sus propiedades. Utilizaremos materiales locales (Lambayeque) para elaborar las probetas. El agregado grueso provendrá de Tres Tomás, el fino de La Victoria y el cemento será Tipo I – Qhuna. Se diseñará la mezcla, se fabricarán especímenes y se evaluarán sus características.

Los porcentajes de dosificación de Aceite Residual Automotriz no están establecidos en alguna Norma Técnica, puesto que se está experimentando con este material de desecho; por lo que se proponen los siguientes porcentajes de adición de ARA: 0%, 0.15%, 0.35%, 0.55% y 0.75% del peso del cemento.

Las muestras patrón será realizada para un asentamiento diseño de 3” para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 10 Cantidad de muestras a elaborar

CONCRETO ELABORADO CON:	ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ										
% DE ADICIÓN ARA	M.P.		0.15%		0.35%		0.55%		0.75%		TOTAL DE MUESTRAS
Duración	7d	28d	7d	28d	7d	28d	7d	28d	7d	28d	
ENSAYOS PARA PROBETAS CILÍNDRICAS											
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20
MÓDULO DE ELASTICIDAD Y POISSON	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2	10
RESISTENCIA A TRACCIÓN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20

ENSAYOS PARA PROBETAS PRISMÁTICAS			
Duración	15 SEMANAS		TOTAL DE MUESTRAS
	M.P.	Mejor adición	
DURABILIDAD A SULFATOS	3	3	6

Fuente: Elaboración Propia

Muestra de Oleo Centros

En el muestro de Talleres de cambio de aceite, dado que no hay una norma que lo establezca, se escogerá un sector representativo de nuestra ciudad, donde se concentre la mayor cantidad de Oleo centros. Se optó por obtener el Aceite Residual Automotriz de Oleo Centros formales que tengan los requisitos necesarios para operar en el mercado de aceites.

Los Oleo Centros se encuentran al tanto de la actual investigación, es decir, se llegó a un acuerdo con los representantes para la facilitación del residuo mediante una solicitud por parte del representante hacia administración.

En la práctica ingenieril, el residuo debería ser obtenido de los talleres de cambio de aceite informales, ya que son éstos los que no presentan un almacenamiento, ni disposición final adecuados, pero debido a que la tesis de investigación requiere cierto nivel de formalidad se optó por los siguientes:

Tabla 11 Muestra de talleres automotrices

Nombre	Tipo	Dirección	ARA proporcionado	Almacenamiento
Servicios y Centros Prado	Formal	Av. Augusto B. Leguía N° 869	3 Gal	Cilindros de 55 galones
Ole Centro San Juan	Formal	Av. Nicolás de Piérola N° 215	1 Gal	Cilindros de 55 galones
Ole Centro San Andrés	Formal	Ca. Tahuantinsuyo y Ca. España N° 301	1 Gal	Cilindros de 55 galones

Fuente: Elaboración Propia

Criterios de selección

Para Aceite Residual Automotriz

Como ya es de conocimiento, existen diversos tipos de aceite dentro de la industria automovilística los cuales van a variar dependiendo del tipo de vehículo, pero cuando éstos cumplen su vida útil dejan de ser diferentes en tipo y propiedad para ser depositados y posteriormente mezclados en un único cilindro en espera de la reutilización. En los oleo centros anteriormente mencionados se tiene a disponibilidad 2 tipos de aceite residual los cuales son: Residuos de aceites derivados de la lubricación de motores diésel y de gasolina. Por lo mencionado, este trabajo de investigación optará por la utilización de Aceite Residual de motor diésel.

Para Especímenes

Respecto al ensayo de resistencia a la compresión

La Norma Técnica Peruana 339.034 especifica que se requieren mínimo 2 probetas cilíndricas de 15x30 cm para realizar el ensayo de resistencia de manera adecuada. Siguiendo los lineamientos de la NTP 339.034, se emplearán 2 probetas cilíndricas de las dimensiones indicadas para obtener resultados confiables.

Respecto al ensayo de resistencia tracción indirecta

Para asegurar un resultado promedio de resistencia representativo en el ensayo de tracción indirecta, se utilizarán 2 probetas cilíndricas de 15x30 cm, tal como lo indica la NTP 339.084. Con la finalidad de lograr un valor promedio de resistencia confiable en el ensayo de tracción indirecta, se empleará la cantidad mínima de probetas establecida en la NTP 339.084.

Respecto al ensayo de durabilidad a los sulfatos

El criterio de selección para el ensayo de durabilidad está basado en la norma ASTM C1012 donde establece que se deben elaborar como mínimo 3 probetas prismáticas de concreto de 2.5cm x 2.5cm x 28.5 cm las cuales se sumergirán por un periodo de tiempo de 15 semanas en una solución de sulfato de sodio.

- ✓ Los especímenes de concreto fueron descartados cuando presentaron defectos en su estructura, como desprendimiento de bordes, defectos en su forma, etc.
- ✓ Todos los especímenes fueron elaborados con agua potable.
- ✓ El curado de los especímenes se realizó hasta el día en que el espécimen fue ensayado.
- ✓ La incorporación de materiales se realizó utilizando una mezcladora de 6 pies³

Operacionalización de variables

Tabla 12 Variables de la Investigación

Variable		Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Normativa
Tipo	Descripción				
Independiente	Aceite Residual Automotriz	Aceite Residual de Motor Diesel	Cantidades (0.15, 0.35, 0.55 y 0.75)	%	-
		Pre Tratamiento	Cribado (cedazo)	-	-
Dependiente	Propiedades técnicas del concreto	Estado Fresco	Asentamiento	pulgadas	NTP 339.035
			Exudación	%	NTP 339.078
			Tiempo de Fraguado	Minutos/horas	ASTM C 403
			Peso unitario	kg/m3	NTP 339.046
			Temperatura	°C	NTP 339.184
		Estado Endurecido	Resistencia a la compresión	kg/cm2	NTP 339.034
			Módulo de Elasticidad	kg/cm2	ASTM C 469
			Resistencia a la tracción indirecta	kg/cm2	NTP 339.084
			Durabilidad a sulfatos	%	ASTM C1012.
Interviniente	Aceite Residual Automotriz	Ensayo Físico	Densidad	kg / l	ASTM D 1298
		Ensayo Químico	Espectrometría de Emisión Atómica	ppm	ASTM D 7111
	Agregado Fino y Grueso	Características del Agregado	Granulometría	%	NTP 400.012
			Peso específico y Grado de absorción	%	NTP 400.021 NTP 400.022
			Contenido de Humedad	%	NTP 339.185
			Peso Volumétrico de Agregados	kg/cm3	NTP 400.017

Fuente: Elaboración Propia

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Investigación

Mediante la recolección de información por las diferentes fuentes bibliográficas interpretadas podremos desarrollar el tema de investigación.

Experimentación

Manipulando las variables de estudio para los ensayos físicos y mecánicos del concreto se logrará validar o descartar la hipótesis planteada.

Guías y Fuentes

- ◇ NTP - Norma Técnica Peruana
- ◇ ASTM - American Society for Testing and Materials
- ◇ ACI - American Concrete Institute

Instrumentos de recolección de datos

Ensayos

Ensayo de los materiales: Granulometría, Grado de Permeabilidad, Saturación, Peso Específico, Peso Unitario seco suelto y Peso Unitario Seco Compactado.

Ensayos del concreto en estado fresco: Asiento, Extravasación, Tiempo de Fraguado, Peso Unitario y Temperatura

Ensayos del concreto simple en estado endurecido: Resistencia a compresión, Módulo de Elasticidad, Resistencia a tracción indirecta y Durabilidad a los sulfatos

Programas para procesamiento de datos

- ◇ Microsoft Office Word
- ◇ Microsoft Office Excel

Procedimientos

A continuación, se detallan los procesos empleados en esta investigación para el logro de los objetivos planteados:

Proceso de obtención de Aceite Residual Automotriz

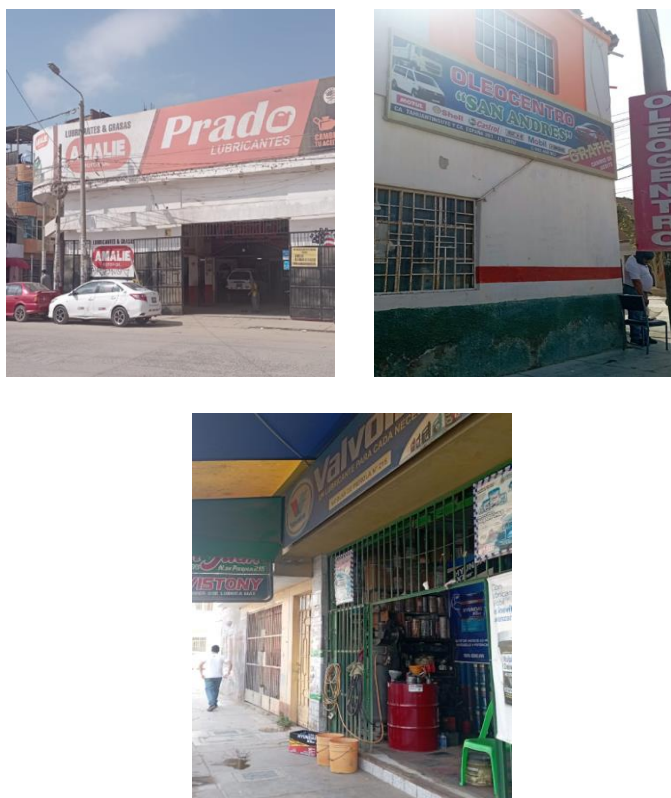
El aceite residual Automotriz o ARA se consiguió mediante la colaboración de 3 Oleo Centros formales, los cuales fueron entrevistados previamente con las siguientes interrogantes:

- ◇ ¿Cuál es el proceso de eliminación del ARA?
- ◇ ¿Dónde almacenan el ARA?
- ◇ ¿Cuántos autos de motor diésel cambian de aceite al día?
- ◇ ¿Cuál es el tipo de aceite más vendido?

Luego de interrogantes se envió una solicitud detallando los fines educativos de esta investigación. Los administradores de los oleo centros accedieron a la solicitud y en un lapso de 5 días consiguieron el aceite de motor diésel requerido.

El oleo centro Prado brindó 7 lts, Oleo Centro San Andrés brindó 6 lts y Oleo Centro San Juan brindó 6 lts. Recolectando un total de 19 lts aproximadamente.

Ilustración 2 Talleres automotrices facilitadores de ARA



Fuente: Galería Propia

A los oleo centros antes mencionados se les dio baldes de lata de 1 gln para que depositen el aceite de cambio de autos diésel.

Procediendo a mezclar todas las muestras de aceite obtenidas, para obtener una sola muestra homogeneizada para la investigación.

Ilustración 3 Homogeneización de muestras de Aceite Residual Automotriz



Fuente: Galería Propia

Preparación de la muestra de Aceite Residual Automotriz

Al ser un producto de desecho, existen partículas ajenas a su estructura las cuales deben ser producto de la manipulación o del motor del vehículo; es por ellos que se realizó el cribado con una malla o tamiz de abertura muy fina. Este procedimiento se realizó 5 veces, lavando el tamiz después de cada repetición, con el propósito de reducir al mínimo la presencia de contaminantes eliminando sustancias extrañas. Finalizado este procedimiento el Aceite Residual Automotriz se encuentra apto para ser utilizado en los ensayos normados más adelante.

Ilustración 4 Cribado de muestra de Aceite Residual Automotriz



Fuente: Propia

Procedimientos para ejecución de ensayos a los agregados.

En la elaboración de las muestras representativas (probetas cilíndricas y prismáticas) se utilizarán materiales provenientes de región de Lambayeque, en el caso del Agregado Grueso se obtendrá de la cantera Tres Tomas y para el Agregado Fino de la cantera La Victoria.

Se adquirió 1 m³ de cada material, el cual fue trasladado hacia el almacén de las instalaciones del laboratorio de Ingeniería Civil – USAT.

Ilustración 5 Agregados seleccionados para estudio



Fuente: Propia

A) Ensayo Granulométrico de los Agregados

El análisis de las partículas de agregado se realizó según la NTP 400.012: AGREGADOS. Análisis Granulométrico de agregado grueso, fino y global

Ilustración 6 Secado y pesaje de muestra para granulometría de finos



Fuente: Propia

Para garantizar la representatividad de los resultados, se utilizó una muestra de agregado grueso de 6.077 kg (mayor al mínimo requerido para TMN de $\frac{3}{4}$) y una muestra de agregado fino de aproximadamente 1 kg, ambas secas. Con el fin de obtener resultados confiables, se trabajó mayor cantidad, establecida como mínima: 6.077 kg de agregado grueso seco (TMN de $\frac{3}{4}$) y aproximadamente 1 kg de agregado fino seco.

Para el tamizado del agregado grueso se utilizó los siguientes tamices: #1", #3/4", #1/2", #3/8", #4, #8, #16 y fondo y para el agregado fino: #3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100 y fondo.

El tamizado tanto del agregado fino como grueso se realizó de forma manual agitando lateralmente; para el agregado grueso en especial, se cuidó que la muestra no excediera la capacidad del tamiz para que no haya errores en el pesaje.

Ilustración 7 Tamizado de agregados y pesaje de muestra retenida



Fuente: Propia

Para asegurarnos de que el agregado elegido es apto para su uso en mezclas de concreto, la NTP 400.037: Agregados, establece ciertos límites respecto a su adecuada distribución granulométrica.

Tabla 13 Límites granulométricos del agregado fino

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
Nº 4	95 – 100
Nº 8	80 – 100
Nº 16	50 – 85
Nº 30	25 – 60
Nº 50	10 – 30
Nº 100	2 - 10

Fuente: NTP 400.037

Tabla 14 Límites granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037

B) Contenido de Humedad de los Agregados

El ensayo de humedad se llevó a cabo inmediatamente después de recibir los agregados en el laboratorio, siguiendo el procedimiento establecido en la NTP 339.185, para determinar su contenido de humedad original.

Conforme a la NTP 339.185, se estableció la humedad de los agregados finos y gruesos tan pronto como llegaron al laboratorio, a fin de preservar su condición natural.

La muestra empleada para el agregado fino fue de 928.4 gr superando lo mínimo establecido por la normativa de 300 gr. Para el agregado grueso se empleó una muestra de 6.1075 kg, superando los 3 kg de muestra mínima establecida por la normativa:

Tabla 15 Cantidad mínima de muestra para ensayo de humedad del agregado grueso

TMN mm (pulg)	Masa mínima de la muestra en kg
4,75 (0,187) (N°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 (2.1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2.1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3.1/2)	16,0
100,0 (4)	25,0
150 (6)	50,0

Fuente: NTP 339.185

Ilustración 8 Pesaje de muestra seca para ensayo de humedad



Fuente: Galería Propia

C) Peso específico y Grado de Absorción de los Agregados

Se aplicó la NTP 400.021: AGREGADOS, adaptada para agregado fino, para establecer el peso específico y absorción de una muestra de aproximadamente 3 kg de agregado grueso sumergida en agua durante 01 día a fin de determinar sus propiedades.

Ilustración 9 Secado de muestra saturada para ensayo de peso específico de agregado grueso



Fuente: Galería Propia

Para el agregado fino, se obtuvo una muestra exacta de 500 gr, la cual se introdujo en el matraz, de 500 cm³ para luego continuar con el procedimiento descrito anteriormente.

Ilustración 10 Ensayo de peso específico del agregado fino



Fuente: Galería Propia

D) Peso Unitario suelto y compactado de los Agregados

Para garantizar la precisión del ensayo, se siguió estrictamente la NTP 400.017, estableciendo como criterio de aceptación una variación máxima de 30 gr para el agregado fino y 80 gr para el agregado grueso entre dos determinaciones consecutivas.

Ilustración 11 Ensayo de peso volumétrico de los agregados



Fuente: Galería Propia

Ensayos realizados al Aceite Residual Automotriz

Los ensayos realizados al Aceite Residual Automotriz, se hicieron utilizando la muestra limpia de impurezas que se obtuvo mediante el proceso de cribado explicado anteriormente.

A continuación, se detallan los ensayos que, forman parte de las variables intervinientes de la investigación puesto que, no es un ensayo elaborado por el investigador, pero es relevante para la ejecución de la misma.

A) Densidad / Gravedad API

Se ordenó efectuar el ensayo de densidad al Aceite Residual Automotriz a una empresa especializada en el rubro, ya que se requería saber la cantidad de ARA en ml que se necesitaría por porcentaje respecto al peso de cemento Automotriz. La empresa realizó el ensayo bajo los lineamientos de la ASTM D1298, procedimiento normalizado para evaluar la densidad relativa y la gravedad API de petróleo y sus derivados.

B) Metales por ICP

Se ordenó realizar el ensayo de Metales por ICP con la finalidad de conocer el contenido de trazas de metal en productos petrolíferos y químicos y saber las concentraciones en ppm existentes en el Aceite Residual Automotriz. La empresa realizó el ensayo bajo los lineamientos de la ASTM D 7111 Procedimiento analítico normalizado para cuantificar oligoelementos en la fracción de destilación media de productos petrolíferos utilizando un espectrómetro de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES).

Posteriormente se analizará si la concentración de metales es suficiente para causar efectos negativos en el desempeño del concreto.

Lineamiento de incorporación de Aceite Residual Automotriz a la mezcla de concreto

Las investigaciones, en su mayoría artículos científicos, no especifican la forma de incorporación de este residuo, es por ellos que en esta investigación se detalla la técnica de adición para obtener mejores resultados.

Una vez añadido el agregado grueso, fino y cemento a la mezcladora; la adición de aceite residual automotriz en el concreto se debe realizar de la siguiente manera:

- ◇ Se agrega la mitad del agua de mezcla junto a los agregados y cemento.
- ◇ En una probeta graduada; se recomienda que sea de vidrio, colocar la medida de ARA correspondiente según el porcentaje que se está evaluando.
- ◇ En un recipiente aparte se combina la mitad del agua restante y el aceite Residual Automotriz.

Ilustración 12 Técnica adecuada de incorporación de ARA



Fuente: Galería Propia

- ◇ Mientras la mezcladora gira se le va añadiendo la combinación de ARA y agua.

Se realiza el procedimiento con todos los porcentajes de Aceite Residual Automotriz planteados (0.15%, 0.35%, 0.55% y 0.75%) y posteriormente se obtiene el slump. La cantidad de ARA está en función al peso del cemento empleado en la mezcla.

Tener en consideración el porcentaje de desperdicio debido a la manipulación del ARA, en este caso se utilizó un porcentaje de desperdicio del 20%, ya que cierta parte del Aceite quedaba impregnada en la probeta graduada y en el recipiente de agua.

Asegurarse de que el ARA se encuentre a temperatura ambiente, en el ambiente donde se efectuaron los ensayos se encuentra a una temperatura que comprende los 20 y los 25 °C por lo que no se vio necesario medir la temperatura de la muestra de ARA.

Es importante mencionar que se realizó una prueba interna de laboratorio, en donde se vertió el Aceite Residual Automotriz directamente a la mezcla de concreto; se realizó la prueba del slump y se observó que no tiene el mismo efecto ya que el slump se redujo considerablemente. El concreto con esta técnica tuvo que ser desechado para no perjudicar los resultados de esta investigación

Ilustración 13 Técnica inadecuada de incorporación de ARA



Fuente: Galería Propia

Procedimientos para ejecución de ensayos al concreto en estado fresco

A) Ensayo de Asentamiento (Slump)

Este proceso también se realiza como control de calidad para saber si nuestro diseño de mezcla está ejecutado correctamente. Su ejecución se llevó a cabo según la NTP 339.035: HORMIGÓN. Procedimiento de ensayo utilizado en la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. Este diseño de mezcla tuvo un slump de 3". Es importante recalcar que si durante el ensayo se observa un desmoronamiento o asentamiento tipo corte el ensayo se descartará, es decir, debe ser realizado nuevamente. Si ocurre lo mismo se puede decir que la mezcla carece de plasticidad y cohesión.

Ilustración 14 Varillado de concreto para ensayo de Asentamiento



Fuente: Galería Propia

B) Ensayo de Exudación

Procedimiento utilizado para determinar la exudación del concreto, se utilizó el Método A de la NTP 339.077: CONCRETO. La muestra, consolidada por varillado, se protegió con una envoltura plástica para impedir la evaporación del líquido durante la prueba.

Ilustración 15 Toma de agua exudada en la superficie



Fuente: Galería Propia

Durante el proceso se evitó recolectar residuos de pasta que yacían en la superficie, ya que podían incrementar la lectura del agua exudada.

Ilustración 16 Agua exudada acumulada

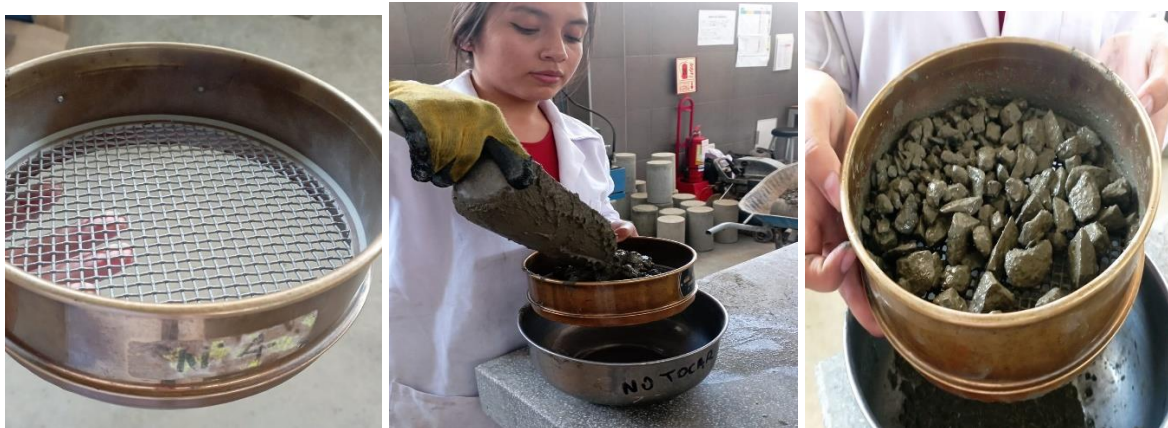


Fuente: Galería Propia

C) Ensayo de Tiempo de Fraguado

Se empleó el método de ensayo normalizado en la NTP 339.082: HORMIGÓN, para evaluar el tiempo de fraguado del hormigón, mediante el ensayo de penetración estándar (SPT); para ello se necesitó la dosificación para 1.8 probetas de concreto para poder tener el suficiente mortero.

Ilustración 17 Tamizado de concreto para ensayo de tiempo de fraguado



Fuente: Galería Propia

Para la penetración de las agujas se adaptó la máquina de ensayo Marshall, ya que su lectura era de 4.8 KN, lo cual era suficiente para iniciar y culminar el ensayo con las cargas establecidas por la norma.

Ilustración 18 Penetraciones con máquina Marshall



Fuente: Galería Propia

D) Ensayo de Peso Unitario

Este proceso se ejecutó teniendo en cuenta la NTP 339.046: HORMIGÓN: utilizado para establecer la densidad (Peso unitario), contenido y rendimiento del aire (Método gravimétrico) del hormigón, para ellos se utilizó un molde plástico ya que era más fácil de manipular.

Ilustración 19 Pesaje de probeta de concreto para ensayo de peso unitario



Fuente: Galería Propia

E) Ensayo de Temperatura

El ensayo se llevó a cabo según la NTP 339.184: HORMIGÓN, regulado para establecer el nivel de temperatura en las mezclas de hormigón. Para ello es importante que el termómetro se prenda minutos antes del ensayo para que se estabilice y pueda medir de manera correcta.

Ilustración 20 Toma de temperatura a probeta de concreto en estado fresco



Fuente: Galería Propia

Procedimientos para ejecución de ensayos al concreto en estado endurecido

A) Resistencia a Compresión del concreto

El ensayo se realizó siguiendo los procedimientos de la NTP 339.034: establecido como procedimiento estándar para cuantificar la resistencia a la compresión uniaxial de probetas cilíndricas de concreto; para ellos, se cumplió con todos los requisitos de la norma NTP 339.033 para la elaboración y curado de los especímenes de concreto, garantizando así la confiabilidad de los resultados de los ensayos.

