

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



Evaluación técnico económica del autocurado del concreto $f'_c = 210$ kg/cm² con alcohol polivinílico comparado con el proceso tradicional y aditivo curador

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

AUTOR

Pedro Jesus Castro Guinochio

ASESOR

Cesar Eduardo Cachay Lazo

<https://orcid.org/0000-0002-0547-522X>

Chiclayo, 2022

Evaluación técnico económica del autocurado del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con alcohol polivinílico comparado con el proceso tradicional y aditivo curador

PRESENTADA POR

Pedro Jesus Castro Guinochio

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

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Luis Quiroz Quiñonez
PRESIDENTE

Carlos Rafael Tafur Jimenez
SECRETARIO

Cesar Eduardo Cachay Lazo
VOCAL

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida, en especial a mi padre por ser mi mayor modelo y mentor de inspiración, superación y sabiduría. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa y momentos difíciles, a mi gran compañero Bagner, por aportar a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Índice

Resumen.....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	13
Antecedentes del problema.....	13
Bases Teórico Científicas.....	20
Concreto.....	20
El curado en el concreto.....	20
Tipos de Curado.....	21
Curado interno del concreto.....	25
Alcohol Polivinílico.....	28
Definición de Términos Básicos.....	30
Materiales y métodos.....	32
Tipo y nivel de investigación.....	32
Diseño de la investigación.....	33
Hipótesis y variables:.....	33
Formulación de la Hipótesis.....	33
Variables y operacionalización.....	33
Operacionalización de Variables:.....	33
Población, muestra y muestreo.....	35
Población:.....	35
Cuantificación de la población.....	36
Muestra.....	37
Muestreo.....	37
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	43
Plan de Procesamiento y Análisis de Datos.....	44
Matriz de Consistencia.....	46
Consideraciones Éticas.....	48
Resultados y discusión.....	49
Resultados de los ensayos realizados al agregado fino.....	49
Análisis granulométrico mediante tamizado.....	49
Ensayo de contenido de humedad.....	50
Peso unitario suelto y compactado.....	50
Peso específico y absorción.....	51

Material más fino que pasa por el tamiz N° 200.....	52
Resultados de los ensayos realizados al agregado grueso.....	52
Análisis granulométrico por tamizado.....	52
Ensayo de contenido de humedad.....	53
Peso unitario suelto y compactado.....	53
Peso específico y absorción.....	54
Resultados de los ensayos realizados al concreto en estado fresco.....	55
Ensayo de asentamiento.....	55
Ensayo de exudación.....	56
Ensayo de medición del contenido de aire en mezclas de concreto.....	62
Control de Temperatura del concreto fresco.....	63
Peso unitario del concreto.....	63
Resultados de los ensayos realizados a concreto en estado endurecido.....	65
Resistencia a la compresión del concreto.....	65
Resultados de ensayo de Permeabilidad según la norma UNE-EN12390-8.....	70
Resultados de ensayo tiempo de fraguado.....	71
Control de pérdida de humedad a lo largo de la vida de los especímenes de concreto.....	78
Análisis económico.....	80
Análisis de costo de unitario Concreto con curado tradicional.....	80
Análisis de costo de unitario Concreto con curado mediante Sika antisol.....	81
Análisis de costo de unitario Concreto + 0.48% de PVA.....	82
Análisis de ahorro de recurso hídrico.....	83
Obtención del modulo de elasticidad teórico.....	84
Conclusiones.....	85
Recomendaciones.....	89
Referencias bibliográficas.....	91
Anexos.....	94
Anexo 01- Diseño de mezclas.....	94
Anexo 02 – Informes de laboratorio.....	106
Anexo 03 – Fichas de Calibración de equipos.....	128

Resumen

El concreto es el principal material de construcción en el Perú, esto, gracias a que el 56% de todas las viviendas son edificadas con este material. Uno de los factores que más influye en la calidad del concreto es el curado (es el segundo con 19% de repercusión después del diseño de mezcla), este proceso es de vital importancia pues está demostrado que si no se ejecuta de manera correcta reduce hasta en un 40% la resistencia del concreto, causando también, innumerables fisuras y afectaciones en la durabilidad de este. La mala ejecución de los métodos de curado tradicionales es responsable en gran parte de la deficiencia en el concreto, pues se han visto anclados en el pasado a pesar de los grandes avances y descubrimientos tecnológicos, caracterizándose por el uso de grandes volúmenes de agua, materiales ineficientes acorde a la tarea y el uso exhaustivo de recurso humano que necesita de una supervisión para la ejecución correcta de dicha actividad.

El objetivo de esta investigación es determinar la eficiencia que tiene el curado interno mediante la adición de alcohol polivinílico a la mezcla de concreto, poniendo énfasis en las propiedades de porcentaje de humedad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión; en comparación del curado por inmersión (método tradicional) y el curado con aditivo formador de membrana. El estudio está basado en la dosificación de diferentes porcentajes (0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96%) de alcohol polivinílico en relación con el peso del cemento para una resistencia de 210 Kg/cm². Se concluyó que la mejor dosificación de alcohol polivinílico fue en el porcentaje de 0.48% de PVA en relación al peso del cemento, no obstante, esta dosificación solo alcanzó el 98.8% de la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días comparado con el aditivo curador el cual obtuvo el 100.7% de la resistencia de diseño.

Palabras clave: Concreto, curado interno, alcohol polivinílico, polímeros, resistencia a la compresión, retención de humedad.