Ilustración 21 Preparación de especímenes de concreto para ensayo de resistencia



Fuente: Galería Propia

Finalmente se introduce la probeta a la prensa de compresión sometiendo una carga axial a una velocidad de 25 MPa/s, hasta obtener la carga última donde la probeta falla.

Ilustración 22 Rotura de espécimen de concreto en prensa de compresión



Fuente: Galería Propia

B) Módulo de Elasticidad

Se llevó a cabo según la normativa ASTM C 469: Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático del concreto sometido a compresión. Para este ensayo se necesitaron especímenes de concreto que se realizaron bajo los lineamientos de la NTP 339.033: Normativa que establece los pasos a seguir para producir y conservar muestras de concreto en la construcción.

Ilustración 23 Ensayo de módulo de elasticidad



Fuente: Galería Propia

C) Resistencia a la Tracción Indirecta

Se ejecutó según la NTP 339.084: HORMIGÓN. Método regulado para establecer la resistencia a tracción del concreto mediante el ensayo de compresión diametral, siguiendo los lineamientos de la NTP 339.033. Las probetas cilíndricas fueron elaboradas conforme a esta misma norma.

Ilustración 24 Ensayo de tracción indirecta por compresión diametral



Fuente: Galería Propia

D) Durabilidad por Ataque de Sulfatos

Se realizó el ensayo de cambio de longitud por ataque de sulfato de sodio bajo los lineamientos de la normativa ASTM C1012: Método para medir el cambio de longitud de morteros expuestos a soluciones de sulfato.

Ilustración 25 Máquina medidora de cambios de longitud



Fuente: Galería Propia

PLAN DE PROCESAMIENTO

Se planteó el siguiente plan en el proceso para la demostración de la hipótesis

➔ FASE I: PLANIFICACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

1. Revisar la información y normativa nacional vigente
2. Recolección de información bibliográfica
3. Visita a talleres de automoción para recolección datos
4. Inicio de la evaluación de Impacto Ambiental

➔ FASE II: OBTENCIÓN DE ARA Y MATERIALES

1. Adquisición de Aceite Residual Automotriz
2. Adquisición de los agregados y cemento Tipo I

➔ FASE III: ENSAYOS Y PROCESAMIENTO DE SATOS

1. Ensayos para el Aceite Residual Automotriz
 - Ordenar ensayo físico - químico al ARA
 - Pretratamiento de colado (cedazo)
2. Ensayos de los agregados.
3. Diseño de mezcla (Diseño preliminar)
4. Ensayos para el concreto
 - Asentamiento
 - Exudación
 - Tiempo de Fraguado
 - Peso unitario
 - Temperatura
 - Resistencia a compresión
 - Módulo de Elasticidad
 - Resistencia a tracción indirecta
 - Durabilidad a los sulfatos

➔ FASE IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

1. Análisis de los resultados
2. Análisis ambiental
3. Análisis económico
4. Elaboración de informe final
5. Conclusiones y recomendaciones

➔ FASE V: CULMINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Matriz de consistencia

Tabla 16 Matriz de consistencia

Título	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable		Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	Normativa	Metodología
				Tipo	Descripción					
Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de Aceite Residual Automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm ²	Aditivos convencionales con costos elevados y contaminación ambiental por mala gestión de Aceite Residual Automotriz por parte de oleocentros informales	Objetivos general Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de Aceite Residual Automotriz para una resistencia de 210 kg/cm² Objetivos específicos •Caracterizar los agregados a utilizar en la elaboración del diseño de mezcla para un concreto simple de f'c 210 kg/cm². •Determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple de la muestra patrón y de las muestras con porcentajes de Aceite Residual Automotriz al 0.15%, 0.35%, 0.55% y 0.75%. •Comparar los resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple para la muestra patrón y muestras con incorporación de ARA al 0.15%, 0.35%, 0.55% y 0.75%. •Definir el porcentaje óptimo de Aceite Residual Automotriz en el concreto que permita un buen desempeño del mismo. •Explicar teóricamente si las impurezas metálicas del Aceite Residual Automotriz producirían Reactividad Alcalí Silíce y Alcalí Carbonato. •Elaborar la Evaluación de Impacto Ambiental que se genera al reutilizar el Aceite Residual Automotriz para la producción de concreto. •Analizar los resultados del ensayo químico de Metales por ICP - Espectrometría de Emisión Atómica del Aceite Residual Automotriz y su posible repercusión en las propiedades del concreto simple. •Establecer el costo – producción para un metro cúbico de concreto con la adición óptima de Aceite Residual Automotriz. •Describir el proceso constructivo de la elaboración de concreto con el porcentaje óptimo de Adición del Aceite Residual.	“El aceite residual automotriz, obtenido de los oleo centros formales, influirá de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto simple con resistencia a la compresión de 210 kg/cm ² ”	Independiente	Aceite Residual Automotriz	Aceite Residual de Motor Diesel	Cantidades (0.15, 0.35, 0.55 y 0.75)	%	-	Tipo de Investigación: Aplicada - Cuantitativa
						Pre Tratamiento	Cribado (cedazo)	-	-	
				Dependiente	Propiedades técnicas del concreto	Estado Fresco	Asentamiento	pulgadas	NTP 339.035	
							Exudación	%	NTP 339.078	
							Tiempo de Fraguado	Minutos/horas	ASTM C 403	
							Peso unitario	kg/m ³	NTP 339.046	
							Temperatura	°C	NTP 339.184	
						Estado Endurecido	Resistencia a la compresión	kg/cm ²	NTP 339.034	Diseño de investigación : Experimental
							Módulo de Elasticidad	kg/cm ²	ASTM C 469	
							Resistencia a la tracción indirecta	kg/cm ²	NTP 339.084	
							Durabilidad a sulfatos	%	ASTM C1012.	
				Interviniente	Aceite Residual Automotriz	Ensayo Físico	Densidad	kg / l	ASTM D 1298	Población: Mezclas de concreto
						Ensayo Químico	Espectrometría de Emisión Atómica	ppm	ASTM D 7111	
					Agregado Fino y Grueso	Características del Agregado	Granulometría	%	NTP 400.012	Muestra: 40 probetas
							Peso específico y Grado de absorción	%	NTP 400.021 NTP 400.022	
							Contenido de Humedad	%	NTP 339.185	
							Peso Volumétrico de Agregados	kg/cm ³	NTP 400.017	

Fuente: Elaboración Propia

Consideraciones éticas

La presente investigación se adhiere a los principios éticos de integridad científica, garantizando el respeto a los derechos de las personas involucradas en el estudio y sus creaciones, por lo que, se afirma que esta investigación no se ha realizado anteriormente y todos los futuros resultados son propios, cabe mencionar que éstos han sido comparados con resultados de otras investigaciones como artículos científicos internacionales citados líneas abajo donde también se utilizó Aceite Residual Automotriz.

Los ensayos que se realizarán estarán bajo los lineamientos de la Norma Técnica Peruana y la ASTM; y el diseño de mezcla estará bajo los lineamientos del ACI – 211.

Resultados y discusión

Ensayo de materiales

Los ensayos se ejecutaron respetando los procedimientos anteriormente descritos y los resultados para cada método de ensayo son:

A) Granulometría de los agregados

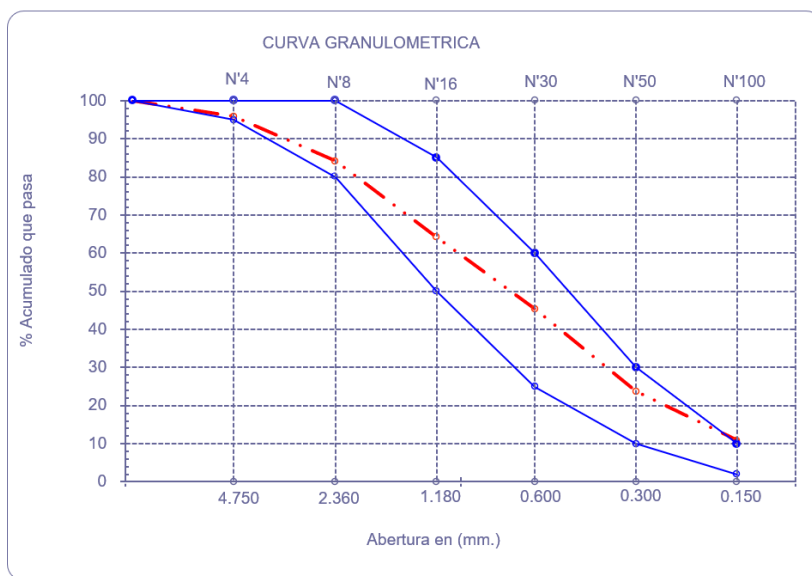
Agregado Fino

Tabla 17 Resultado de análisis granulométrico de agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

Muestra	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.			
Peso Hum.	928.4	Peso Seco :	910.35	
Modulo de Fineza:	2.758	Cont, Hum. :	1.98	
Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	0	0.0	0.0	100.0
Nº4	37.3	4.1	4.1	95.9
Nº8	107.0	11.8	15.9	84.1
Nº16	181.3	19.9	35.8	64.2
Nº30	171.6	18.8	54.6	45.4
Nº50	197.6	21.7	76.3	23.7
Nº100	116.7	12.8	89.1	10.9
FONDO	98.9	10.9	100.0	0.0

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Gráfica 1 Resultado de análisis granulométrico de agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Agregado Grueso

Tabla 18 Resultado de análisis granulométrico para el agregado grueso de la Cantera Tres Tomas

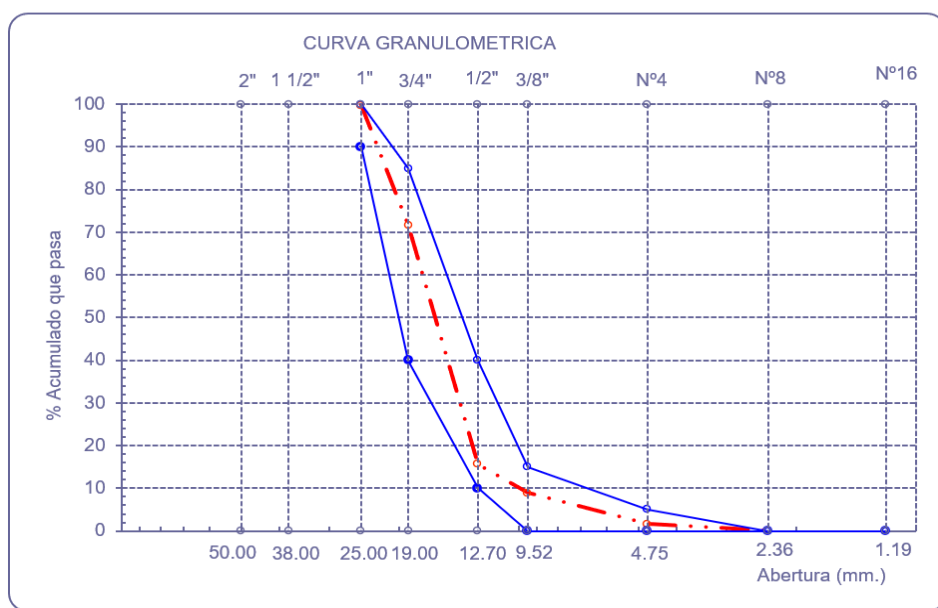
Muestra : Piedra Chancada - Tres Tomas				
Peso Hum. 6107.5		Peso Seco : 6077.5		
Modulo de Fineza: 4.023		Cont, Hum. 0.49		
Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	0		0.0	100.0
1 1/2"	0	0.0	0.0	100.0
1"	18.22	0.3	0.3	99.7
3/4"	1700	28.0	28.3	71.7
1/2"	3410	56.1	84.4	15.6
3/8"	406.66	6.7	91.1	8.9
Nº4	442.37	7.3	98.4	1.6
Nº8	96.28	1.6	99.9	0.1
Nº16	4.41	0.1	100.0	0.0
FONDO	0	0.0	99.9	0.1

T.M.: **1"**

T.M.N.: **3/4"**

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Gráfica 2 Resultado de análisis granulométrico para el agregado grueso de la Cantera Tres Tomas



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Se obtuvo: El agregado grueso obtenido de la Cantera Tres Tomas y el agregado fino obtenido de la cantera La Victoria – Pátapo si cumplen con los requisitos granulométricos especificados por ITINTEC 400.037. Se determinó que el TMN (Tamaño máximo nominal) para el agregado grueso es de 3/4", y el MF (Módulo de Fineza) del agregado fino es de 2.758, datos que se utilizarán posteriormente en el diseño de mezcla.

B) Contenido de humedad de agregados

Agregado Fino

Tabla 19 Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	617.54	617.54
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	605.55	605.55
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.98	1.98
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.98	

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Agregado Grueso

Tabla 20 Resultado del ensayo de contenido de humedad para el agregado grueso de la Cantera Tres Tomas

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	6107.5	6107.5
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	6077.5	6077.5
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.5	0.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.49	

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Se obtuvo: La humedad del agregado fino es 1.98% y la del agregado grueso es de 0.49%.

C) Peso específico y absorción de agregados

Agregado Fino

Tabla 21 Resultado del ensayo de peso específico y grado de absorción para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	972.0	972.0
2.- Pesc Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	667.7	667.7
3.- Peso del Agua	(g)	304.3	304.3
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	663.7	663.7
5.- Peso del Frasco	(g)	167.7	167.7
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	496	496
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	2.534
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.555
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.587
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.81

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Agregado Grueso

Tabla 22 Resultado del ensayo de peso específico y grado de absorción para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	2752	2752
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	2770	2770
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	2630	2630
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1750	1750

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.698
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.716
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.746
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.65

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Se obtuvo: El agregado grueso tuvo un peso específico de 2.698 kg/cm³ con una absorción de 0.61% y el agregado fino tuvo un peso específico de 2.534 kg/cm³ con una absorción de 0.81%.

D) Peso Unitario Suelto y Compactado de los agregados

Agregado Fino

Tabla 23 Resultado del ensayo de peso unitario suelto y compactado para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8242	8250
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8242	8250
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1484	1486
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1456	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9350	9358
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9350	9358
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1684	1685
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1652	

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Se obtuvo: Para el agregado fino, el peso Unitario Suelto fue de 1456 kg/cm³ y el peso Unitario Compactado fue de 1652 kg/cm³.

Agregado Grueso

Tabla 24 Resultado del ensayo de peso unitario suelto y compactado para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7776	7798
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7776	7798
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1428	1432
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1423	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8756	8768
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8756.0	8768.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1608	1611
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1602	

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Se obtuvo: Para el agregado grueso el peso Unitario Suelto fue de 1423 kg/cm³ y el peso Unitario Compactado fue de 1602 kg/cm³.

Diseño de mezcla

Después de haber culminado la caracterización de los agregados y el cribado del Aceite Residual Automotriz, el diseño de la mezcla de concreto de control se llevó a cabo de acuerdo con los procedimientos establecidos en la norma ACI 211.. Por lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 25 Resultado de diseño de mezcla $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Diseño final (Condiciones húmedas)			Reajuste por Slump		
Slump requerido	3"		Slump requerido	3"	
Slump obtenido	2"		Slump obtenido	3"	
Cemento	326.69	kg/m ³	Cemento	334.66	kg/m ³
Agua	197.71	Lt/m ³	Agua	202.92	Lt/m ³
Arena	776.09	kg/m ³	Arena	756.612	kg/m ³
Grava	1004.86825	kg/m ³	Grava	1004.87	kg/m ³
Aditivo	0.0	Lt/m ³	Aditivo	0.0	Lt/m ³

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26 Resultados de diseño para $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de mezcla en peso y volumen

Dosificación en peso		Dosificación en volumen	
Cemento	1.00	Cemento	1.00
Agua	25.77lts/bls	Agua	772.62
Arena	2.26	Arena	1004.87
Grava	3.00	Grava	197.74
Aditivo	0.0	Aditivo	0.0

Fuente: Elaboración Propia

Resultados de ensayos realizados al concreto en estado fresco

A) ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

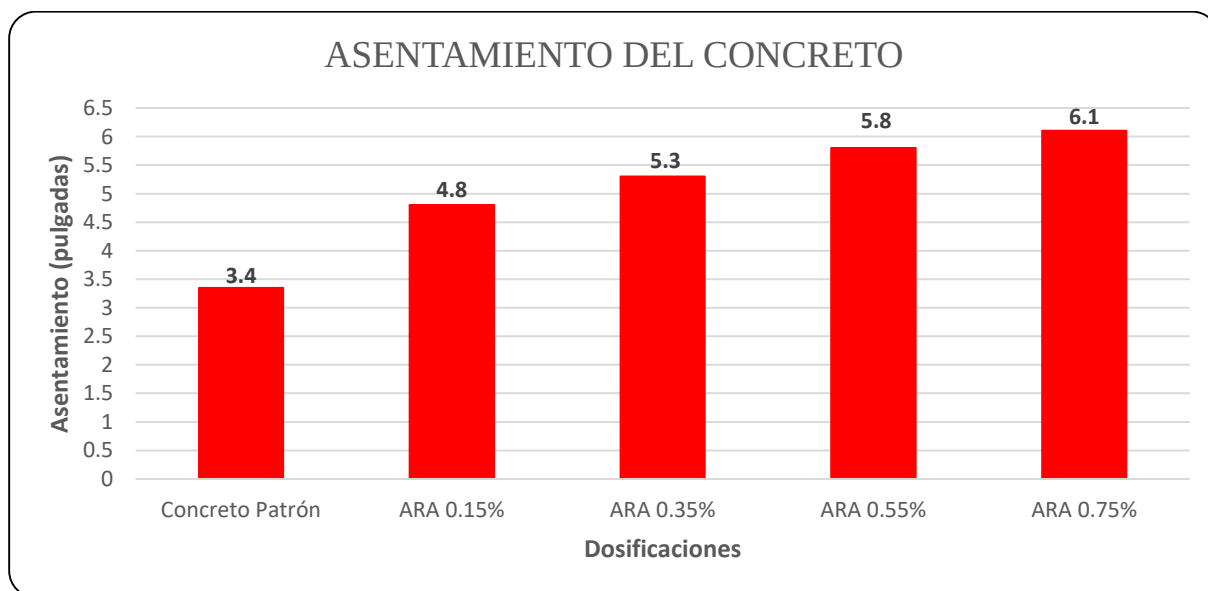
Tabla 27 Resultado del ensayo de asentamiento de las dosificaciones de estudio

DOSIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (")
Concreto Patrón	3.4
ARA 0.15%	4.8
ARA 0.35%	5.3
ARA 0.55%	5.8
ARA 0.75%	6.1

Fuente: Elaboración Propia

Tras la realización de ensayos, el concreto patrón alcanzó un asentamiento de 3.4" cuando la mezcla se diseñó para un asentamiento de 3"; en adelante cada adición aumenta el asentamiento, pero no de forma constante sino de una forma irregular.

Gráfica 3 Resultado del ensayo de asentamiento de las dosificaciones de estudio



Fuente: Elaboración Propia

B) ENSAYO DE EXUDACIÓN DEL CONCRETO

Área expuesta de concreto: 176.71 cm²

Agua de mezcla por muestra de ensayo: 1439 ml

CONCRETO PATRÓN (M1)

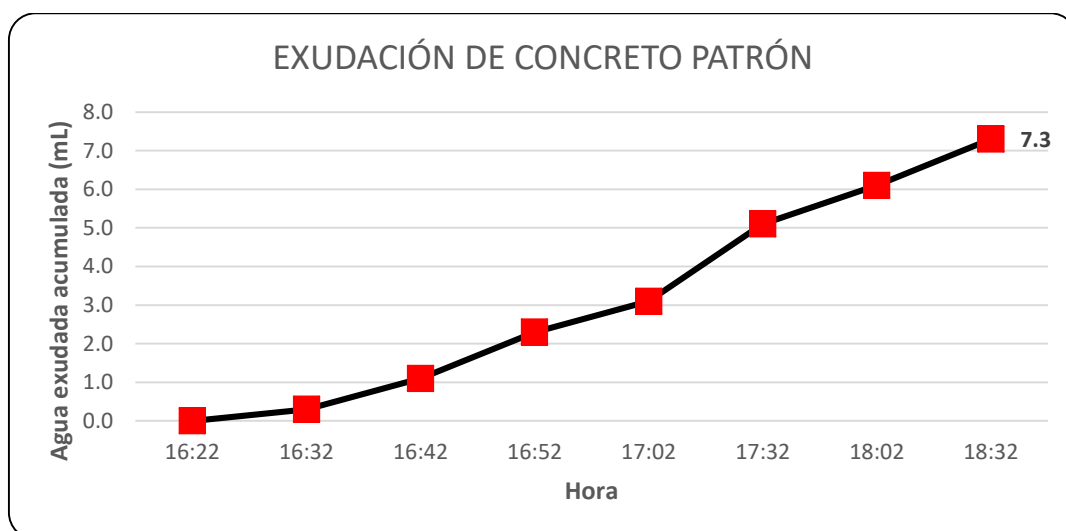
Tabla 28 Resultado de ensayo de exudación para concreto patrón

HORA	AGUA EXUDADA (mL)	AGUA EXUDADA ACUMULADA (mL)	AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	AGUA NETA ACUMULADA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE
16:22	INICIO DE ENSAYO	0.0	0%	0%	-
16:32	0.3	0.3	0.02	0.02	0.002
16:42	0.8	1.1	0.06	0.08	0.005
16:52	1.2	2.3	0.08	0.16	0.007
17:02	0.8	3.1	0.06	0.22	0.005
17:32	2	5.1	0.14	0.36	0.011
18:02	1	6.1	0.07	0.43	0.006
18:32	1.2	7.3	0.08	0.51	0.007

Fuente: Elaboración Propia

El proceso de exudación en la muestra patrón finalizó a las 2 horas y 10 minutos, registrándose un volumen acumulado de agua exudada de 7.3 ml, lo que representa un 0.51% del agua de mezcla, podría ser más apropiado.

Gráfica 4 Resultado de ensayo de exudación para dosificación para concreto patrón



Fuente: Elaboración propia

CONCRETO PATRÓN + ARA 0.15% (M2)

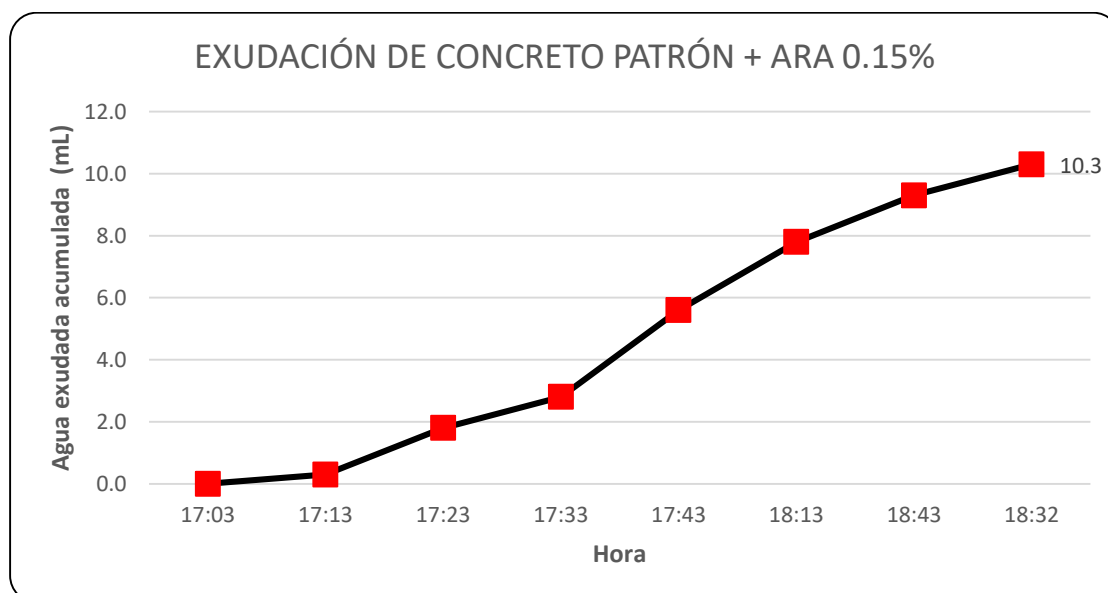
Tabla 29 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.15%

HORA	AGUA EXUDADA (mL)	AGUA EXUDADA ACUMULADA (mL)	AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	AGUA NETA ACUMULADA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE
17:03	INICIO DE ENSAYO	0.0	0%	0%	-
17:13	0.3	0.3	0.02	0.02	0.002
17:23	1.5	1.8	0.1	0.12	0.008
17:33	1.0	2.8	0.07	0.19	0.006
17:43	2.8	5.6	0.19	0.38	0.016
18:13	2.2	7.8	0.15	0.53	0.012
18:43	1.5	9.3	0.1	0.63	0.008
18:32	1	10.3	0.07	0.7	0.006

Fuente: Elaboración Propia

El cese de la exudación para la muestra de concreto patrón fue de 2:10 horas y el agua exudada acumulada fue de 10.3 ml representando un 0.70% de del agua neta de la muestra realizada.

Gráfica 5 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.15%



Fuente: Elaboración Propia

CONCRETO PATRÓN + ARA 0.35% (M3)

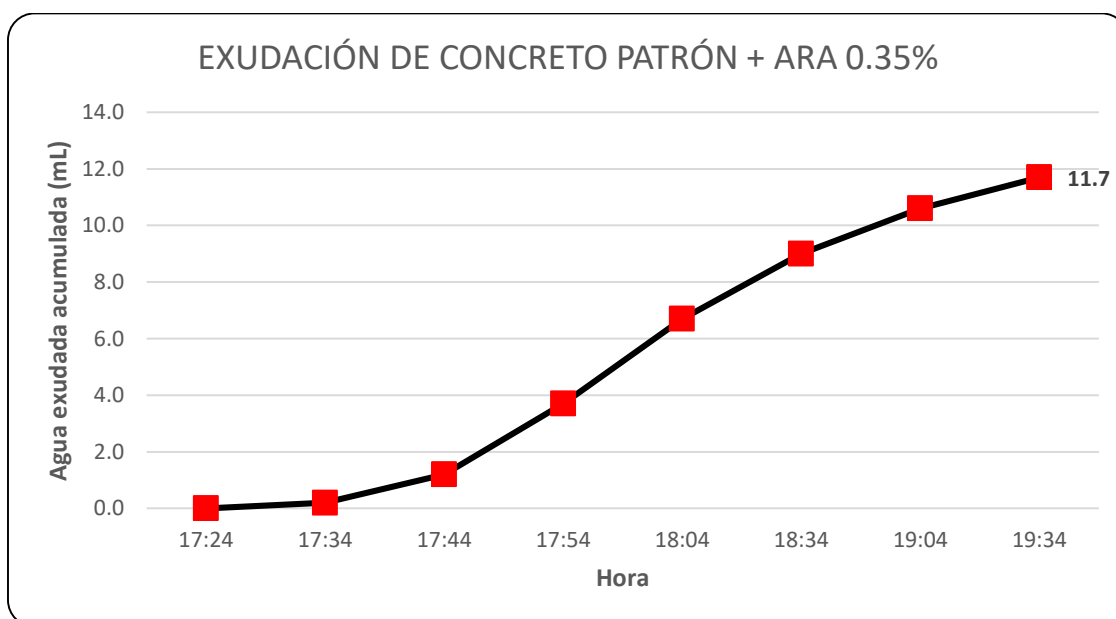
Tabla 30 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.35%

HORA	AGUA EXUDADA (mL)	AGUA EXUDADA ACUMULADA (mL)	AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	AGUA NETA ACUMULADA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE
17:24	INICIO DE ENSAYO	0.0	0%	0%	-
17:34	0.2	0.2	0.01	0.01	0.001
17:44	1	1.2	0.07	0.08	0.006
17:54	2.5	3.7	0.17	0.25	0.014
18:04	3	6.7	0.21	0.46	0.017
18:34	2.3	9.0	0.16	0.62	0.013
19:04	1.6	10.6	0.11	0.73	0.009
19:34	1.1	11.7	0.08	0.81	0.006

Fuente: Elaboración Propia

El cese de la exudación para la muestra de concreto patrón fue de 2:10 horas y el agua exudada acumulada fue de 11.7 ml representando un 0.81% de del agua neta de la muestra realizada.

Gráfica 6 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.35%



Fuente: Elaboración Propia

CONCRETO PATRÓN + ARA 0.55% (M4)

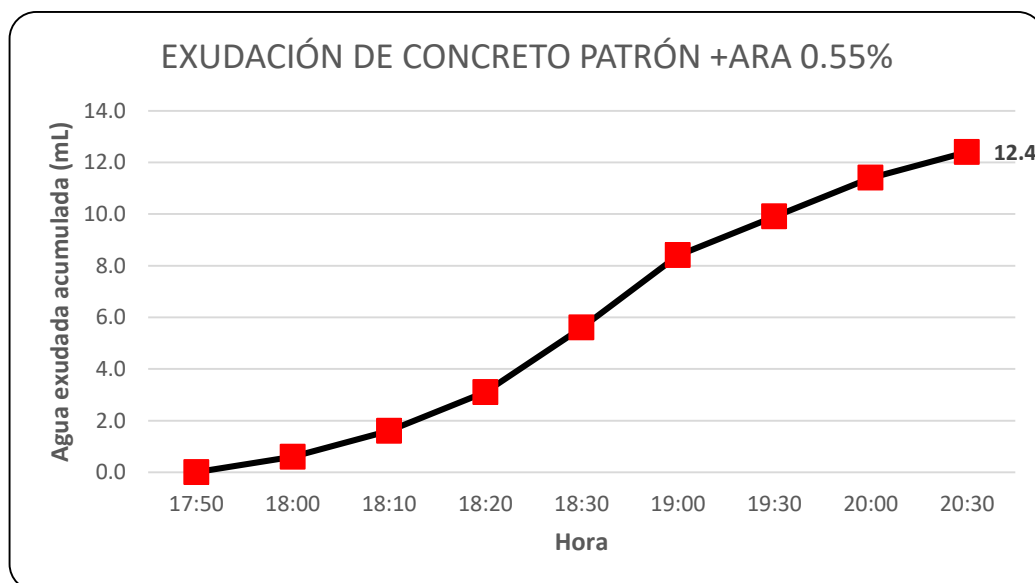
Tabla 31 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.55%

HORA	AGUA EXUDADA (mL)	AGUA EXUDADA ACUMULADA (mL)	AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	AGUA NETA ACUMULADA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE
17:50	INICIO DE ENSAYO	0.0	0%	0%	-
18:00	0.6	0.6	0.04	0.04	0.003
18:10	1	1.6	0.07	0.11	0.006
18:20	1.5	3.1	0.1	0.21	0.008
18:30	2.5	5.6	0.17	0.38	0.014
19:00	2.8	8.4	0.19	0.57	0.016
19:30	1.5	9.9	0.1	0.67	0.008
20:00	1.5	11.4	0.1	0.77	0.008
20:30	1	12.4	0.07	0.84	0.006

Fuente: Elaboración Propia

El cese de la exudación para la muestra de concreto patrón fue de 2:40 horas y el agua exudada acumulada fue de 12.4 ml representando un 0.84% de del agua neta de la muestra realizada.

Gráfica 7 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.55%



Fuente: Elaboración Propia

CONCRETO PATRÓN + ARA 0.75% (M5)

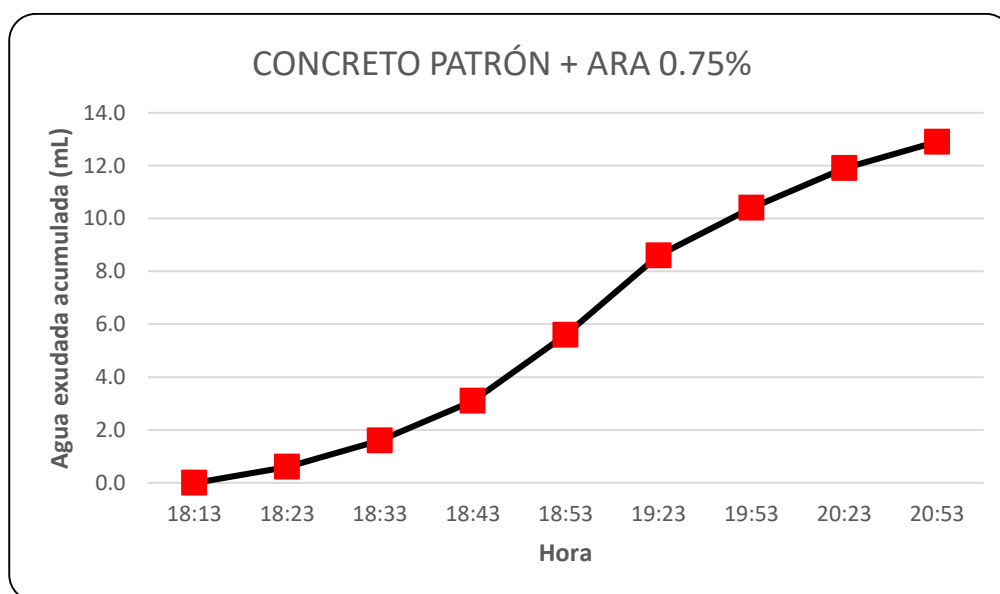
Tabla 32 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.75%

HORA	AGUA EXUDADA (mL)	AGUA EXUDADA ACUMULADA (mL)	AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	AGUA NETA ACUMULADA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE
18:13	INICIO DE ENSAYO	0.0	0%	0%	-
18:23	0.6	0.6	0.04	0.04	0.003
18:33	1	1.6	0.07	0.11	0.006
18:43	1.5	3.1	0.1	0.21	0.008
18:53	2.5	5.6	0.17	0.38	0.014
19:23	3	8.6	0.21	0.59	0.017
19:53	1.8	10.4	0.13	0.72	0.010
20:23	1.5	11.9	0.1	0.82	0.008
20:53	1	12.9	0.07	0.89	0.006

Fuente: Elaboración Propia

El cese de la exudación para la muestra de concreto patrón fue de 2:40 horas y el agua exudada acumulada fue de 12.9 ml representando un 0.89% de del agua neta de la muestra realizada.

Gráfica 8 Resultado de ensayo de exudación para dosificación de ARA al 0.75%



Fuente: Elaboración Propia

C) ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

CONCRETO PATRÓN

Hora de ensayo 12:25:00

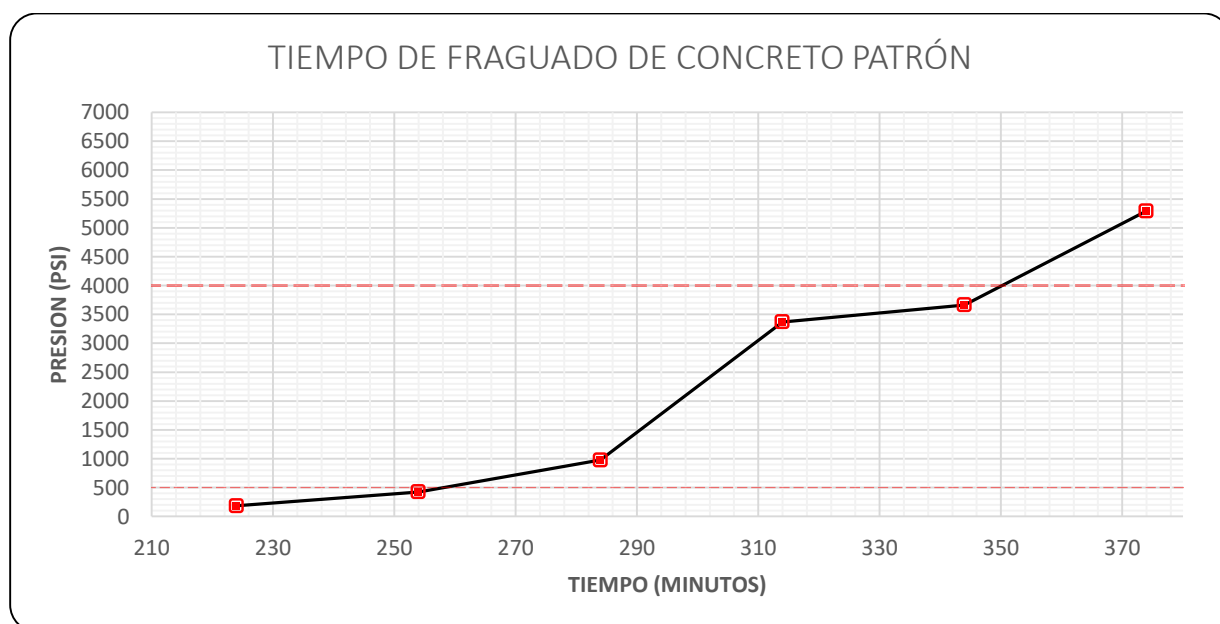
Tabla 33 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para concreto patrón

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
16:09:00	184 Lb	0.99 pulg2	224	185.45
16:39:00	220 Lb	0.52 pulg2	254	424.91
17:09:00	243 Lb	0.25 pulg2	284	977.02
17:39:00	259 Lb	0.08 pulg2	314	3370.66
18:09:00	180 Lb	0.05 pulg2	344	3663.68
18:39:00	146 Lb	0.03 pulg2	374	5292.65
Tiempo Inicial			259 min	4.32
Tiempo final			350 min	5.83
Tiempo fragua			91 min	

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Para el concreto patrón el periodo de fraguado inicial fue de 4. 32 horas y el tiempo de fraguado final fue de 5.83 horas, teniendo un tiempo de fragua inicial de 91 minutos.

Gráfica 9 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para concreto patrón



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

CONCRETO PATRÓN + ARA 0.15%

Hora de ensayo 09:30:00

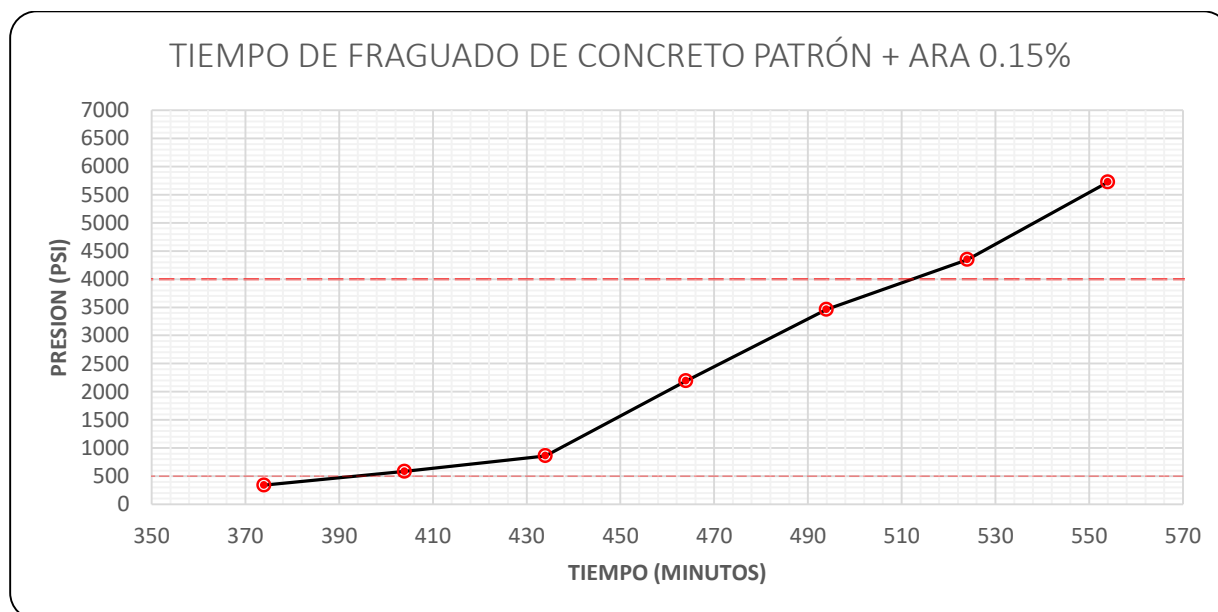
Tabla 34 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.15%

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presión (PSI)
13:14:00	337 Lb	0.99 pulg2	374	339.24
13:44:00	303 Lb	0.52 pulg2	404	585.33
14:14:00	214 Lb	0.25 pulg2	434	859.44
14:44:00	168 Lb	0.08 pulg2	464	2190.35
15:14:00	170 Lb	0.05 pulg2	494	3463.03
15:44:00	120 Lb	0.03 pulg2	524	4346.25
15:44:00	158 Lb	0.03 pulg2	554	5722.56
Tiempo Inicial			254 min	4.23
Tiempo final			374 min	6.23
Tiempo fragua			120 min	

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Para el concreto patrón el tiempo de fraguado inicial fue de 4.23 horas y el tiempo de fraguado final fue de 6.23 horas, teniendo un tiempo de fragua inicial de 120 minutos.

Gráfica 10 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.15%



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

CONCRETO PATRÓN + ARA 0.35%

Hora de ensayo 10:30:00

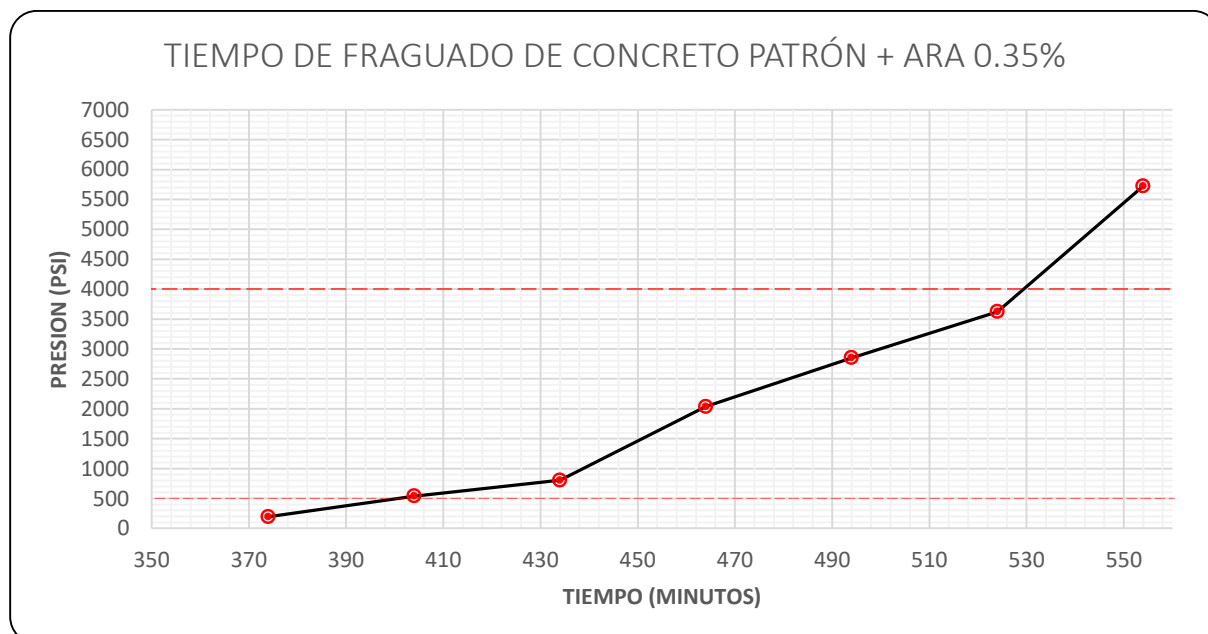
Tabla 35 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.35%

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presión (PSI)
14:14:00	193 Lb	0.99 pulg2	374	194.16
14:44:00	280 Lb	0.52 pulg2	404	540.03
15:14:00	200 Lb	0.25 pulg2	434	804.83
15:44:00	156 Lb	0.08 pulg2	464	2033.90
16:14:00	140 Lb	0.05 pulg2	494	2851.90
16:44:00	100 Lb	0.03 pulg2	524	3621.88
17:14:00	158 Lb	0.03 pulg2	554	5722.56
Tiempo Inicial			254 min	4.23
Tiempo final			374 min	6.23
Tiempo fragua			120 min	

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Para el concreto patrón el tiempo de fraguado inicial fue de 4.23 horas y el tiempo de fraguado final fue de 6.23 horas, teniendo un tiempo de fragua inicial de 120 minutos.

Gráfica 11 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.35%



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

CONCRETO PATRÓN + ARA 0.55%

Hora de ensayo 10:30:00

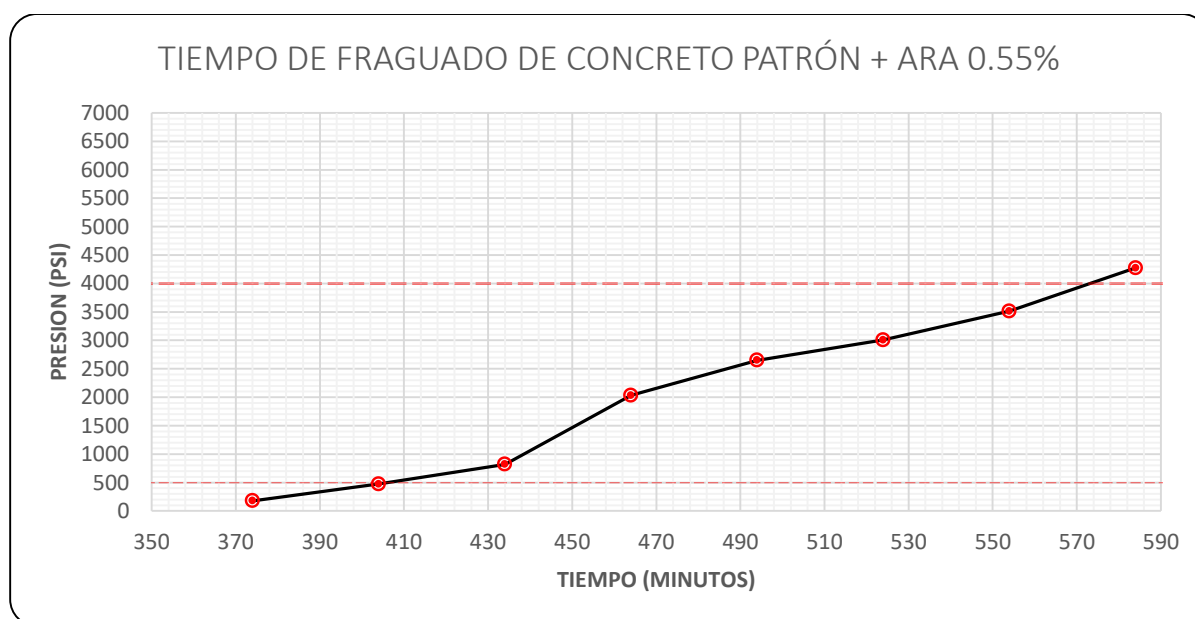
Tabla 36 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.55%

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
14:14:00	178 Lb	0.99 pulg2	374	179.07
14:44:00	246 Lb	0.52 pulg2	404	474.45
15:14:00	204 Lb	0.25 pulg2	434	820.93
15:44:00	156 Lb	0.08 pulg2	464	2033.90
16:14:00	130 Lb	0.05 pulg2	494	2648.20
16:44:00	83 Lb	0.03 pulg2	524	3006.16
17:14:00	97 Lb	0.03 pulg2	554	3513.22
17:44:00	118 Lb	0.03 pulg2	584	4273.81
Tiempo Inicial			284 min	4.73
Tiempo final			434 min	7.23
Tiempo fragua			150 min	

Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Para el concreto patrón el tiempo de fraguado inicial fue de 4.73 horas y el tiempo de fraguado final fue de 7.23 horas, teniendo un tiempo de fragua inicial de 150 minutos.

Gráfica 12 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.55%



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

CONCRETO PATRÓN + ARA 0.75%

Hora de ensayo 11:30:00

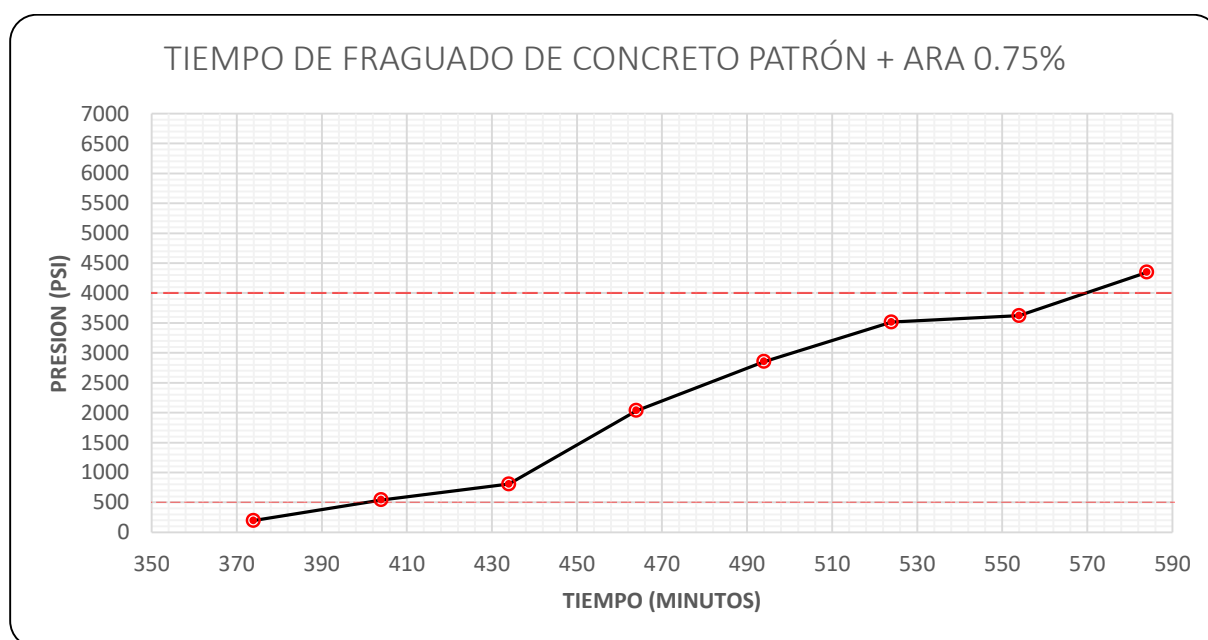
Tabla 37 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.75%

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
15:14:00	193 Lb	0.99 pulg2	374	194.16
15:44:00	280 Lb	0.52 pulg2	404	540.03
16:14:00	200 Lb	0.25 pulg2	434	804.83
16:44:00	156 Lb	0.08 pulg2	464	2033.90
17:14:00	140 Lb	0.05 pulg2	494	2851.90
17:44:00	97 Lb	0.03 pulg2	524	3513.22
18:14:00	100 Lb	0.03 pulg2	554	3621.88
18:44:00	120 Lb	0.03 pulg2	584	4346.25
Tiempo Inicial			254 min	4.23
Tiempo final			434 min	7.23
Tiempo fragua			180 min	

Fuente: Laboratorio de Materiales – USAT

Para el concreto patrón el tiempo de fraguado inicial fue de 4.23 horas y el tiempo de fraguado final fue de 7.23 horas, teniendo un tiempo de fragua inicial de 180 minutos.

Gráfica 13 Resultado de ensayo de tiempo de fraguado para dosificación de ARA al 0.75%



Fuente: Laboratorio de Materiales – USAT

D) ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Volumen del molde: 0.0053 m^3

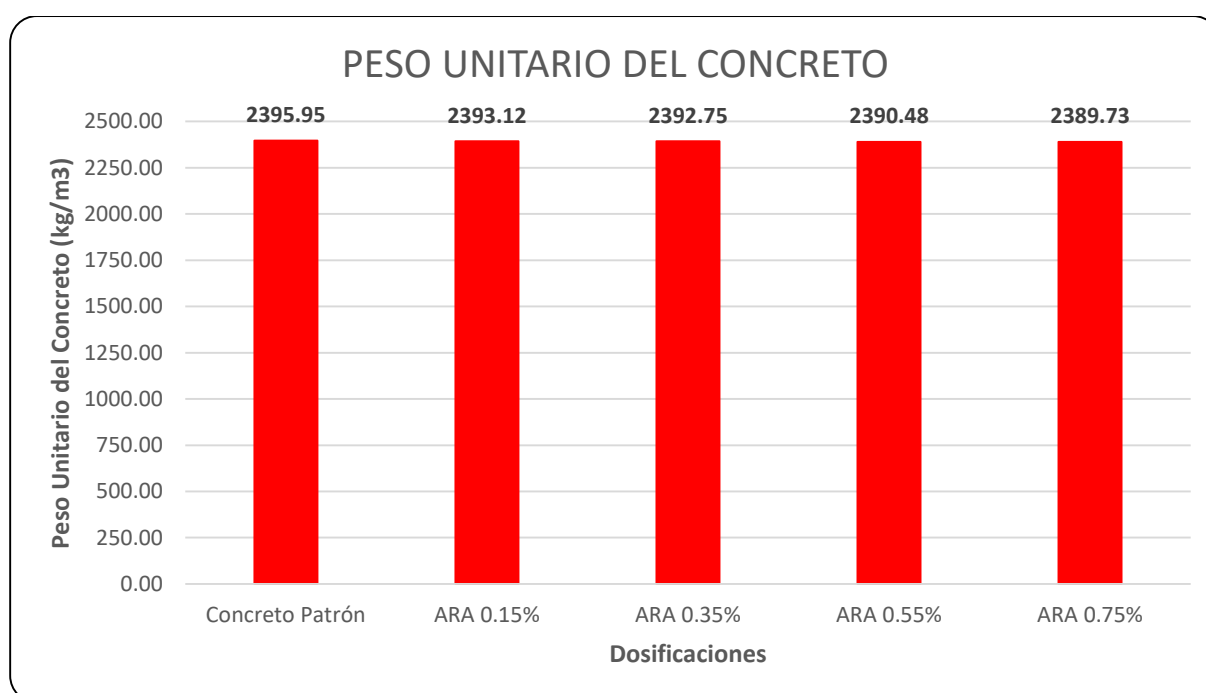
Tabla 38 Resultado de ensayo de Peso Unitario de las dosificaciones de estudio

DOSIFICACIÓN	PESO DEL MOLDE (kg)	PESO DEL MOLDE +PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (kg/m ³)
Concreto Patrón	0.380	13.082	2395.95
ARA 0.15%	0.38	13.067	2393.12
ARA 0.35%	0.384	13.069	2392.75
ARA 0.55%	0.39	13.063	2390.48
ARA 0.75%	0.39	13.059	2389.73

Fuente: Elaboración Propia

El peso unitario de las dosificaciones supera los 2380 kg/m^3 , el mayor peso unitario obtenido fue del concreto elaborado con ARA al 0.35% con 2398.6 kg/m^3 y el menor peso unitario obtenido fue el concreto elaborado con ARA al 0.55% con 2390.7 kg/m^3 .

Gráfica 14 Resultado de ensayo de Peso Unitario de las dosificaciones de estudio



Fuente: Elaboración Propia

E) ENSAYO DE TEMPERATURA DEL CONCRETO

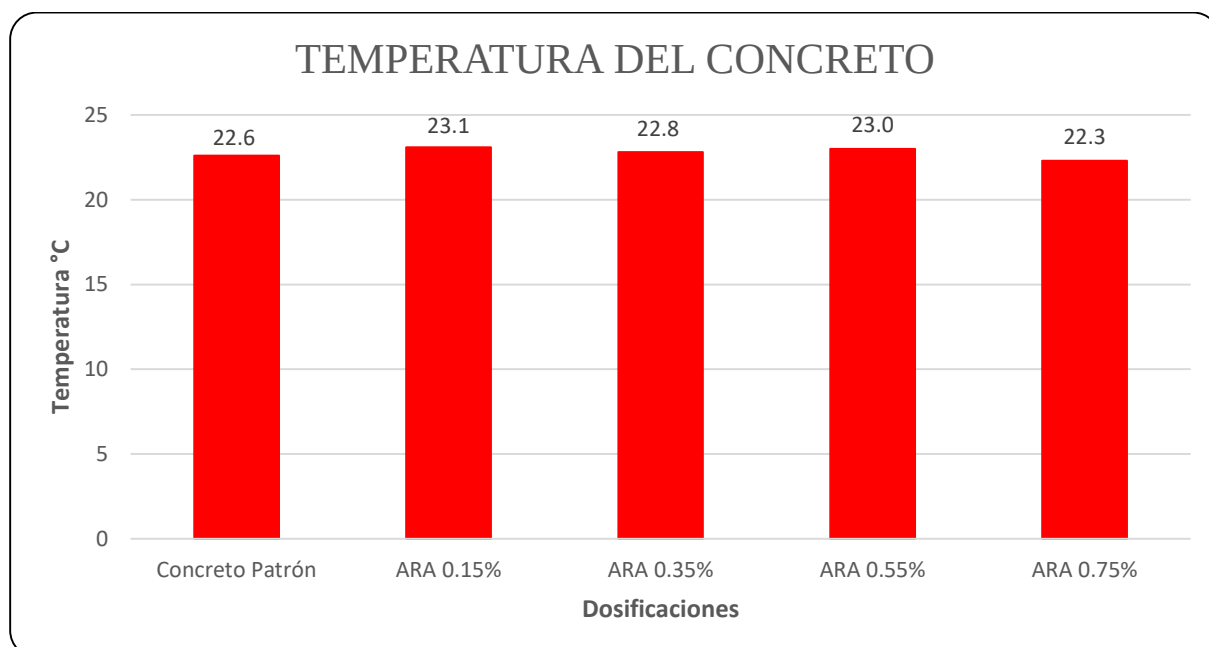
Tabla 39 Resultado de ensayo de Temperatura de las dosificaciones de estudio

DOSIFICACIÓN	TEMPERATURA (°C)
Concreto Patrón	22.6
ARA 0.15%	23.1
ARA 0.35%	22.8
ARA 0.55%	23.0
ARA 0.75%	22.3

Fuente: Elaboración Propia

La temperatura del concreto es muy variable, es decir no existe un patrón de aumento o disminución proporcional respecto a las proporciones. La temperatura más alta es el concreto con adición de ARA al 0.15% y la temperatura más baja es el concreto con adición de ARA al 0.75%.

Gráfica 15 Resultado de ensayo de Temperatura de las dosificaciones de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Resultados de ensayos realizados al concreto en estado endurecido

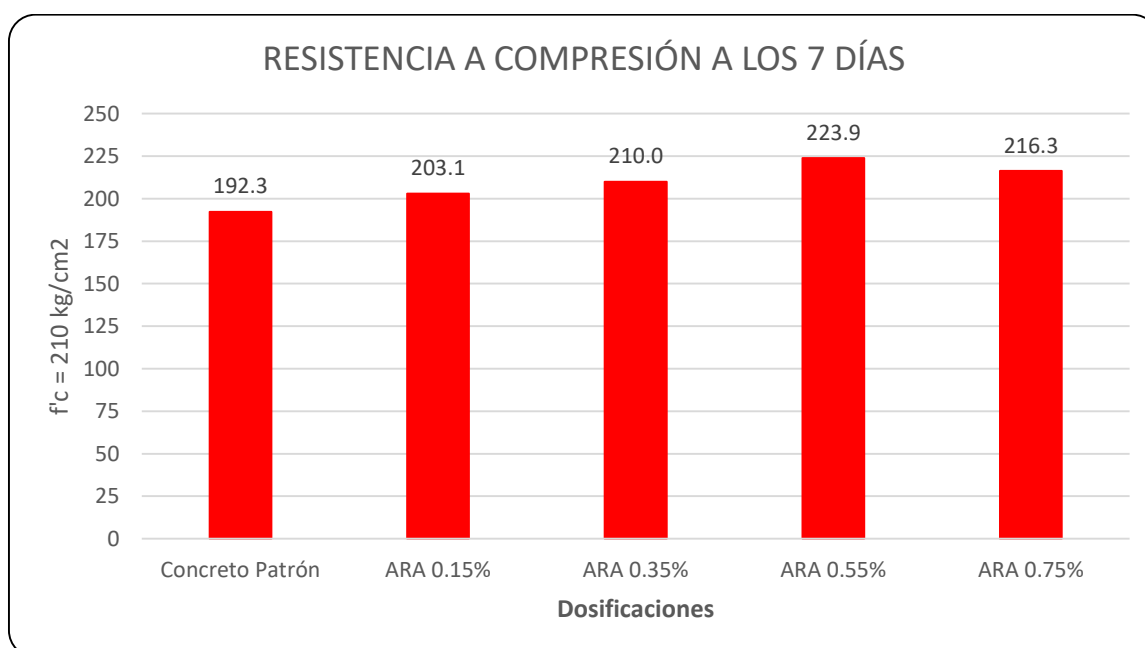
A) ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Tabla 40 Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión a los 7 días de las dosificaciones de estudio

Muestra	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Días	f _c
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	20/09/2022	7	197
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	20/09/2022	7	188
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	195
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	211
05	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	215
06	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	205
07	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	223
08	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	225
09	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	211
10	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	221

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 16 Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión a los 7 días de las dosificaciones de estudio



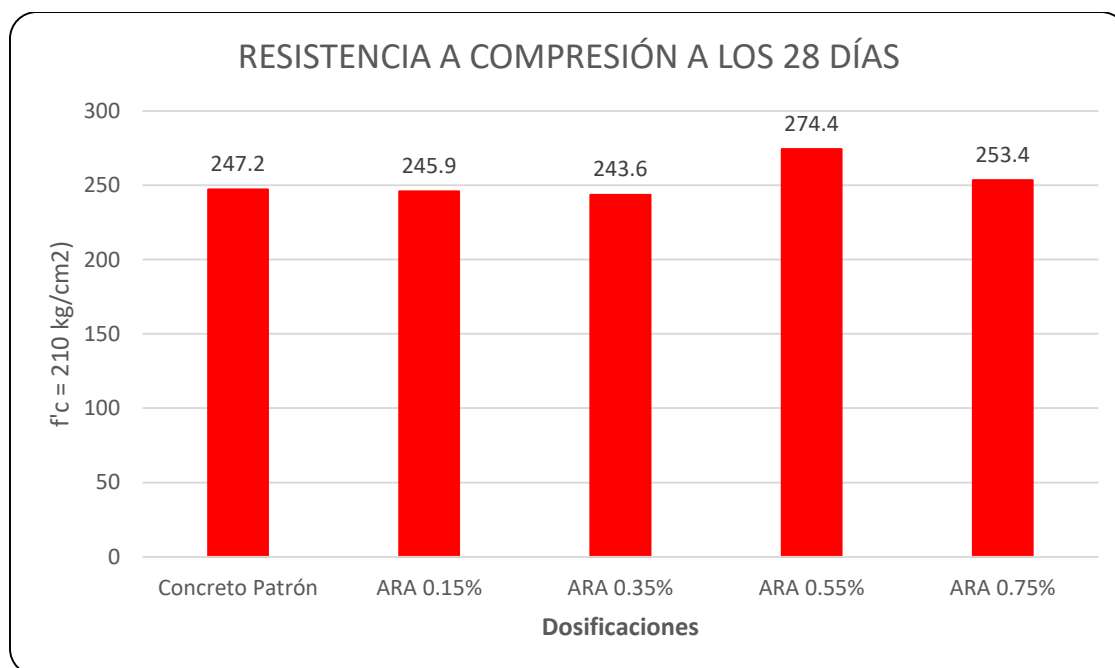
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41 Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones de estudio

Muestra	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Días	f _c
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	11/10/2022	28	251
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	11/10/2022	28	243
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	223
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	269
05	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	238
06	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	249
07	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	273
08	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	276
09	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	249
10	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	257

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 17 Resultado de ensayo de Resistencia a la compresión a los 28 días de las dosificaciones de estudio



Fuente: Elaboración Propia

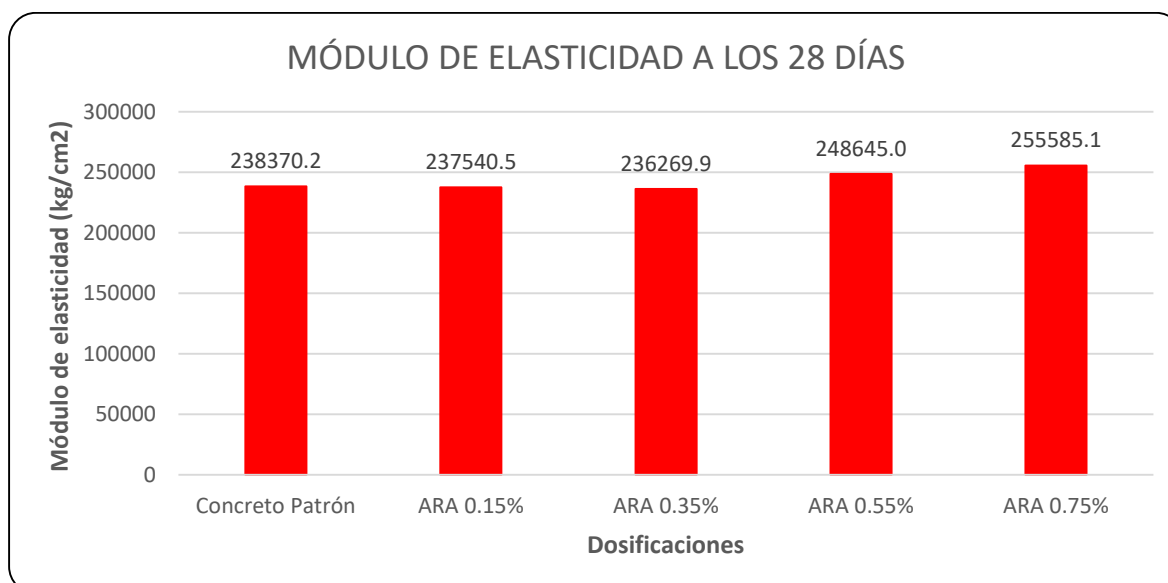
B) ENSAYO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD

Tabla 42 Resultado de ensayo de Módulo de Elasticidad a los 28 días de las dosificaciones de estudio

Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Edad (Días)	Esfuerzo S2 (40%σu) Kg/cm2	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm2	ε unitaria ε2 (S2)	Ec Kg/cm2
01	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2	13/09/2022	28	101	11.871	0.000423	237436
02	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2	13/09/2022	28	97	11.965	0.000406	239305
03	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2 + ARA 0.15%	14/06/2022	28	100	11.877	0.000420	237542
04	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2 + ARA 0.15%	14/06/2022	28	103	11.876	0.000433	237539
05	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2 + ARA 0.35%	14/06/2022	28	95	11.715	0.000406	234303
06	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2 + ARA 0.35%	14/06/2022	28	100	11.911	0.000418	238237
07	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2 + ARA 0.55%	14/06/2022	28	109	12.174	0.000447	243482
08	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2 + ARA 0.55%	14/06/2022	28	107	12.690	0.000423	253808
09	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2 + ARA 0.75%	14/06/2022	28	112	12.533	0.000447	250677
10	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm2 + ARA 0.75%	14/06/2022	28	110	13.024	0.000423	260493

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 18 Resultado de ensayo de Módulo de Elasticidad a los 28 días de las dosificaciones de estudio



Fuente: Elaboración Propia

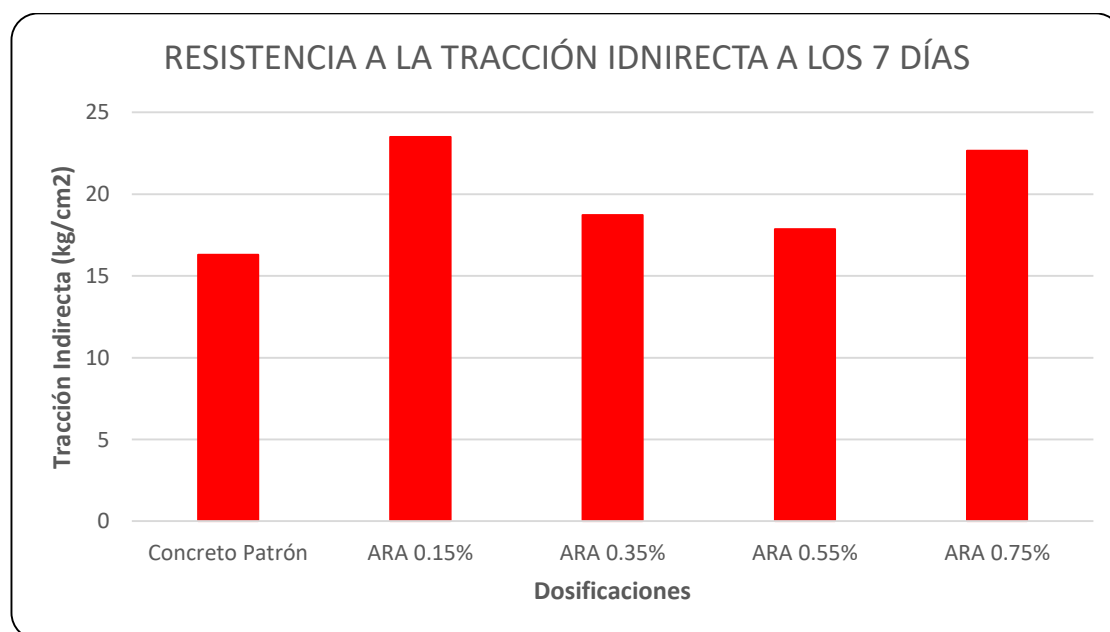
C) ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Tabla 43 Resultado de ensayo de Resistencia Tracción Indirecta a los 7 días de las dosificaciones de estudio

Muestra	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Días	f'c (kg/cm2)
01	CONCRETO 210 kg/cm2 +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	20/09/2022	7	15
02	CONCRETO 210 kg/cm2 +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	20/09/2022	7	18
03	CONCRETO 210 kg/cm2 +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	24
04	CONCRETO 210 kg/cm2 +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	23
05	CONCRETO 210 kg/cm2 +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	18
06	CONCRETO 210 kg/cm2 +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	20
07	CONCRETO 210 kg/cm2 +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	17
08	CONCRETO 210 kg/cm2 +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	18
09	CONCRETO 210 kg/cm2 +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	22
10	CONCRETO 210 kg/cm2 +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	23

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 19 Resultado de ensayo de Resistencia Tracción Indirecta a los 7 días de las dosificaciones de estudio



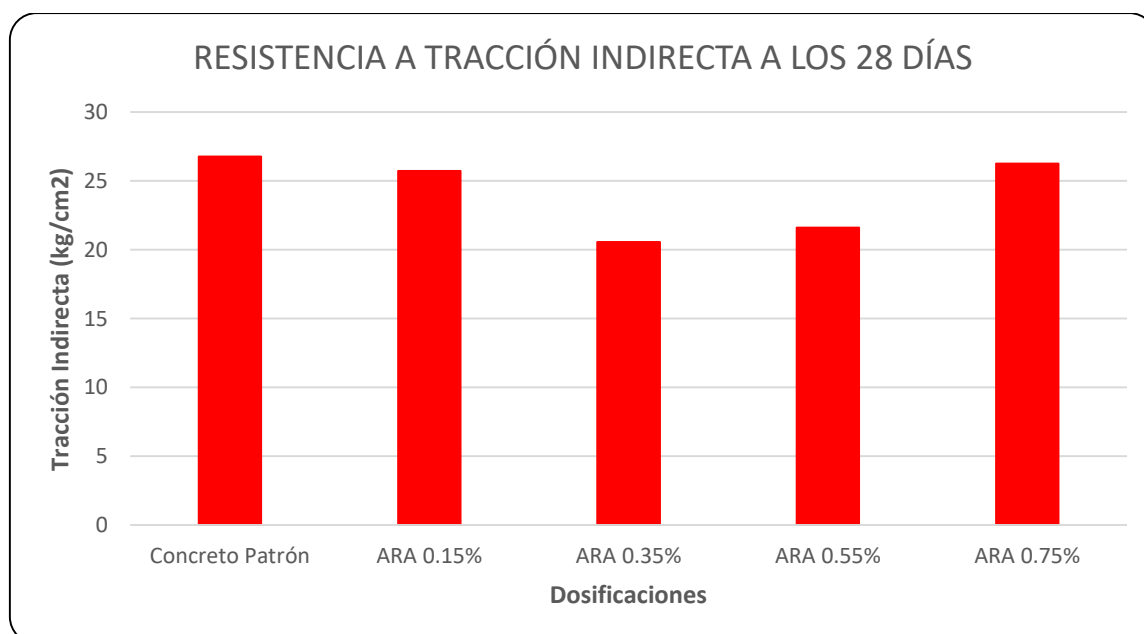
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44 Resultado de ensayo de Resistencia Tracción Indirecta a los 28 días de las dosificaciones de estudio

Muestra	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Días	f'c (kg/cm ²)
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	11/10/2022	28	26
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	11/10/2022	28	28
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	27
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	25
05	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	22
06	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	19
07	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	18
08	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	25
09	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	28
10	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	24

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 20 Resultado de ensayo de Resistencia Tracción Indirecta a los 28 días de las dosificaciones de estudio

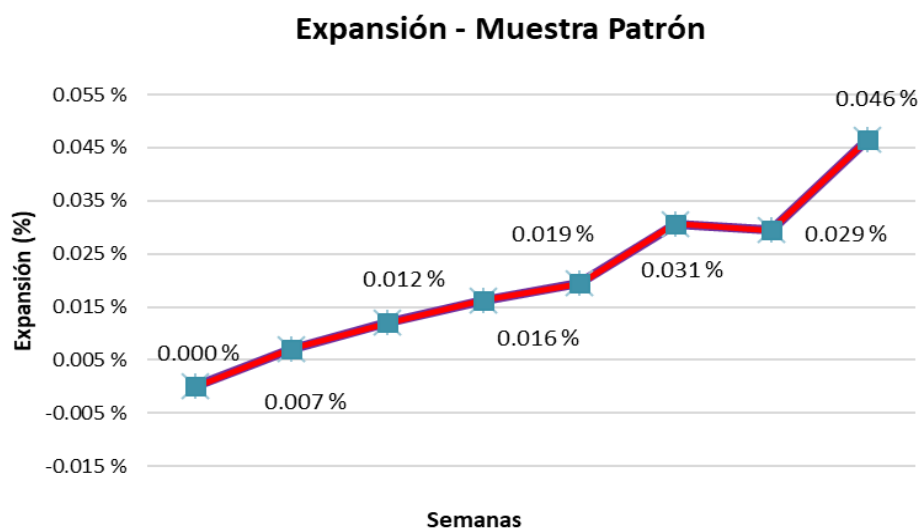


Fuente: Elaboración Propia

D) ENSAYO DE DURABILIDAD POR ATAQUE DE SULFATOS

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

Gráfica 21 Resultado de ensayo de Durabilidad por Ataque de Sulfatos – Expansión de Concreto Patrón



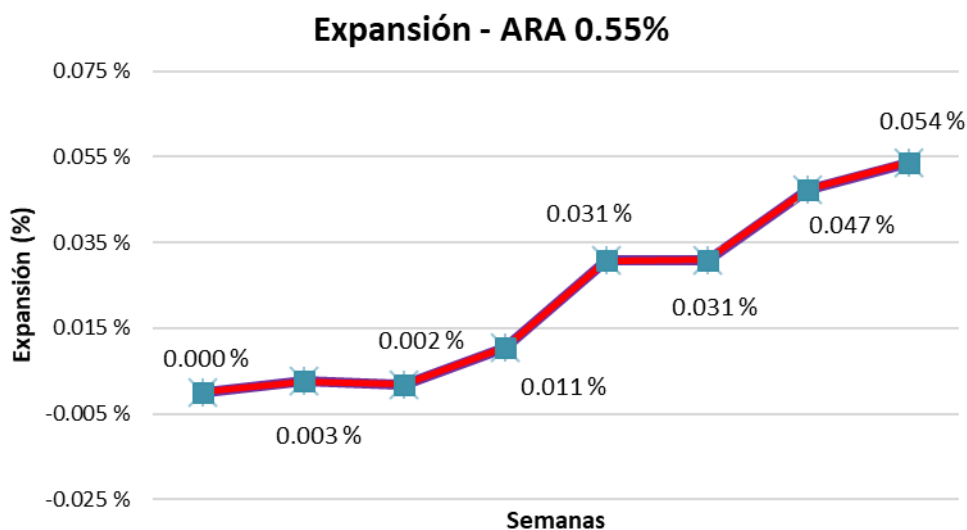
Fuente: FERMATI S.A.C Construcciones y Servicios Generales

Se obtuvo:

- ✓ Semana #1 se obtuvo una expansión de 0.007%.
- ✓ Semana #2 se obtuvo una mayor expansión de 0.012%.
- ✓ Semana #3 se obtuvo una menor expansión de 0.016%.
- ✓ Semana #4 se obtuvo una expansión de 0.019%.
- ✓ Semana #8 se obtuvo una menor expansión de 0.031%.
- ✓ Semana #13 se obtuvo una expansión de 0.029%.
- ✓ Semana #15 se obtuvo una expansión de 0.046%.

Concreto con la adición óptima de Aceite Residual Automotriz al 0.55%

Gráfica 22 Resultado de ensayo de Durabilidad por Ataque de Sulfatos – Expansión de Concreto con el ARA óptimo al 0.55%



Fuente: FERMATI S.A.C Construcciones y Servicios Generales

Se obtuvo:

- ✓ Semana #1 se obtuvo una expansión de 0.003%.
- ✓ Semana #2 se obtuvo una mayor expansión de 0.002%.
- ✓ Semana #3 se obtuvo una menor expansión de 0.011%.
- ✓ Semana #4 se obtuvo una expansión de 0.031%.
- ✓ Semana #8 se obtuvo una menor expansión de 0.031%.
- ✓ Semana #13 se obtuvo una expansión de 0.047%.
- ✓ Semana #15 se obtuvo una expansión de 0.054%.

Discusión

Ensayo de materiales

Respecto a los resultados de los ensayos de agregados, se observa una gran diferencia con los resultados realizados por Santamaría en el año 2021, la cual empleó la utilización de agregados de la Cantera La Victoria; se plantea que esto pudo ser ocasionado por las alteraciones climáticas ocurridos en los primeros meses del año (febrero, marzo y abril) lo que produjo la alteración del material en cantera, por ende la alteración de resultados.

En el agregado fino, se obtuvo un módulo de finura de 2.76, mientras que el ensayo hecho por Santamaría obtuvo un 2.73; se tiene una diferencia de 0.03. En cuanto al peso específico se obtuvo 2.53 g/cm³ y lo obtenido por Santamaría fue de 2.57 g/cm³ teniendo una diferencia de 0.02 g/cm³; y así se continúa la comparación de resultados detallados en la siguiente tabla.

Tabla 45 Comparación de análisis granulométrico de agregados

ENSAYOS DE MATERIALES	Laboratorio USAT	Tesis Santamaría	Variación
	Ag. Fino	Ag. Fino	
Módulo de fineza	2.76	2.73	0.03
Peso específico (g/cm ³)	2.53	2.57	0.04
Contenido de humedad (%)	1.98	1.15	0.83
Porcentaje de absorción (%)	0.81	0.92	0.11
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1456	1615	159
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1652	1867	215

Fuente: Elaboración Propia

En el agregado grueso, se obtuvo un peso específico de 2.69 g/cm³ mientras que el ensayo hecho por Araujo fue de 2.53 g/cm³, con una variación de 0.16 g/cm³. En cuanto al contenido de humedad y absorción se obtuvo 0.49% y 0.65% respectivamente y lo obtenido por Araujo fue 0.46% y 1.04% respectivamente, se detalla la comparativa de resultados de los ensayos restantes en la siguiente tabla.

Tabla 46 Comparación de resultados de ensayos de agregados

ENSAYOS DE MATERIALES	Laboratorio USAT	Tesis Araujo	Variación
	Ag. Fino	Ag. Fino	
Peso específico (g/cm ³)	2.69	2.53	0.16
Contenido de humedad (%)	0.49	0.46	0.03
Porcentaje de absorción (%)	0.65	1.04	0.39
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1423	1370	53
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1602	1550	52

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Asentamiento

En base a los resultados, se contrasta los resultados de las revistas científicas consultadas para esta investigación y el mayor valor de asentamiento arrojado en esta investigación.

Tabla 47 Comparación de resultado de asentamiento con ARA al 0.75%

Parámetro	Resultado obtenido	Referencia [5]	Variación
Asentamiento en mm	61mm	77mm	16mm

Fuente: Elaboración Propia

Se observa una variación de asentamiento de 1.6 cm; se compara con el artículo publicado por Mohamed Noori [5], donde evalúa el asentamiento del concreto con adición de aceite residual automotriz al 0.75%.

En este caso la adición de 0.75% de ARA no superó el valor de 77mm, incluso dentro de la investigación se hizo una prueba extra de laboratorio al añadir 1.0% de ARA y arrojó un asentamiento de 62 mm, se podría afirmar que el asentamiento se estancó, por ende, se podría afirmar que el incrementar el porcentaje de ARA no hará que el slump sea directamente proporcional.

Ensayo de Tiempo de Fraguado

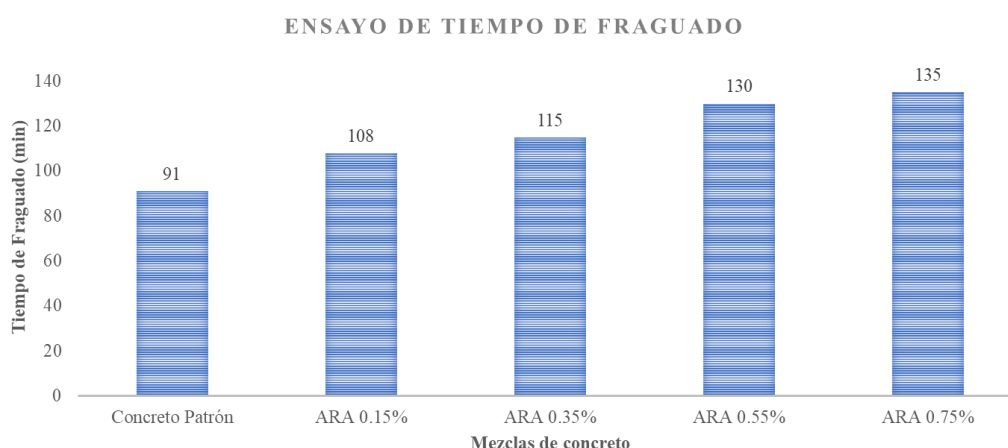
El tiempo de fraguado para la muestra patrón fue de 91 minutos, las adiciones de aceite residual de auto incrementaron el tiempo de fraguado de las mezclas de concreto; el mayor tiempo de fragua fue de 135 minutos para la adición de 0.75%; esto debido a que a mayor cantidad de ARA la mezcla era mucho más plástica y líquida haciendo que el tiempo de fragua sea mayor.

Tabla 48 Comparación de Tiempos de Fraguado de dosificaciones

Mezcla de concreto	Tiempo inicial (min)	Tiempo final (min)	Tiempo de fraguado (min)
Concreto Patrón (M1)	259	350	91
ARA 0.15% (M2)	254	362	108
ARA 0.35% (M3)	262	377	115
ARA 0.55% (M4)	275	405	130
ARA 0.75% (M5)	305	440	135

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 23 Comparación de Resultados de Ensayo de Tiempo de Fraguado

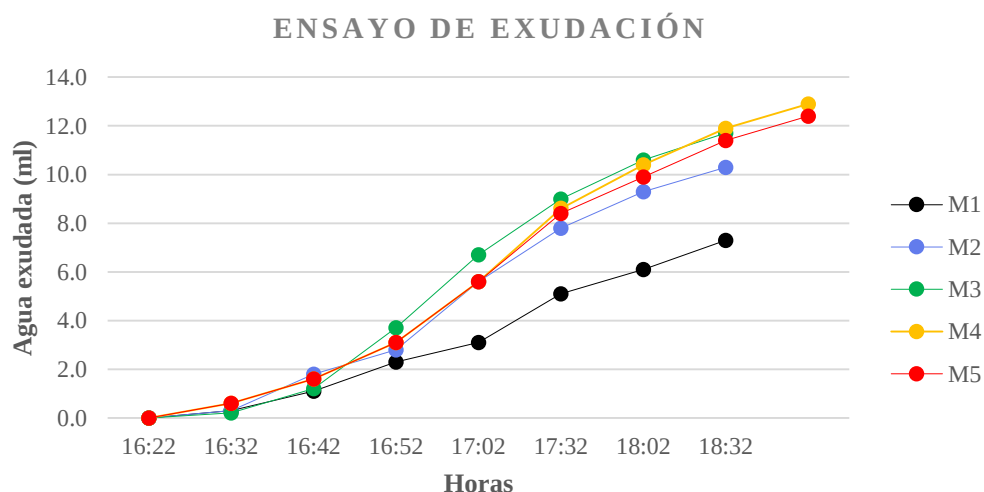


Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Exudación

La exudación o sangrado del concreto arrojaran valores en forma creciente, es decir, el porcentaje de aceite era directamente proporcional al valor del agua exudada, ya que la mezcla con mayor cantidad de aceite tenía una consistencia más fluida, esto se debe a que en una mezcla más líquida las partículas gruesas se segregan, dando lugar a los finos de moverse hacia la superficie, fenómeno producido por la diferencia de densidades.

Gráfica 24 Comparación de Resultados de ensayo de Exudación



Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Resistencia a compresión

La resistencia a compresión más alta fue la mezcla con adición de aceite residual de auto al 0.55% con 274.4 kg/cm², las adiciones con 0.15% y 0.35% de aceite de motor diesel no

superaron la muestra de referencia, sin embargo, la muestra de referencia si superó eficientemente la resistencia a compresión de 210 kg/cm² para la cual fue diseñada. Una investigación [7] utilizó un valor semejante al empleado en esta investigación, donde el aceite de motor usado al 0.5% alcanzó una resistencia de 234.5 kg/cm², además, [8] trabajó con el mismo porcentaje de 0.5% alcanzó una resistencia a la compresión de 318.6 kg/cm².

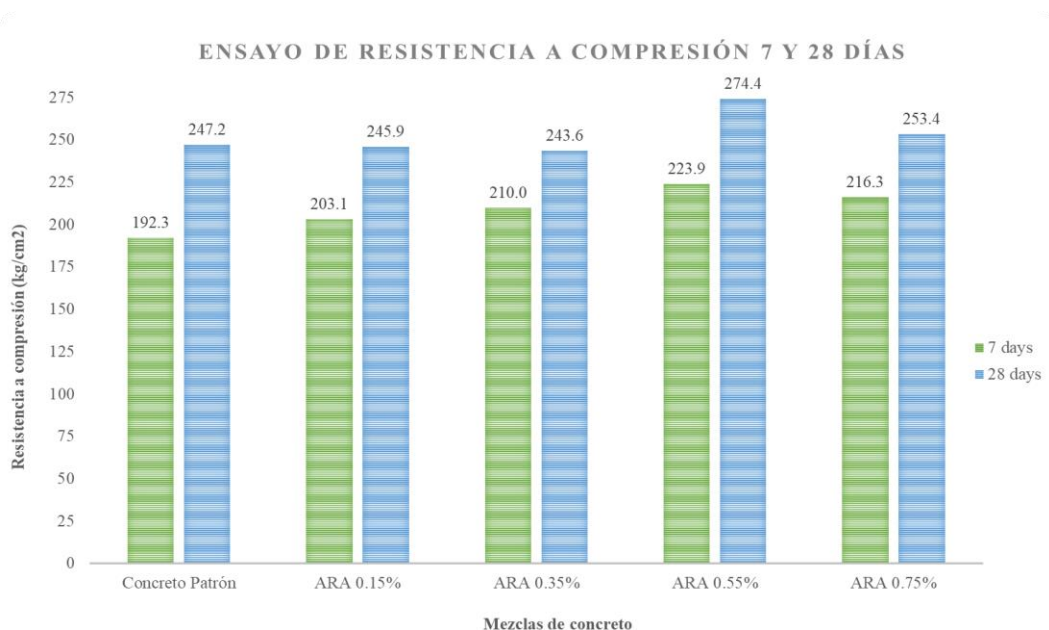
Se resalta también que el porcentaje de 0.75% de aceite residual de auto superó la resistencia diseño y la de la muestra patrón con una resistencia de 253.4 kg/cm², otro estudio que utiliza la misma adición de aceite usado muestra la comparación en cuanto a resistencia a compresión empleando aceite de auto nuevo y usado, donde el aceite de motor usado a los 28 días obtuvo un 2.5% más que la muestra con aceite de motor nuevo. Es importante mencionar que las condiciones de laboratorio fueron más controladas, por lo tanto, el pesaje, mezclado, vaciado, curado y ensayo de las muestras tuvo márgenes de errores mínimos.

Tabla 49 Comparación de resultados del ensayo de Resistencia a compresión

Mezclas de concreto	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Concreto Patrón	192.3	247.2
ARA 0.15%	203.1	245.9
ARA 0.35%	210.0	243.6
ARA 0.55%	223.9	274.4
ARA 0.75%	216.3	253.4

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 25 Comparación de resultados de ensayo a compresión a los 7 y 28 días



Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Módulo de Elasticidad

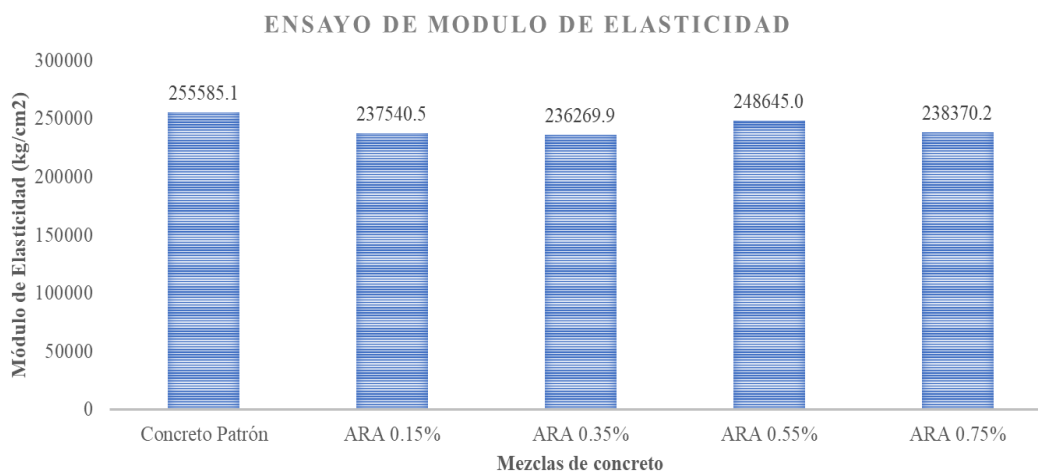
El módulo de elasticidad más alto fue la de la muestra control con 255585.1 kg/cm², ya que es la muestra más densa de la investigación, el segundo valor más alto fue la mezcla con 0.55% de aceite residual de auto con 248645.0 kg/cm², adición que también obtuvo la mayor resistencia a compresión, esto puede ser producto de la calidad de los ingredientes del concreto y curado del espécimen.

Tabla 50 Comparación de resultados de ensayo de Módulo de Elasticidad

Mezclas de concreto	28 días (kg/cm ²)
Concreto Patrón (M1)	255585.1
ARA 0.15% (M2)	237540.5
ARA 0.35% (M3)	236269.9
ARA 0.55% (M4)	248645.0
ARA 0.75% (M5)	238370.2

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 26 Comparación de resultados de ensayo de Módulo de Elasticidad



Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta

Este ensayo tuvo resultados particulares, a los 7 días la muestra control tuvo el valor más bajo con 16.3 kg/cm², el cual fue superada por la adición de aceite al 0.15% con 23.5 kg/cm², la adición que le sigue es la de 0.75% con 22.7 kg/cm². Más tarde a los 28 días la muestra patrón tuvo un aumento repentino en su resultado con 26.8 kg/cm²; un resultado similar obtuvo

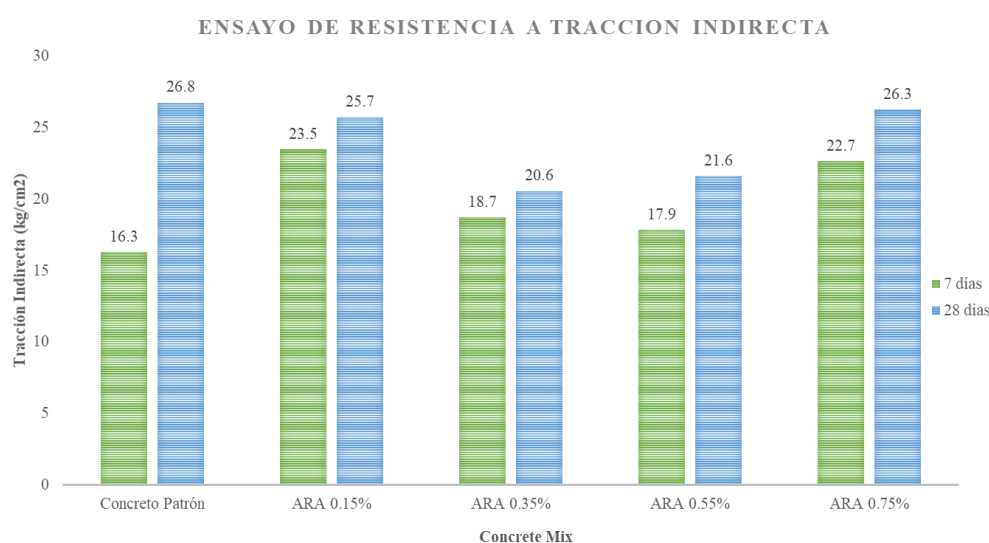
la adición de aceite al 0.75% con 26.3 kg/cm², seguido de la adición al 0.15% con 25.7 kg/cm². Las adiciones de 0.35% y 0.55% tuvieron los valores más bajos a los 7 y 28 días. En una investigación [9] se trabaja con aceite de auto usado al 0.5% y a los 28 días obtuvo a una resistencia de 20.08 kg/cm², en este caso el valor trabajado en la investigación supera este resultado con 21.6 kg/cm².

Tabla 51 Resultados de ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta

Mezclas de concreto	7 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Concreto Patrón (M1)	192.3	247.2
ARA 0.15% (M2)	203.1	245.9
ARA 0.35% (M3)	210.0	243.6
ARA 0.55% (M4)	223.9	274.4
ARA 0.75% (M5)	216.3	253.4

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7 – Resultados de ensayo de Resistencia a Tracción Indirecta

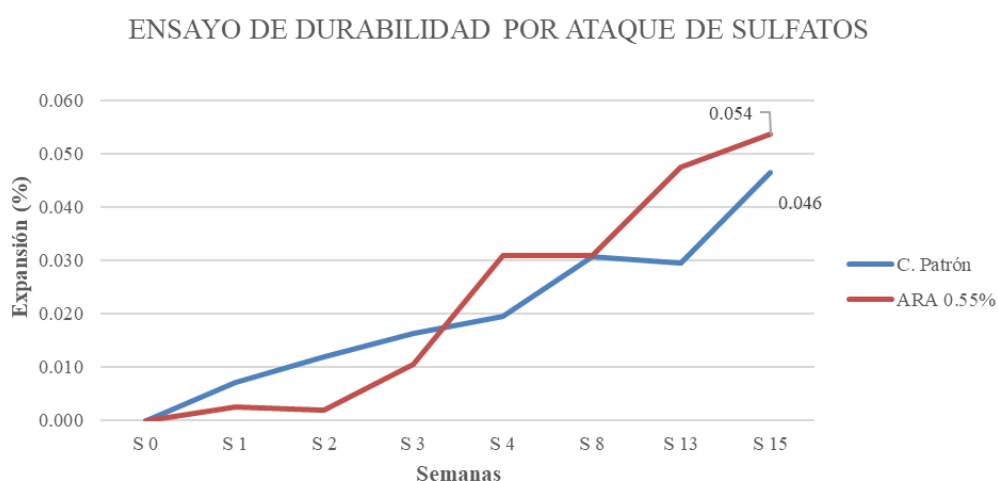


Fuente: Elaboración propia

Ensayo de Durabilidad por Ataque de Sulfatos

A nivel de investigación, esta tesis realizó el ensayo de durabilidad por ataque de sulfatos por primera vez con la adición óptima según el ensayo de Resistencia a Compresión la cual es ARA al 0.55%. La expansión del concreto patrón al término de la semana 15 es de 0.046% y la expansión del concreto con adición de ARA al 0.55% es de 0.054%, obteniendo una variación de 0.008%; con lo cual se deduce que el ARA produce una leve pero mayor expansión en el concreto, esto debido a los componentes del mismo.

Gráfica 27 Comparación de resultados de ensayo de Durabilidad por Ataque de Sulfatos



Fuente: Elaboración Propia

Ensayo Químico a Aceite Residual Automotriz

El estudio de investigación realizado por W. Fong, E. Quiñonez y C. Tejada en 2017, que se enfocó en el análisis físico-químico de aceites de motor usados con el propósito de reutilizarlos mediante el proceso de reciclaje., reveló diferencias en los resultados obtenidos en comparación con el ensayo realizado según la norma ASTM D 7111. Este ensayo utiliza el método de espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) para la determinación de oligoelementos en combustibles destilados medios. La siguiente tabla muestra una comparativa entre la cantidad de metales encontrados en el aceite residual de motor diésel utilizado en esta investigación y los resultados de la caracterización realizada en 2017 según el estudio mencionado.

Tabla 52 Caracterización de Aceite Residual de Motor Diésel utilizado en la investigación

Parámetro	Unidad	METALES POR ICP
Aluminio	ppm	<0.50
Bario	ppm	<0.50
Calcio	ppm	441.60
Cromo	ppm	1.23
Cobalto	ppm	<0.50
Cobre	ppm	0.71
Hierro	ppm	49.95
Litio	ppm	<0.50
Plomo	ppm	3.26
Magnesio	ppm	135.13
Manganeso	ppm	1.04
Molibdeno	ppm	6.20
Níquel	ppm	<0.50
Fósforo	ppm	274.04
Potasio	ppm	<0.50

Sodio	ppm	<0.50
Silicio	ppm	1.06
Plata	ppm	<0.50
Estroncio	ppm	<0.50
Estaño	ppm	<0.50
Titanio	ppm	<0.50
Vanadio	ppm	<0.50
Zinc	ppm	337.56

Fuente: Laboratorio Slab Perú

La muestra analizada en el artículo corresponde al aceite utilizado en una volqueta doble troque con motor diésel, y se emplea como base de comparativa con el mismo tipo de motor. Los resultados del ensayo de metales por ICP indican los niveles más bajos de metales expresados en ppm, como Aluminio, Bario, Cobalto, Litio, Níquel, Potasio, Sodio, Plata, Estroncio, Estaño, Titanio y Vanadio, con una presencia menor a 0.50 ppm. Además, según W. Fong, E. Quiñonez y C., no se encontró presencia de Cromo, Plomo, Plata y Cadmio.

En cuanto a los resultados del ensayo de metales por ICP, se observaron niveles elevados de Calcio, Zinc, Fósforo, Magnesio y Hierro. Por otro lado, el estudio de Metales en suspensión reveló la presencia de Zinc, Calcio, Aluminio y Hierro. A continuación, se analizará el posible impacto de estos componentes en el concreto.

Calcio

La existencia de calcio en el aceite puede ser atribuida a la inclusión de agentes detergentes en el aceite, los cuales contribuyen a mantenerlo limpio y a neutralizar ácidos que podrían formar depósitos a altas temperaturas. Además, el calcio mejora las propiedades lubricantes del aceite. Una disminución en el contenido de calcio puede indicar un deterioro en las propiedades del aceite [15]

Cuando se trata de sulfato de calcio, existen diferentes formas de este compuesto, como el yeso, que se forma cuando el yeso se calienta a 110°C y se deshidrata en un proceso llamado calcinación. La combinación del sulfato de calcio con el aluminato de calcio hidratado puede generar la formación de etringita, y cuando se mezcla con aluminato de calcio, también puede dar lugar a la formación de etringita y yeso. La presencia de sulfatos en el suelo y el agua puede ocasionar deterioro y desgaste en el concreto si no se ha diseñado de manera adecuada para resistir estos efectos [18]

Zinc

El zinc se encuentra comúnmente en los aceites usados porque se agrega como aditivo lubricante. Sin embargo, en motores con piezas de plata, el uso de lubricantes que contienen zinc puede corroer estas piezas. El zinc y el fósforo actúan principalmente como lubricación límite cuando la lubricación hidrodinámica no es suficiente para soportar la alta presión y la fricción [15].

El artículo propone el uso de ánodos de zinc de sacrificio para proteger el cátodo en estructuras de hormigón armado. Los sistemas galvanizados ofrecen ventajas significativas sobre los métodos tradicionales de control de la corrosión, ya que requieren un mantenimiento mínimo y reducen la necesidad de eliminar el concreto contaminado con cloruro. Estos sistemas proporcionan una protección eficaz contra la corrosión del refuerzo en estructuras de hormigón expuestas a la contaminación por cloruros. Cuando el ánodo de zinc se instala junto al acero en un ambiente marino o de alta humedad, se produce una reacción electroquímica debido a la diferencia de potencial entre ambos. Esta reacción protege el acero convirtiéndolo en el cátodo del sistema. Una vez instalado, el ánodo de zinc es mayormente susceptible a la corrosión, proporcionando protección catódica para el refuerzo. [18]

Fósforo

El fósforo y el zinc se añaden al aceite con el fin de desempeñar funciones antidesgaste, y la concentración de estos elementos depende del fabricante, el tipo de aceite, su uso y aplicación específica.

Magnesio

La carbonatación en estructuras de concreto armado debido al uso de carbonato de magnesio como aditivo aumenta la posibilidad de que factores externos ingresen al refuerzo, lo que resulta en desgaste y minimización de la capacidad de carga de servicio de los miembros estructurales. Aunque el carbonato de magnesio se obtiene principalmente de la minería del mineral de magnesita, la sal trihidratada $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ también se puede obtener mezclando soluciones que contienen iones de magnesio e iones de carbonato en una atmósfera de dióxido de carbono. [18]

Hierro

La aparición súbita de niveles elevados de hierro (Fe) en este aceite puede ser consecuencia de un desgaste excesivo de las camisas (cilindros) en el bloque del motor.

También es posible que esté relacionada con la corrosión, es decir, la oxidación de las piezas del motor, especialmente cuando el motor ha estado inactivo durante períodos prolongados sin la presencia de un aceite protector adecuado que pueda mitigar este proceso [15].

➤ **Explicación teórica sobre si las impurezas metálicas del Aceite Residual Automotriz producirían Reactividad Álcali Sílice y Álcali Carbonato.**

La reactividad álcali-agregado es una causa significativa del deterioro del hormigón y puede involucrar tanto la reacción álcali-carbonato (ACR) como la reacción álcali-sílice (ASR). La presencia de rocas carbonatadas reactivas es relativamente poco común, pero si se sospecha, es importante realizar pruebas de ACR potencial de acuerdo con la norma ASTM C586. En caso de confirmarse la presencia de ACR, se deben tomar medidas para evitar su ocurrencia en el concreto [19].

La reacción álcali-sílice, junto con los agentes agresivos que la desencadenan, afecta la estructura interna del concreto. El cemento, que suele ser una fuente importante de álcalis, y un agregado silíceo reactivo están involucrados en este proceso. Esto da lugar al gel de sílice alcalino que, al fusionarse con el agua del entorno externo, se hincha, generando tensiones internas y, como resultado, grietas tanto internas como externas en el concreto [20].

Al momento que el cemento entra en contacto con el agua, se libera cal libre, que es el componente más blando y susceptible al ataque químico dentro del hormigón. Cuando la cal libre reacciona con la portlandita, que es un mineral de óxido más débil y poroso, las cenizas volantes reducen significativamente la permeabilidad del concreto [19].

La ceniza volante, que es un aditivo activo utilizado en la producción de cemento, se combina químicamente con la cal libre presente en el cemento para formar compuestos similares a los generados por los otros componentes del cemento. Esta reacción tiene lugar después de la hidratación del cemento y genera menos calor durante este proceso. Las cenizas volantes contienen sílice reactiva, que es el mismo material responsable de los problemas causados por la reacción álcali-sílice en los agregados. Sin embargo, esta característica resulta beneficiosa, ya que la abundancia de sílice reactiva en las cenizas volantes permite que la mayoría de los álcalis presentes en el cemento reaccionen inicialmente, evitando así posibles problemas en etapas posteriores, sin importar qué tan reactivo sea el agregado

Por lo tanto, el uso de cenizas volantes en el hormigón permite obtener una mayor durabilidad, ya que este se vuelve invulnerable a la reacción álcali-sílice, a la penetración de cloruros y al ataque de sulfatos en comparación con el hormigón que utiliza cementos Portland [19]. Asimismo, se afirma que el aditivo de litio ayuda a reducir las expansiones perjudiciales causadas por la reacción álcali-sílice.

Existen diferentes métodos para probar la reacción álcali-sílice, desde pruebas químicas rápidas como la prueba ASTM C289, hasta pruebas a largo plazo como la ASTM C1293 en concreto, que requiere un año o más de exposición. Entre estos métodos, el análisis petrográfico se considera uno de los más confiables, pero también es costoso y puede haber limitaciones en las muestras disponibles que no incluyan materiales reactivos [18].

La generación de tensión interna está influenciada por diversos elementos, tales como la cantidad, el tamaño y la naturaleza de los agregados reactivos presentes, así como la composición química del gel de silicato alcalino que se forma. [21].

Eliminando el agua se puede obtener un hormigón prácticamente sin problemas, aunque contenga áridos reactivos y bases móviles. La degradación significativa debida a la reacción álcali-sílice ocurre principalmente con la exposición frecuente a la humedad, especialmente en condiciones ambientales húmedas en el sitio [21].

Hay algunas impurezas dañinas en el aceite usado que pueden causar desgaste. El análisis de aceite detecta estos contaminantes en partes por millón (ppm). Cabe señalar que el análisis de aceite puede detectar contaminantes muy finos, tan pequeños como 5 micras (aunque esto puede variar de 3 a 8 micras según el equipo utilizado), mientras que los filtros de aceite tienden a capturar partículas más grandes, generalmente superiores a 20 micras (según el tamaño del filtro).

La observación realizada en el campo ha demostrado que las principales causas de deterioro en las estructuras de hormigón, en orden descendente de importancia, son la corrosión del acero de refuerzo, la exposición a ciclos de congelación y descongelación, la reacción álcali-sílice y el ataque de sulfatos. Tanto en cada una de estas causas como en los procesos de expansión y formación de fisuras, la permeabilidad y la presencia de agua desempeñan un papel crucial. Las partículas más grandes causan daños cuando ingresan al motor porque pueden rayar o dañar el revestimiento o el bloque. Estas partículas suelen acabar en el filtro de aceite. De lo contrario, las partículas más pequeñas aún circulan en el motor, lo que produce daños en los rodamientos, rodamientos, válvulas y sus guías y bases, así como anillos y bujes durante cada ciclo del motor.

Hoy en día, la mayoría de los filtros de motor son capaces de retener alrededor del 50 % de las partículas de 15 a 30 micrones de tamaño durante cada ciclo de filtración, lo que mejora la limpieza del motor en cada etapa. Además, estos filtros pueden filtrar hasta el 99% de las partículas de entre 30 y 40 micras de tamaño, aunque esto depende de la marca y modelo empleado [15]

Silicio (Tierra):

La detección de minerales de silicio reactivos en los agregados utilizados en la fabricación del concreto es de vital importancia. Es necesario implementar medidas preventivas, como el uso de aditivos o agregados no reactivos, para minimizar los efectos de la reacción alcali-sílice y garantizar la resistencia y durabilidad del concreto a largo plazo. [22]

La lectura de silicio proporcionada por el sistema de diagnóstico del motor combina varios elementos similares. Por lo tanto, es común encontrar una lectura de silicio elevada en un motor nuevo o recién rectificado, ya que el sistema puede detectar silicona proveniente de sellos y selladores nuevos. También es posible que los aditivos del aceite, como los antiespumantes, contengan silicona. Para evaluar correctamente la presencia de silicio, es necesario tomar una muestra del aceite nuevo como referencia.

Si el aceite nuevo muestra una concentración de 3 ppm de silicio y el aceite usado muestra 10 ppm, significa que 7 ppm provienen del ambiente externo. Es importante prestar atención al silicio proveniente del suelo. Es importante destacar que existen aceites bolivianos en el mercado con una concentración de 6 ppm de silicio, que no se debe al antiespumante, sino a la contaminación (tierra) durante el proceso de producción o envasado, lo cual indica un control deficiente en dichos procesos [15]

➤ **Lineamientos para la elaboración de un m³ concreto simple con el porcentaje óptimo de Aceite Residual Automotriz en obra**

La recolección de Aceite Residual Automotriz se realiza en cualquier Oleo centro formal; se puede adquirir mediante 2 modalidad: compra o solicitud. En este caso se adquirió mediante una solicitud a la Administración de Servicios y Centros Prado, Oleo centro San Juan y Oleo centro San Andrés. Los galones de Aceite Residual Automotriz fueron puestos en un recipiente plástico para crear una mezcla homogénea.

Verificación de Aceite Residual de Auto

- ✓ Se debe asegurar que la muestra de aceite extraída de los talleres de cambio sea diésel; evitar la adquisición de aceite de motor de gasolina y priorizar que los vehículos sean autos; no combis, no motos, etc.

La eliminación de ciertas partículas en suspensión que puedan existir dentro de la estructura interna del Aceite Residual Automotriz, serán eliminadas mediante el cribado, el cual se efectúa con un cedazo (malla o tamiz con aberturas muy finas).

La obtención de la Densidad del Aceite Residual Automotriz es necesario para iniciar con la elaboración del diseño de mezcla, para esta investigación se contactó a Slab Perú, Laboratorio sistema de servicios y análisis químicos, el cual realizó en una semana el ensayo de densidad a la muestra de 1L de ARA que les fue enviada.

Por otro lado, se realiza la compra del cemento y de los áridos, en este caso la arena amarilla es de la cantera Pátapo – La Victoria y la piedra chancada es de la cantera Tres Tomas; se procede con su caracterización mediante ensayos de laboratorio.

El diseño de mezcla se realiza gracias a los datos recopilados anteriormente de los agregados y se utiliza el dato de densidad para agregar el Aceite Residual Automotriz en volumen, para elaborar un m³ con el porcentaje óptimo de hará de 0.75% se necesitará 3.362 lts de ARA, agregándole un desperdicio del 5% por la manipulación de este.

Ya que esta investigación se realiza en un laboratorio con fines de experimentación y debido a la capacidad de la mezcladora, se dosificó 79 ml de Aceite Residual Automotriz (con desperdicio) en una probeta graduada; cantidad la cual sirve para la elaboración de 4 probetas de concreto simple.

Verificación de equipos de mezclado

- ✓ Para la preparación de concreto con aceite residual de auto, se restringe el mezclado manual; ya que se obtendría una mezcla menos homogénea y se tendría más desperdicio.
- ✓ El trompo debe ser humedecido previamente, para corroborar que el equipo se encuentra sin ningún agujero; las paletas de mezclado deben estar limpias y sin ningún tipo de residuo de concreto endurecido proveniente de mezclas anteriores.

Incorporación de materiales para elaboración de concreto con ARA

- ✓ Se añaden los agregados, se mezcla por 1 minuto
- ✓ Se agrega la mitad del agua de la mezcla y se vuelve a mezclar 1 minuto más
- ✓ En un recipiente aparte se combina la mitad del agua restante y el aceite Residual Automotriz
- ✓ En la mezcladora se incorpora el cemento y mientras gira se le va añadiendo la combinación de ARA y agua.

Verificación de equipo de protección personal

- ✓ La manipulación del Aceite Residual Automotriz debe darse con la indumentaria correspondiente, ya que el contacto con la piel puede causar afecciones a la misma.
- Verificación de área de almacenamiento
- ✓ El aceite de auto no debe de almacenarse en recipientes plásticos, al contrario, se almacena en recipientes de metal, con sellado hermético; el área de almacenamiento debe estar limpia, a temperatura ambiente y lejos de cualquier sustancia inflamable

Evaluación de Impacto Ambiental

- **Datos generales**

Titular o representante legal del solicitante

Razón social: USAT

Nombre completo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Domicilio: Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855

Entidad autorizada de la elaboración del estudio de impacto ambiental

Razón social: Bardales Flores, Carolina

Domicilio: Av. Jhon Kennedy # 455 José Leonardo Ortiz

Correo electrónico: 71436135@usat.pe

- **Aspectos Generales**

Objetivo General

Realizar la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto de investigación titulado “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de Aceite Residual Automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²”

Objetivos Específicos

- ✓ Describir el proyecto
- ✓ Identificar y evaluar los impactos ambientales
- ✓ Desarrollar un Plan de Manejo Ambiental

- **Alcances**

La presente tesis de investigación permitirá aprovechar un residuo químico proveniente de la industria automovilística, como lo es el Aceite Residual Automotriz; que debido a la deficiente gestión de eliminación que tiene, representa un peligro latente para el factor agua y suelo. El proyecto propone el reaprovechamiento del Aceite Residual Automotriz como aditivo para la elaboración de mezclas de concreto de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Marco legal**

- ✓ Ley N.º 26842 Ley general de salud
- ✓ Ley N.º 27314: Ley general de residuos sólidos (21.07.00)

- ✓ Ministerio del ambiente
- ✓ Ley N.º 27446: Ley del sistema nacional de evaluación del impacto ambiental (23.04.11)

- **Descripción y análisis del proyecto**

- Ubicación del proyecto**

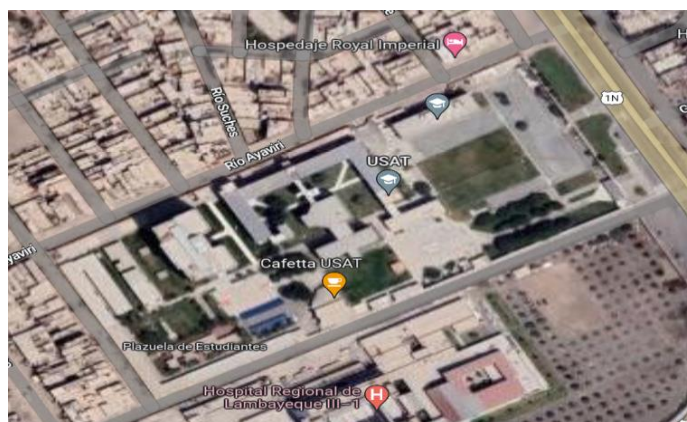
El proyecto se ubica y desarrolla en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Chiclayo; específicamente dentro de las instalaciones de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Ilustración 26 Departamento de Lambayeque



Fuente: Google Imágenes

Ilustración 27 Lugar de ejecución de la investigación - USAT



Fuente: Google Maps

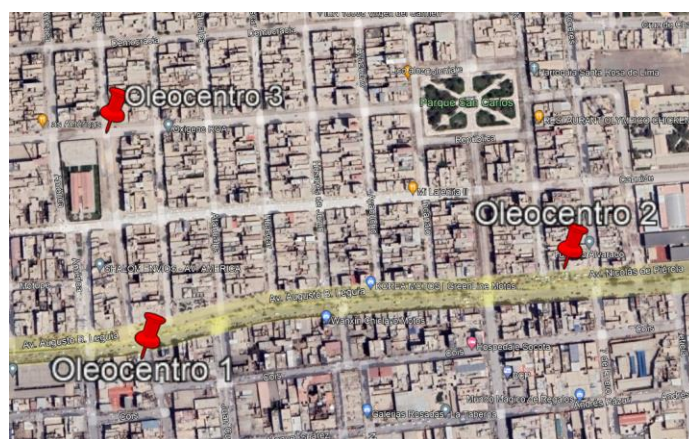
- **Etapas del proyecto**

- Etapas de ubicación de puntos de recolección**

Esta investigación pretende la utilización del Aceite Residual Automotriz de tipo diésel recolectado en 3 oleo centros de la ciudad de Chiclayo.

- ✓ Oleocentro 1: Av. Augusto B. Leguía N° 869
- ✓ Oleocentro 2: Av. Nicolás de Piérola N° 215
- ✓ Oleocentro 3: Ca. Tahuantinsuyo N° 301

Ilustración 28 Lugares de recolección de Aceite de Motor



Fuente: Google Maps

- Etapas de elaboración del concreto**

Consiste en la elaboración del diseño de mezcla para un concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm², al cual se le añadirá Aceite Residual Automotriz en 4 cantidades al 0.15%, 0.35%, 0.55% y 0.75%, con el propósito de validar o invalidar la hipótesis planteada

- **Línea Base**

- Área de Influencia Directa**

El distrito de Lambayeque, ubicado en la región norte del Perú, constituye el área de influencia directa de la fabricación de concreto con aceite residual de motor. Esta localidad limita con Huancabamba, Chiclayo, Ferreñafe y el océano Pacífico.

Ilustración 29 Área de influencia directa



Fuente: Google Imágenes

Área de Influencia Indirecta

El área de estudio se ha delimitado al departamento de Lambayeque y sus zonas aledañas, considerando la presencia de un número significativo de plantas de tratamiento de aguas residuales que podrían beneficiarse de la aplicación de las tecnologías propuestas en este proyecto.

- **Descripción del ambiente**

Físico

Clima

Lambayeque presenta un clima predominantemente cálido y seco, con temperaturas promedio de 22.3°C y una estación seca que se extiende durante todo el año. Sin embargo, el fenómeno de El Niño puede ocasionar un aumento significativo de las temperaturas cada siete años aproximadamente.

Calidad de Aire

Las actividades industriales y comerciales, como la quema de caña de azúcar, han convertido a Lambayeque en una de las ciudades más contaminadas del Perú, debido a las altas emisiones de dióxido de carbono, plomo y dióxido de azufre.

Según un estudio de la Dirección de Calidad Ambiental, el crecimiento urbano desordenado y la ausencia de evaluaciones de impacto ambiental previo a la ejecución de obras civiles son factores determinantes en los altos niveles de contaminación de la región.

Suelo

De acuerdo con la clasificación de la ONERN, los suelos de Lambayeque, formados por sedimentos aluviales, presentan una alta salinidad producto de un drenaje inadecuado. Además, su textura arcillosa dificulta la infiltración del agua y el desarrollo radicular de las plantas.

Paisaje

El paisaje urbano que rodea el proyecto se caracteriza por la presencia de grandes zonas industriales y residenciales, muchas de ellas en crecimiento. Sin embargo, la gestión de residuos sólidos en esta área es deficiente, lo que genera problemas ambientales considerables.

Descripción del ambiente biológico

Flora

La flora de Lambayeque presenta una comunidad vegetal predominantemente boscosa, en la que el algarrobo destaca como una especie emblemática.

Fauna

El distrito de Lambayeque, y en particular el área de estudio, alberga una fauna variada, donde reptiles, roedores, aves comunes y animales domésticos son los grupos más representativos.

Descripción del ambiente socio-económico

Comercio

La ubicación de Lambayeque, como cruce de caminos entre la costa, sierra y selva, ha influido en su desarrollo comercial, aunque a un ritmo más lento. No obstante, su consolidación como un centro universitario ha diversificado su economía. Entre las actividades económicas más importantes destacan:

- ✓ Centros de abastos formales e informales
- ✓ Espacios culturales
- ✓ Centros médicos
- ✓ Galerías

Actividad turística

El distrito de Lambayeque, con su emblemático Museo Sipán, rico en historia y cultura, ha posicionado al turismo como un sector clave para su desarrollo económico. La creciente demanda turística, impulsada por el atractivo del museo, ha generado una necesidad de ampliar la infraestructura hotelera. Los costos de construcción por habitación varían entre US\$ 5,000 y US\$ 12,000, dependiendo de la categoría del hotel. Estudios recientes indican que, entre 2008 y 2010, la región invirtió más de US\$ 7 millones en expandir su oferta hotelera.

• **Evaluación de Impactos**

Se llevó a cabo una evaluación de impactos para analizar los posibles efectos del proyecto en el distrito de Lambayeque. Esta evaluación identificó los factores que podrían verse afectados de manera positiva o negativa en cada área de estudio. Es de suma importancia realizar esta evaluación, ya que permite identificar los impactos y desarrollar un Plan de manejo ambiental. El objetivo es proponer medidas preventivas o de mitigación para contrarrestar los impactos negativos generados por el uso de los bioquímicos mencionados en el tratamiento de aguas residuales, así como potenciar los impactos positivos para la conservación y protección del medio ambiente.

Para llevar a cabo un análisis detallado de los impactos ambientales, se utilizó la Matriz de Leopold. Esta matriz establece una relación entre las acciones del proyecto y los elementos ambientales afectados, como el ruido, la contaminación del aire y la contaminación del agua.

Ilustración 30 Matriz de Leopold de acciones y factores de la investigación

La magnitud de una interacción representa su extensión o escala y se basa en una valoración objetiva de los hechos relacionados con el impacto previsto					ACCIONES							SUMA	
					LABORATORIO							MAGNITUD	PROMEDIO
					MATERIALES		CONCRETO						
					Obtención de agregados	Adquisición de Aceite Residual Automotriz	Elaboración de diseño de mezcla	Ensayos de concreto en estado fresco	Elaboración de probetas	Ensayos de concreto endurecido			
FACTORES AMBIENTALES	MEDIO NATURAL	MEDIO ABIÓTICO	AIRE	EMISIÓN DE GASES	-6	-1	-4	0	-2	0	-13	-36	
				PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	-8	0	-7	-2	-5	3	-19	-70	
				NIVEL DEL RUIDO	-4	0	-5	-3	-5	5	-12	-39	
		AGUA	AGUA SUBTERRÁNEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			USO DE AGUA POTABLE	0	0	-5	-3	-5	0	-13	13	-59	
		SUELO	MORFOLOGIA DEL TERRENO	-3	0	0	0	0	0	-3	3	-9	
			CALIDAD DE SUELO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			VERTIDO	0	6	0	0	0	0	6	5	30	
	MEDIO BIÓTICO	FLORA	ARBUSTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			ÁRBOLES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		FAUNA	AVES	-2	0	-3	0	-2	-2	-9	8	-20	
			INSECTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			ANIMALES TERRESTRES	0	0	0	0	-2	0	-2	1	-2	
		ER CALIDAD VISUAL	PAISAJE URBANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			EMPLEO	6	4	4	4	3	4	25	20	85	
	SOCIO-CULTURAL	COMERCIO	4	0	2	2	1	0	9	4	7		
		ESTILO DE VIDA	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		SALUD Y SEGURIDAD	0	0	2	2	-4	5	5	11	7		
		MAGNITUD	17	10	28	12	28	16	11	-106			
IMPORTANCIA					-13	9	-16	0	-21	15			
PROMEDIO					-45	40	-73	1	-91	62	-106	OK	

Fuente: Elaboración Propia

Análisis económico unitario

Para determinar la rentabilidad del proyecto, se calcularán los costos unitarios de un metro cúbico de concreto simple, comparando una mezcla convencional con otra que incluye un 0.55% de aceite residual automotriz.

Tabla 53 Análisis de costos unitarios para concreto patrón

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
Partida:	Concreto simple para losa f'c= 210 Kg/cm ²					
Especificaciones:	No incluye encofrado. Preparado con mezcladora de 9-11 p3 PU. Incluye gasolina y aceite					
Rendimiento:	20 m3/día					
Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	P. U	Parcial	Total
MATERIALES						346.26
Cemento Portland Tipo I (BLS: 42.5 kg)	Bls	-	8.77	29.50	258.72	
Agua	m3	-	0.29	1.20	0.34	
Arena Gruesa	m3	-	0.61	50.00	30.50	
Piedra chancada 3/4"	m3	-	0.81	70.00	56.70	
-	-	-	-	-	-	
MANO DE OBRA						71.05
Capataz	hh	0.1	0.040	18.65	0.75	
Operario	hh	1	0.400	26.22	10.49	
Oficial	hh	0.5	0.200	20.60	4.12	
Peon	hh	6	2.400	18.65	44.76	
Operador equipo	hh	1	0.400	27.35	10.94	
EQUIPO, HERRAMIENTAS						17.24
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1	0.400	26.21	10.48	
Vibrador para concreto	hm	1	0.400	8.02	3.21	
Herramientas manuales	%	5%	0.050	71.05	3.55	
TOTAL						434.56

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54 Análisis de costos unitarios para concreto con adición de Aceite Residual

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
Partida:	Concreto simple con Aceite Residual Automotriz f'c=210 Kg/cm ²					
Especificaciones:	No incluye encofrado. Preparado con mezcladora de 9-11 p3 PU. Incluye gasolina y aceite					
Rendimiento:	10 m3/día					
Descripción	Unid.	Cuadrilla	Cant.	P. U	Parcial	Total
MATERIALES						350.36
Cemento Portland Tipo I (BLS: 42.5 kg)	Bls	-	8.77	29.50	258.72	
Agua	m3	-	0.29	1.20	0.34	
Arena Gruesa	m3	-	0.61	50.00	30.50	
Piedra chancada 3/4"	m3	-	0.81	70.00	56.70	
ARA	lts	-	2.05	2.00	4.10	
MANO DE OBRA						71.05
Capataz	hh	0.1	0.040	18.65	0.75	
Operario	hh	1	0.400	26.22	10.49	
Oficial	hh	0.5	0.200	20.60	4.12	
Peon	hh	6	2.400	18.65	44.76	
Operador equipo	hh	1	0.400	27.35	10.94	
EQUIPO, HERRAMIENTAS						15.82
Mezcladora de 9-11 p3	hm	1	0.400	26.21	10.48	
Vibrador para concreto	hm	1	0.400	8.02	3.21	
Herramientas manuales	%	3%	0.030	71.05	2.13	
TOTAL						437.24

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

El Aceite Residual Automotriz (ARA) es un hidrocarburo que contiene metales pesados y otros compuestos químicos provenientes de la combustión del motor; presenta una viscosidad más alta debido a la presencia de residuos o partículas producto del desgaste del motor, haciéndola convenientemente útil para la micro adherencia en mezclas de concreto simple.

El concreto con un 0.55% de aceite residual mantiene una resistencia adecuada y mejora la trabajabilidad, por lo tanto, se sugiere su uso en elementos no estructurales o en pavimentos de baja carga, donde la combinación de alta trabajabilidad y costos reducidos ofrece ventajas significativas.

En estado fresco, el ARA tienden a mejorar la trabajabilidad (slump) del concreto, así como también aumenta el tiempo de fraguado y la cantidad de agua exudada de la mezcla. Por ello, podría utilizarse como aditivo retardante en climas cálidos. En cuanto al peso unitario, este tendió a disminuir ya que el aceite posee una densidad más baja que la del agua, respecto a la temperatura no hubo mayor patrón de cambio, se mantuvo variable según las condiciones del ambiente. En estado endurecido se observó el aumento de resistencia en un 11% con la adición de 0.55%, así mismo, la adición de 0.75% también demostró un aumento de resistencia en un 2.5% respecto a la muestra control. Respecto al ensayo de módulo de elasticidad, la adición de 0.55% obtuvo el mayor valor, pero no superó el módulo de elasticidad de la muestra patrón con 255585.1 kg/cm². Se puede concluir que la muestra óptima de Aceite Residual de Auto es de 0.55%.

En el ensayo externo de laboratorio, que evaluó los metales en ppm en la estructura del aceite; arrojó resultado elevados en cuanto a Calcio, Fósforo, Zinc y Magnesio; el Calcio es un componente esencial que la formación y endurecimiento del concreto; el Fósforo no supone una cantidad peligrosa para el desempeño de mezclas con aceite de motor; el Zinc por su parte puede ser utilizado como inhibidor de corrosión para proteger el refuerzo de acero; sin embargo, la presencia de magnesio en el concreto puede afectar negativamente su desempeño, especialmente cuando se encuentra en forma de agregados reactivos o en concentraciones altas. La interacción entre el magnesio y los álcalis presentes en el cemento puede provocar la expansión y formación de grietas en el concreto, lo cual compromete su durabilidad y resistencia.

Se demostró teóricamente que el aceite residual automotriz, no interviene en la reactividad álcali sílice y álcali carbonato, si bien es cierto, estas reactividades ocurren debido a la interacción de los álcalis del cemento; se le conoce a la reacción química que se produce entre los áridos silíceos reactivos y los constituyentes alcalinos del hormigón, cuando entran en contacto con el agua. Por ende, la intervención del aceite residual automotriz dentro de mezclas de concreto no supone una amenaza que pueda iniciar estas reactividades que perjudiquen el desempeño del concreto.

El ensayo de compresión evidencia un dominio de falla tipo III y IV, caracterizadas por figuras encolumnadas a través de ambos extremos y fractura diagonal respectivamente; se observó que los especímenes no mostraron restos de aceite residual en la superficie externa e interna. Cabe mencionar que el agua de curado tampoco presentó rastros de ARA, por lo que se concluye que el tiempo de mezclado de 5 minutos jugó un papel importante en la homogenización de la mezcla.

La utilización de aceite residual como aditivo permitió una reducción de hasta un 87% en los costos totales de producción del concreto, considerando el ahorro en aditivos convencionales y la valorización del residuo. Este ahorro es significativo en proyectos de gran escala, donde la economía de materiales es crucial.

La evaluación de Impacto Ambiental sugiere un impacto negativo en el ambiente, ya que la elaboración de concreto implica la explotación de recursos naturales y emisión de gases; además, la elaboración de las probetas generará ruido y emisión de partículas que generaran impacto negativo al medio donde se está realizando. Los impactos positivos que encontramos fueron la generación de empleo y la disminución de contaminación de suelos, debido a la recolección de Aceite Residual Automotriz recolectado.

Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios adicionales para optimizar la dosificación de aceite residual automotriz en el concreto, evaluando distintas concentraciones (por ejemplo, entre 0.1% y 4% en peso) para determinar el equilibrio ideal entre mejor trabajabilidad y la minimización del impacto negativo en la resistencia mecánica.

Para facilitar la adopción del uso de aceite residual en la industria de la construcción, se sugiere colaborar con organismos normativos para desarrollar guías técnicas y normativas que regulen y estandaricen el uso de estos materiales en la fabricación de concreto.

Es crucial llevar a cabo ensayos de durabilidad a largo plazo para evaluar el comportamiento del concreto con aceite residual bajo condiciones de exposición realistas, como ciclos de congelación-descongelación, ataques químicos y exposición a sulfatos. Estos estudios ayudarán a confirmar la viabilidad del concreto modificado en diversas aplicaciones.

El aceite residual automotriz debe incorporarse al concreto, activándose previamente en agua, ya que así tiene un mejor comportamiento en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas. De lo contrario, si se vierte de manera directa a la mezcla de concreto, no se observará ninguna mejora en las propiedades físicas, como el asentamiento.

Se debería realizar una comparativa de ensayos físicos y mecánicos del concreto simple; donde se utilice el Aceite Residual Automotriz y un aditivo Superplastificante, para observar su desempeño y llegar a una alternativa económica que optimice los costos en obra.

Se debería profundizar en investigaciones donde se incorpore Aceite Residual de Auto en mezclas de concreto que contengan acero de refuerzo, con el objetivo de evaluar el porcentaje de aceite residual automotriz que afecta la microadherencia del mismo, o si conlleva a alguna alteración en elementos de concreto armado.

Se sugiere la realización de pruebas y evaluaciones en condiciones reales de campo para validar los resultados obtenidos en laboratorio y verificar el desempeño del ARA en el concreto en situaciones reales.

Referencias

- [1] S. Beddu, N. Shafiq, M. F. Nuruddin, N. L. M. Kamal. y S. N. Sadon, “Efectos del aceite de motor usado como aditivo en la Durabilidad del hormigón” *Revista actual de ciencia y tecnología aplicadas*, Vol. 15, No. 6, pp. 1-10, May 2016. [En línea]. Disponible en: <https://journalcjast.com/index.php/CJAST/article/view/8699>. Acceso: mayo 2022
- [2] T. Baloa, C. Arellano, J. De Abreu y I. Aguila " Aceite residual automotriz como aditivo en mezclas de hormigón: Si es factible su uso", *Revista Matéria*, 10 Jun 2019. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/7nlAkg> Acceso: Abril 2022.
- [3] L. Pasaye, L. Márquez, J. Ignacio y M. Sánchez " Impacto del aceite residual automotriz en un suelo: remediación por bioestimulación", *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(2), 84-93, Agosto 2020. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/3zQ1cB> . Acceso: Abril 2022.
- [4] C. Andrade Padilla, “Propuesta de un plan de manejo sustentable de los aceites usados provenientes de los talleres de automotrices y lubricadoras del cantón Cañar” Tesis de Pregrado, Dpto. Mecánica Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7683/1/UPS-CT004544.pdf>
- [5] M. Noori Hussein, “Propiedades del concreto que contiene aceite de motor nuevo y usado” *Revista Internacional de Ciencia e Investigación*, Volumen 4, n° 12, Dic. 2015. [En Línea]. Disponible en: <https://docplayer.net/44082303-Properties-of-concrete-containing-new-and-used-engines-oil.html>. Acceso 12 de Mayo del 2022.
- [6] M. O. Ali, "Aplicación de aceites de motor usados de automóviles y humo de sílice para mejorar las propiedades del hormigón para la Eco-Construcción amigable," *Artículos científicos de la Universidad Técnica de Riga*, vol. 24, (1), pp. 123-142, 2020. [En línea] Disponible: <https://acortar.link/eopXln>
- [7] S. Alsadey, “Efectos del aceite de motor usado como aditivo químico en el concreto”, *Revista Internacional de Energía y Desarrollo Sostenible*, Vol. 3, No. 2, pp. 38-43, Jun. 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.aiscience.org/journal/paperInfo/ijesd?paperId=4103>. Acceso: mayo 2022.
- [8] V. Giridhar, “Impacto del aceite de motor de desecho en la composición del Hormigón”, *Revista internacional de ingeniería e investigación científica actual*, Vol. 4, No. 10. 2017. [En Línea] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/492444532/9>
- [9] L. Cuéllar Yañez, Aspectos Generales del uso del concreto, Arequipa: Publicaciones Universidad Autónoma de San Francisco, 2018.

- [10] A. H. Nilson, “Diseño de estructuras de concreto”, Bogotá: Mc GRAW-HILL INTERAMERICANA S.A, 2001.
- [11] C. Grijalva. *Concreto Armado 1*; 1ª ed. Guatemala: CUNOC, 2020
- [12] D. Sánchez. *Tecnología del concreto y del mortero*, 5th ed. Bogotá: Bhandar Editores, 2001
- [13] A. Magno, Evaluación de la durabilidad de estructuras de concreto armado utilizando equipos y métodos de ensayos no destructivos, Lima: Consorcio Digital de conocimiento MebLatam, 2013.
- [14] L. Manzanarez y M. Ibarra, "Diagnóstico del uso y manejo de los residuos de aceite automotriz en el municipio del fuerte, Sinaloa." *Ra Ximhai*, Vol. 8, No.2, pp.129-137, May – Agt 2012. [En Línea] Disponible en : <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46123333013>
- [15] W. Fong, E. Quiñonez, C. Tejada, “Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje”, *Prospectiva*, Vol 15, N° 2, 135-144, 2017, Jul – Dic 2017 [En línea] Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-82612017000200135
- [16] V. Conesa Fernández, Guía Metodológica para la evaluación del impacto Ambiental, 4.ª ed. Madrid: Mundi - Prensa 2010.
- [17] Ministerio De Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial et. al, *Manual Técnico para el Manejo de Aceites Lubricantes Usados*, Bogotá Colombia, 2006
- [18] A. Del Valle Moreno, A. Torres Acosta, J. Terán Guillén , J. T. Pérez Quiroz and P. Oidor Salinas, *PROTECCIÓN CATÓDICA DE CONCRETO REFORZADO USANDO ÁNODOS DE SACRIFICIO DISCRETOS*, Querétaro, México: Instituto mexicano del transporte, 2006.
- [19] A. Velasco Torres, "*Estudio experimental sobre la reacción álcali-sílice en el hormigón producida por áridos de reacción lenta*," Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2014.
- [20] M. Alexander, *Durabilidad del Concreto Diseño y construcción*, Florida: Taylor & Francis Group, LLC, 2017.
- [21] P. K. MEHTA, *Concreto; Estructura, Propiedades y Materiales*, México: Stars Rating System, 1998

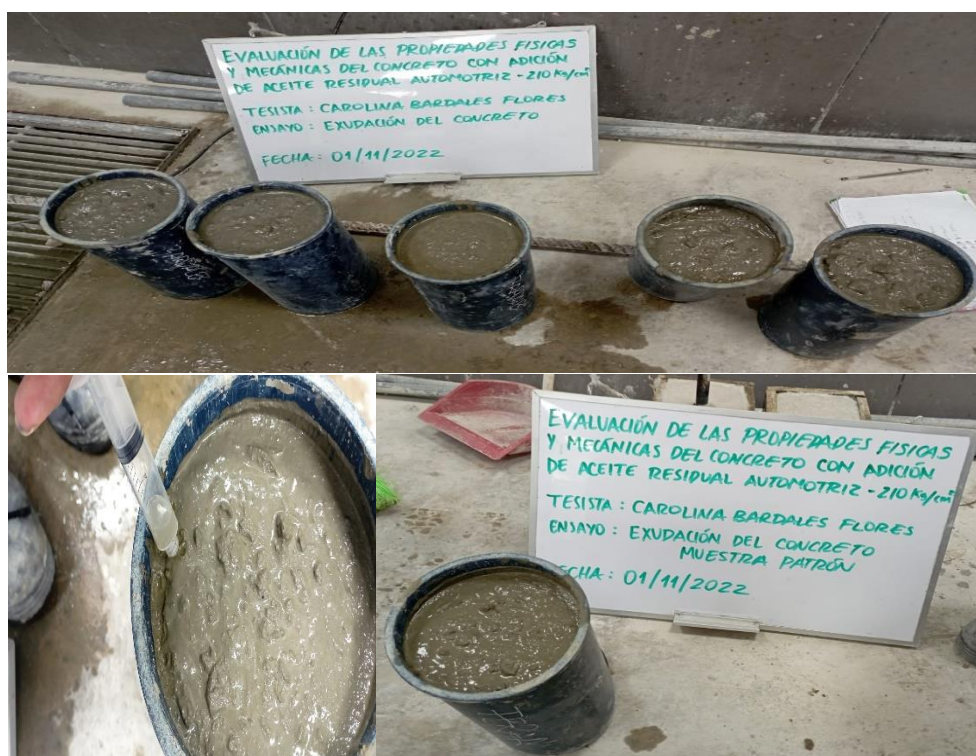
Anexos

Anexo 1 Ensayo de Asentamiento (Slump) de las dosificaciones de estudio



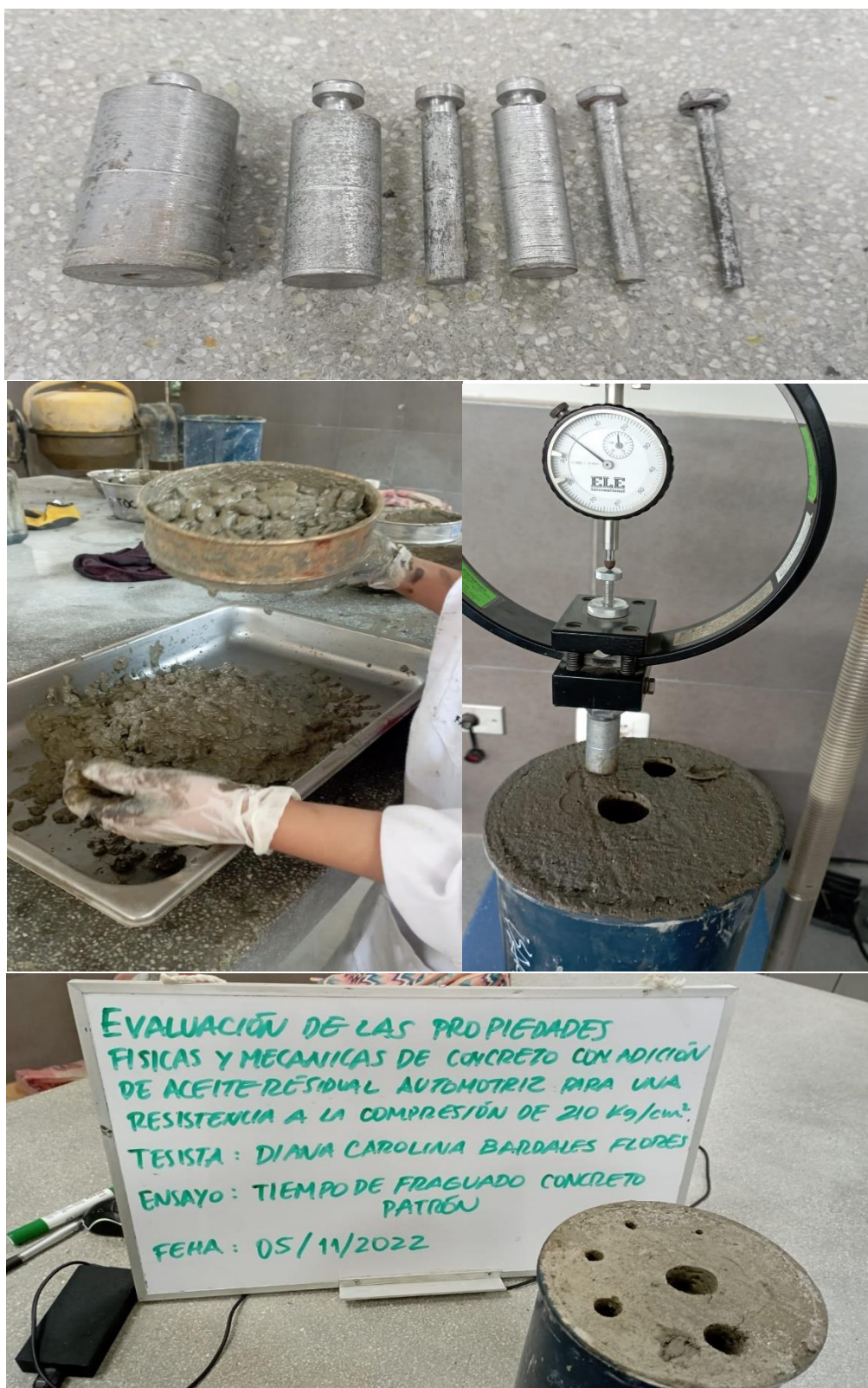
Fuente: Galería Propia

Anexo 2 Ensayo de Exudación de las dosificaciones de estudio



Fuente: Galería Propia

Anexo 3 Ensayo de tiempo de Fraguado para las dosificaciones de estudio



Fuente: Galería Propia

Anexo 4 Realización y curado de especímenes de concreto



Fuente: Galería Propia

Anexo 5 Roturas de especímenes ensayados a compresión



Fuente: Galería Propia

Anexo 6 Informe técnico de análisis granulométrico para el agregado fino de la cantera La Victoria - Pátapo



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 10 de Agosto del 2022

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 6 N.T.P. 400.012

Cantera	: Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.	P. Inicial H.	928.4	% de Humedad =	1.98	Módulo de Fineza:	
		P. Inicial S.	910.4				
Malla	Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:		
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Que Pasa			
1/2"	12.700	0	0.0	100.0	100	100	
3/8"	9.500	0	0.0	100.0	100	100	
Nº 04	4.750	37.33	4.1	95.9	95	100	
Nº 08	2.360	107	11.8	84.1	80	100	
Nº 16	1.180	181.26	19.9	64.2	50	85	
Nº 30	0.600	171.56	18.8	45.4	25	60	
Nº 50	0.300	197.57	21.7	23.7	10	30	
Nº 100	0.150	116.7	12.8	10.9	2	10	
Fondo		98.93	10.9	100.0	0.0		
Módulo de Fineza			2.758				
Abertura de malla de referencia			9.500				



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 7 Informe técnico de análisis granulométrico para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas



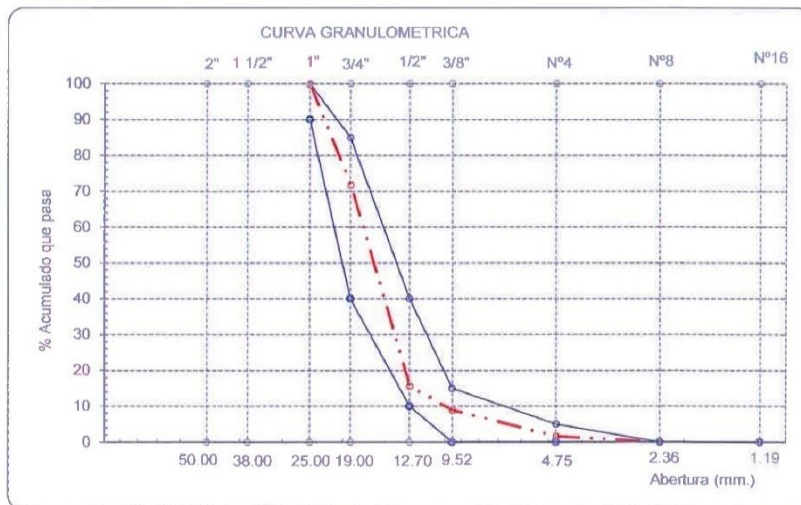
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 16 de Noviembre del 2022
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas
P. Inicial H. : 6107.5
% de Humedad : 0.49
P. Inicial S. : 6078

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa	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	18.2	0.3	0.3	99.7	90.0	100.0
3/4"	19.00	1700.0	28.0	28.3	71.7	40.0	85.0
1/2"	12.70	3410.0	56.1	84.4	15.6	10.0	40.0
3/8"	9.52	406.7	6.7	91.1	8.9	0.0	15.0
Nº 04	4.75	442.4	7.3	98.4	1.6	0.0	5.0
Nº 08	2.36	96.3	1.6	99.9	0.1	0.0	0.0
Nº 16	1.19	4.4	0.1	100.0	0.0	0.0	0.0
Fondo		0	0.0	100.0	0.0		
Tamaño Máximo			1"	38.00			
Tamaño Máximo Nominal			3/4"	25.00			



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 8 Informe técnico de contenido de humedad para el agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo y para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 16 de Noviembre 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.)	617.54	617.54
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	605.55	605.55
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.98	1.98
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.98	

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.)	6107.5	6107.5
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	6077.5	6077.5
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.5	0.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.49	



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 9 Informe técnico del ensayo de peso específico y absorción para el agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo y para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 16 de Noviembre 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 + Pí	(g)	972.0	972.0
2.- Pesi: Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	667.7	667.7
3.- Peso del Agua	(g)	304.3	304.3
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	663.7	663.7
5.- Peso del Frasco	(g)	167.7	167.7
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	496	496
7.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.534
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.555
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.587
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.81

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)	2752	2752
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	2770	2770
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del car	(g)	2630	2630
4.- Peso de la canastilla	(g)	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1750	1750

II.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.698
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.716
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.746
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.65



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 10 Informe técnico del ensayo de peso unitario para el agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo



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



Tesista Bardales Flores Diana Carolina
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 16 de Noviembre del 2022

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

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7776	7798
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		7776	7798
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1428	1432
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1423	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	8756	8768
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8756.0	8768.0
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00544	0.00544
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1608	1611
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1602	

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

C.- CONTENIDO DE HUMEDAD

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	6107.5	6107.5
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	6078	6077.5
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.5	0.5
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.49	



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 11 Informe técnico del ensayo de peso unitario para el agregado grueso de la cantera Tres Tomas



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 16 de Noviembre 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.)	8242	8250
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		8242	8250
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1484	1486
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1456	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9350	9358
2.- Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0
3.- Peso del material		9350	9358
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00555	0.00555
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1684	1685
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1652	

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.)	928.4	928.4
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	910.35	910.35
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
D.- Contenido de humedad	(%)	2.0	2.0
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.98	



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 12 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días del concreto patrón



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	20/09/2022	7	197
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	20/09/2022	7	188
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	11/10/2022	28	251
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	11/10/2022	28	243

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 13 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días de la dosificación de ARA al 0.15%



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	211
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	221
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	249
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	257

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 14 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días de la dosificación de ARA al 0.35%



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05
Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	195
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	211
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	238
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	249

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 15 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días de la dosificación de ARA al 0.55%



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	215
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	205
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	272
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	269

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 16 Informe técnico del ensayo de resistencia a compresión a los 7 y 28 días de la dosificación de ARA al 0.75%



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.034 - 2008 / ASTM C-39/39M - 05

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	223
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	225
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	280
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	276

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 17 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días del concreto patrón



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

Tesista : Bardales Flores Diana Carolina

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

Referencia : ASTM C-469

MUESTRA 01	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	α_e (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% α_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	e unitaria ϵ_2 (S ₂)	E _c Kg/cm ²	Promedio E _c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm ²	13/09/2022	11/10/2022	28	251.29	101	11.87179	0.000423	237436	238370.188
02	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm ²	13/09/2022	11/10/2022	28	243.13	97	11.96523	0.000406	239305	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 18 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días de la dosificación de ARA al 0.15%



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
Referencia : ASTM C-469

MUESTRA 01	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_a (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_a) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	e unitaria $e_2 (S_2)$	E_c Kg/cm ²	Promedio E_c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON - f' c= 210 kg/cm ² + ARA 0.15%	14/06/2022	12/07/2022	28	249.39	100	11.87711	0.000420	237542	237540.550
02	CONCRETO PATRON - f' c= 210 kg/cm ² + ARA 0.15%	14/06/2022	12/07/2022	28	257.43	103	11.87694	0.000433	237539	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 19 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días de la dosificación de ARA al 0.35%



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

Tesista : Bardales Flores Diana Carolina

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

Referencia : ASTM C-469

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	α_a (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_a) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria ϵ_z (S _z)	E_c Kg/cm ²	Promedio E_c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm ² + ARA 0.35%	14/06/2022	12/07/2022	28	238.05	95	11.71515	0.000406	234303	236269.949
02	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm ² + ARA 0.35%	14/06/2022	12/07/2022	28	249.11	100	11.91184	0.000418	238237	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 20 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días de la dosificación de ARA al 0.55%



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

Tesista : Bardales Flores Diana Carolina

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

Referencia : ASTM C-469

MUESTRA 01	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_a (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_a) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	e unitaria ϵ_2 (S ₂)	E _c Kg/cm ²	Promedio E _c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm ² + ARA 0.55%	14/06/2022	12/07/2022	28	272.12	109	12.17408	0.000447	243482	248645.003
02	CONCRETO PATRON - f'c= 210 kg/cm ² + ARA 0.55%	14/06/2022	12/07/2022	28	268.61	107	12.69042	0.000423	253808	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 21 Informe técnico del ensayo de Módulo de elasticidad los 28 días de la dosificación de ARA al 0.75%



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

Tesista : Bardales Flores Diana Carolina

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).

Referencia : ASTM C-469

MUESTRA 01	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm ²	ϵ unitaria $\epsilon_s (S_2)$	E_c Kg/cm ²	Promedio E_c Kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON - $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + \text{ARA } 0.75\%$	14/06/2022	12/07/2022	28	280.16	112	12.53383	0.000447	250677	255585.085
02	CONCRETO PATRON - $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + \text{ARA } 0.75\%$	14/06/2022	12/07/2022	28	275.69	110	13.02467	0.000423	260493	

Observaciones:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 22 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta del concreto patrón



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.084 / ASTM C-496

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	20/09/2022	7	15
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	20/09/2022	7	18
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	11/10/2022	28	26
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	13/09/2022	11/10/2022	28	28

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 23 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta de la dosificación de ARA al 0.15%



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.084 / ASTM C-496

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	24
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	23
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	27
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.15% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	25

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 24 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta de la dosificación de ARA al 0.35%



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.084 / ASTM C-496

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	18
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	20
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	22
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.35% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	19

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 25 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta de la dosificación de ARA al 0.55%



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.084 / ASTM C-496

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	17
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	18
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	18
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.55% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	25

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 26 Informe técnico del ensayo de Tracción Indirecta de la dosificación de ARA al 0.75%



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



Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

Código : N.T.P. 339.084 / ASTM C-496

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica

Muestra Nº	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f'c kg/cm ²
01	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	22
02	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	21/09/2022	7	23
03	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	28
04	CONCRETO 210 kg/cm ² +0.75% DE ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ	14/09/2022	12/10/2022	28	24

OBSERVACIONES :

- Muestreo realizados por el solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 27 Informe técnico de ensayo de Asentamiento para las dosificaciones de estudio



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

Tesista : Bardales Flores Diana Carolina

Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo : Asentamiento-Slump

Referencia : Norma ASTM C143

Fecha de emisión : 16 de noviembre del 2022

Diseño	Slump(pulg.)
Patrón	3.4
ARA 0.15%	4.8
ARA 0.35%	5.3
ARA 0.55%	5.8
ARA 0.75%	6.1

Observaciones:

- Muestreo realizados por el solicitante
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 28 Informe técnico de ensayo de Exudación para las dosificaciones de estudio



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Ensayo : Exudación
Referencia : Norma ASTM C232
Fecha de emisión : 16 de noviembre del 2022

AGUA EXUDADA ACUMULADA(ml)					
HORA	PATRÓN	ARA 0.15%	ARA 0.35%	ARA 0.55%	ARA 0.75%
10MIN	0.3	0.3	0.2	0.6	0.6
20MIN	1.1	1.8	1.2	1.6	1.6
30MIN	2.3	2.8	3.7	3.1	3.1
40MIN	3.1	5.6	6.7	5.6	5.6
120MIN	5.1	7.8	9.0	8.4	8.6
150MIN	6.1	9.3	10.6	9.9	10.4
180MIN	7.3	10.3	11.7	11.4	11.9
210MIN	-	-	-	12.4	12.9
%EXUDACIÓN	0.51	0.72	0.81	0.86	0.90

Masa de agua en el molde 1439 g

Observaciones:
-Muestreo realizado por el solicitante
-El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 29 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado del concreto patrón



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

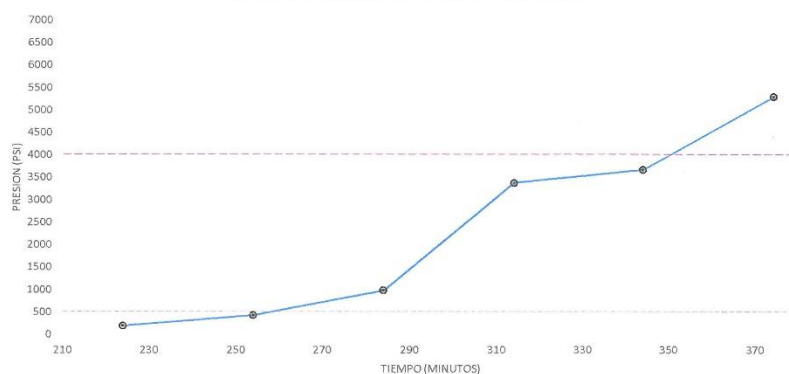


Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Ensayo : Tiempo de fraguado del concreto patrón por penetración
Referencia : Norma ASTM C403

F'c : 210 kg/cm²
Temperatura exterior : 22 °C
Hora de ensayo : 12:25:00

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg ²)	Min (minutos)	Presion (PSI)
16:09:00	184 Lb	0.99 pulg ²	224	185.45
16:39:00	220 Lb	0.52 pulg ²	254	424.91
17:09:00	243 Lb	0.25 pulg ²	284	977.02
17:39:00	259 Lb	0.08 pulg ²	314	3370.66
18:09:00	180 Lb	0.05 pulg ²	344	3663.68
18:39:00	146 Lb	0.03 pulg ²	374	5292.65
Tiempo Inicial			259 min	4.32
Tiempo final			350 min	5.83
Tiempo fragua			91 min	

TIEMPO DE FRAGUADO DE CONCRETO PATRÓN



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 30 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado para la dosificación de ARA al 0.15%



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



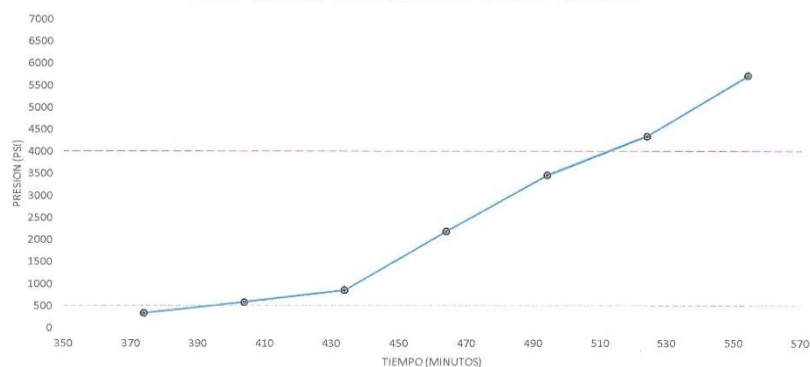
Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Ensayo : Tiempo de fraguado por penetración del concreto patrón + ARA 0.15%
Referencia : Norma ASTM C403
Fecha : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

F'c : 210 kg/cm²
Temperatura exterior : 22 °C
Hora de ensayo : 09:30:00

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg ²)	Min (minutos)	Presion (PSI)
13:14:00	337 Lb	0.99 pulg ²	374	339.24
13:44:00	303 Lb	0.52 pulg ²	404	585.33
14:14:00	214 Lb	0.25 pulg ²	434	859.44
14:44:00	168 Lb	0.08 pulg ²	464	2190.35
15:14:00	170 Lb	0.05 pulg ²	494	3463.03
15:44:00	120 Lb	0.03 pulg ²	524	4346.25
15:44:00	158 Lb	0.03 pulg ²	554	5722.56

Tiempo Inicial : 254 min
Tiempo final : 374 min
Tiempo fragua : 120 min

TIEMPO DE FRAGUADO DE CONCRETO PATRÓN + ARA 0.15%



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 31 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado para la dosificación de ARA al 0.35%



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

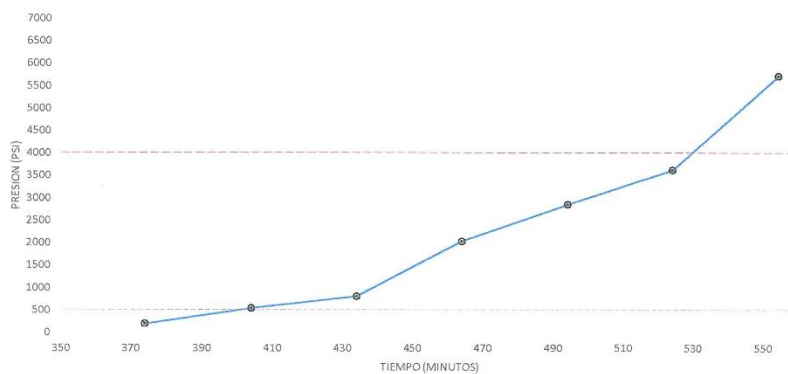


Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Ensayo : Tiempo de fraguado por penetración del concreto patrón + ARA 0.35%
Referencia : Norma ASTM C403
Fecha : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

F^c : 210 kg/cm²
Temperatura exterior : 22 °C
Hora de ensayo : 10:30:00

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
14:14:00	193 Lb	0.99 pulg2	374	194.16
14:44:00	280 Lb	0.52 pulg2	404	540.03
15:14:00	200 Lb	0.25 pulg2	434	804.83
15:44:00	156 Lb	0.08 pulg2	464	2033.90
16:14:00	140 Lb	0.05 pulg2	494	2851.90
16:44:00	100 Lb	0.03 pulg2	524	3621.88
17:14:00	158 Lb	0.03 pulg2	554	5722.56
Tiempo Inicial			254 min	4.23
Tiempo final			374 min	6.23
Tiempo fragua			120 min	

TIEMPO DE FRAGUADO DE CONCRETO PATRÓN + ARA 0.35%



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 32 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado para la dosificación de ARA al 0.55%



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

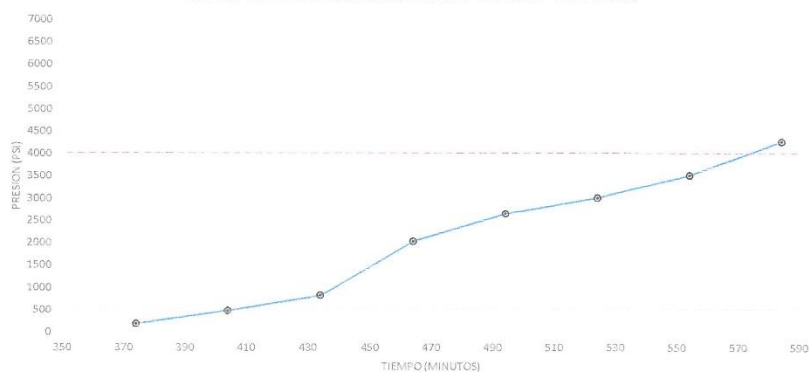


Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²
Tesista : Bardales Flores Diana Carolina
Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque
Ensayo : Tiempo de fraguado por penetración del concreto patrón + ARA 0.55%
Referencia : Norma ASTM C403
Fecha : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

F'c : 210 kg/cm²
Temperatura exterior : 22 °C
Hora de ensayo : 10:30:00

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
14:14:00	178 Lb	0.99 pulg2	374	179.07
14:44:00	246 Lb	0.52 pulg2	404	474.45
15:14:00	204 Lb	0.25 pulg2	434	820.93
15:44:00	156 Lb	0.08 pulg2	464	2033.90
16:14:00	130 Lb	0.05 pulg2	494	2648.20
16:44:00	83 Lb	0.03 pulg2	524	3006.16
17:14:00	97 Lb	0.03 pulg2	554	3513.22
17:44:00	118 Lb	0.03 pulg2	584	4273.81
Tiempo Inicial			284 min	4.73
Tiempo final			434 min	7.23
Tiempo fragua			150 min	

TIEMPO DE FRAGUADO DE CONCRETO PATRÓN + ARA 0.55%



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 33 Informe técnico de ensayo de Tiempo de Fraguado para la dosificación de ARA al 0.75%



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

Tesista : Bardales Flores Diana Carolina

Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo : Tiempo de fraguado por penetración del concreto patrón + ARA 0.75%

Referencia : Norma ASTM C403

Fecha : Chiclayo, 13 de Noviembre del 2022

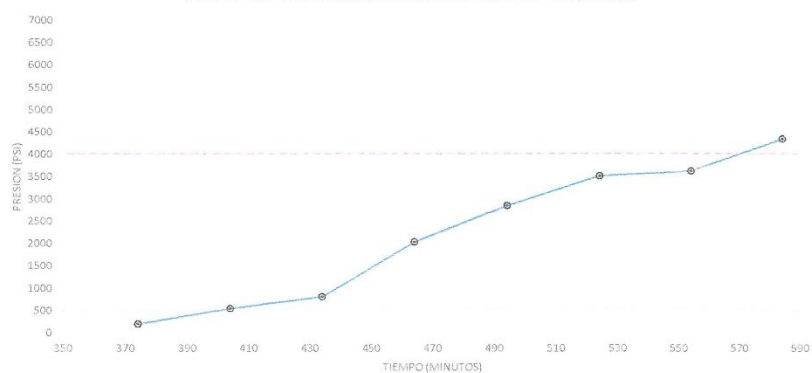
F'c : 210 kg/cm²

Temperatura exterior : 22 °C

Hora de ensayo : 11:30:00

Tiempo	Penetración (Lbf)	Aguja (pulg2)	Min (minutos)	Presion (PSI)
15:14:00	193 Lb	0.99 pulg2	374	194.16
15:44:00	280 Lb	0.52 pulg2	404	540.03
16:14:00	200 Lb	0.25 pulg2	434	804.83
16:44:00	156 Lb	0.08 pulg2	464	2033.90
17:14:00	140 Lb	0.05 pulg2	494	2851.90
17:44:00	97 Lb	0.03 pulg2	524	3513.22
18:14:00	100 Lb	0.03 pulg2	554	3621.88
18:44:00	120 Lb	0.03 pulg2	584	4346.25
Tiempo Inicial			254 min	4.23
Tiempo final			434 min	7.23
Tiempo fragua			180 min	

TIEMPO DE FRAGUADO DE CONCRETO PATRÓN + ARA 0.75%



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 34 Informe técnico de ensayo de Peso unitario de las dosificaciones de estudio



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

Tesista : Bardales Flores Diana Carolina

Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo : Peso Unitario

Referencia : Norma ASTM C138

Fecha de emisión: 16 de noviembre del 2022

Volumen del mok 0.005m³

DISEÑO	PESO DEL MOLDE(KG)	P.CONCRETO+P.MOLDE (KG)	P.UNITARIO DEL CONCRETO (KG/M3)
PATRÓN	0.38	13.082	2395.954
ARA 0.15%	0.38	13.067	2393.124
ARA 0.35%	0.384	13.069	2392.747
ARA 0.55%	0.39	13.063	2390.484
ARA 0.75%	0.39	13.059	2389.729

Observaciones:

- Muestreo realizados por el solicitante
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 35 Informe técnico de ensayo de Temperatura de las dosificaciones de estudio



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



Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de aceite residual automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

Tesista : Bardales Flores Diana Carolina

Lugar : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo : Temperatura

Referencia : Norma ASTM C1014

Fecha de emisión : 16 de noviembre del 2022

Diseño	Temperatura(C°)
Patrón	22.6
ARA 0.15%	23.1
ARA 0.35%	22.8
ARA 0.55%	23
ARA 0.75%	22.3

Observaciones:

- Muestreo realizados por el solicitante
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio



Fuente: Laboratorio de Materiales - USAT

Anexo 36 Informe de ensayo de densidad al Aceite Residual Automotriz



**SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS
QUÍMICOS S.A.C. SLAB**

INFORME DE ENSAYO IE-190822-02

1. DATOS DEL CLIENTE

- 1.1 Cliente : CAROLINA BARDALES
1.2 RUC : No Precisa
1.3 Tesis : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto simple con adición de Aceite Residual Automotriz para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm².

2. FECHAS

- 2.1 Inicio : 19 de Agosto de 2022
2.2 Finalización : 28 de Agosto de 2022
2.3 Emisión de informe : 29 de Agosto de 2022

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

- 3.1 Temperatura : 20.1 °C
3.2 Humedad Relativa : 55 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

- 4.1 Ensayo solicitado / Método Utilizado : Gravedad API / Densidad / ASTM D 1298

5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

- 5.1 Código de Muestra : S-4683
5.2 Tipo de Muestra : DIESEL
5.3 Descripción : ACEITE RESIDUAL AUTOMOTRIZ
5.4 Lote : No aplica
5.5 Fecha de Fabricación : No aplica
5.6 Muestreo : Muestreado por el Cliente

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

TABLA N°1: RESULTADOS OBTENIDOS

Código de laboratorio	Parámetro	Método de Referencia	Unidad	Resultado
S-4683	Densidad	ASTM D1298	g/mL	0.83
	Gravedad API	ASTM D1298	°API	39.00

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

INFORME DE ENSAYO IE-190822-02

Página 1 de 1

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slaborperu.com – contacto@slaborperu.com

Fuente: Laboratorio Slab Perú

Anexo 37 Hoja Técnica de Aceite Residual Automotriz

HOJA TÉCNICA

Aceite Residual Automotriz

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO		CARACTERISTICAS / VENTAJAS				
		•Alta presencia de calcio, componente esencial que la formación y endurecimiento del concreto. •Alta presencia de zinc, puede ser utilizado como inhibidor de corrosión para proteger el refuerzo de acero. •No interviene en la reactividad álcali sílice y álcali carbonato.				
DATOS BÁSICOS						
FORMA		ASPECTO Líquido viscoso COLOR Oscuro o negro TIPO Diésel				
ALMACENAMIENTO		Depositar en contenedores hechos de lámina metálica, resistentes a la acción de hidrocarburos y libres de corrosión.				
DATOS TÉCNICOS		DENSIDAD 0.83 g/ml				
INFORMACIÓN DEL SISTEMA						
DETALLES DE APLICACIÓN		CONSUMO / DOSIS •Como mejorador de la resistencia a la compresión 0.55% del peso del cemento				
DOSIFICACION EN PESO (0.55%)		C	A	P	W	ARA
		1	2.01	2.65	28.6	0.282 Lts/Pie3
METODO DE APLICACIÓN		Como mejorador de la resistencia a la compresión De ser necesario se debe cibrar el aceite para eliminar la mayor cantidad de impurezas. Después de incorporar el agregado grueso, fino y el cemento a la mezcladora, la adición de aceite residual automotriz al concreto debe efectuarse de la siguiente manera: •Agregar mitad del agua de la mezcla junto a los agregados y materil cementicio. •Mezclar la medida de ARA correspondiente con el agua restante. •Mientras la mezcladora gira se debe incorporar la mezcla previamente hecha.				
ELEMENTOS DE APLICACIÓN		Pavimentos de concreto, banquetas, cimentaciones, muros de contención de baja resistencia, losas y forjadps, elementos prefabricados, etc.				
PROVEEDOR		Oleocentro Formal - Servicios Automotrices				
RESTRICCIONES		Concreto Estructural de Alta Resistencia				
REACTIVOS		No RAC , No RAS				
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD						
El personal que manipula directamente el residuo deberá: - Utilizar guantes quirúrgicos o látex - Prever un kit antiderrames - Utilizar mascarilla facial						

Fuente: Elaboración propia