Abstract

Concrete is the main construction material in Peru, this thanks to the fact that 56% of all homes are built with this material. One of the factors that most influences the quality of concrete is curing (it is the second with 19% impact after mix design), this process is of vital importance since it has been shown that if it is not executed correctly it reduces up to 40% of the resistance of concrete, also causing innumerable cracks and effects on its durability. The poor execution of traditional curing methods are largely responsible for the deficiency in concrete, as they have been anchored in the past despite great advances and technological discoveries, characterized by the use of large volumes of water, materials inefficient according to the task and the exhaustive use of human resources that requires supervision for the correct execution of said activity.

The objective of this research is to determine the efficiency of internal curing by adding polyvinyl alcohol to the concrete mix, emphasizing the properties of percentage of moisture, compressive strength and flexural strength; compared to dip curing (traditional method) and membrane forming additive curing. The study is based on the dosage of different percentages (0.24%, 0.48%, 0.72% and 0.96%) of polyvinyl alcohol in relation to the weight of the cement for a resistance of 210 Kg / cm². It was concluded that the best dosage of polyvinyl alcohol was in the percentage of 0.48% of PVA in relation to the weight of the cement, however, this dosage only reached 98.8% of the design compressive strength at 28 days compared to the curing additive which obtained 100.7% of the design resistance.

Keywords: Concrete, internal cure, polyvinyl alcohol, polymers, compressive strength, moisture retention.

Introducción

El concreto es el material elaborado a partir de una mezcla de áridos, cemento, agua y aire; que se destaca como el material de construcción más utilizado en el mundo, consumiéndose a diario millones de metros cúbicos de este material en las construcciones de obras civiles alrededor del planeta. De acuerdo con la Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM), en Perú se usaron aproximadamente 31 millones de metros cúbicos de concreto en todo el país durante el año 2019. [1]

El concreto a la par de su gran maniobrabilidad y usos variados, también posee ciertas complicaciones especiales al momento de su aplicación pues para que el concreto cumpla con las especificaciones para el cual va a ser empleado, como es principalmente la resistencia a la compresión, es necesario que, en los primeros días de edad, se encuentre en un entorno que reúna adecuadas condiciones de temperatura y humedad, que aseguren la hidratación del cemento por la influencia que esta característica tiene sobre la resistencia y la durabilidad del concreto. Los métodos utilizados para mantener estas condiciones son conocidas como métodos de curado del concreto. Siempre se debe enfatizar la necesidad de curado, pues tiene una fuerte influencia sobre las propiedades del concreto endurecido, es decir, el curado adecuado hace que el concreto tenga mayor durabilidad, resistencia, impermeabilidad, resistencia a abrasión, estabilidad dimensional, resistencia a congelación-deshielo. [2]; En el Perú se observa que la ejecución de un correcto curado es todo menos eficiente, teniendo como principal desenlace la no correlación de los resultados obtenidos en una muestra y diseño realizada en el laboratorio en comparación con la que es ejecutiva y conservada en obra. Esto indica y apunta a diferentes razones, pues los especímenes en laboratorio son curados por inmersión durante 28 días y siempre en condiciones especiales, teniendo como resultado que un espécimen de laboratorio llegue a alcanzar en la mayoría de los casos una resistencia a compresión ($f'c$) del 99% del diseño, mientras que en las condiciones de obra el elemento real en el proyecto puede llegar a desarrollar solo el 60% o 70% por las deficiencias en el tipo de curado que es ejecutado en obra, es por esta razón que se tiene la necesidad de formular un método el cual disuelva las diferencias entre un curado en obra y uno en laboratorio, eliminando de esta manera la dependencia de la acción humana. [3].

Hoy en día, alrededor del mundo se están implementando diferentes métodos o nuevas maneras de llevar a cabo el curado en la superficie del concreto, teniendo siempre como objetivo que esta tarea tan engorrosa pero vital se automatice o desvincule responsabilidades humanas, pues al depender de ellas el concreto destina su futuro a la idiosincrasia del personal de obra, el cual muchas veces tiene una falta de sensibilización sobre el tema, o en algunos casos lo considera una tarea de 3er orden o caprichos del personal de supervisión, por lo cual a la primera distracción de estos, esta tarea deja de cumplirse. Hay varias soluciones para el curado del concreto las cuales difieren en eficiencia, son difíciles de ejecutar y pocas veces se aplican de forma eficiente bajo formas variadas (piscinas, canales, etc.); entre éstas se encuentran el curado húmedo, membranas de polietileno, mantas o telas sumados a membranas impermeables o compuestos líquidos formadores de membrana. El método de curado húmedo puede llevarse a cabo por inundación, rociado o en forma de vapor; ocasionando consumo abundante de recurso hídrico y ocupación de horas hombre supeditadas a esta tarea la cual en algunas veces es ineficiente por la responsabilidad que amerita (rociados intermitentes a lo largo del día) y los resultados que logra, en este caso por la baja penetración de la humedad externa proporcionada; la tarea del rociado queda eliminada al implementar la utilización de paños húmedos en todas las superficies de la estructura para que estas continuamente den al concreto un ambiente húmedo, el problema llega cuando estas telas se secan por un retardo en la tarea de humedecido de las fibras las cuales pueden llegar a extraer, por su misma estructura, el agua que necesita la mezcla para poder realizar la hidratación del concreto, teniendo como consecuencia, la pérdida en la resistencia final; el método donde la responsabilidad humana se ve desligada es el curado mediante líquidos formadores de membranas, estos compuestos forman una película protectora en la superficie de concreto, la cual tiene como función principal evitar que el agua de la mezcla se evapore, y por consiguiente quede adherida a dicha capa, como resultado esta agua siempre estará en la superficie del cuerpo de concreto, generando de esta manera un curado, que por las características del proceso, solo es superficial, según la investigación de Pretell en el 2017 y de Loya en el 2018, esta membrana acompañada por su forma de curado no alcanzan la resistencia de diseño en el concreto, pues a los 28 días de edad, la probeta, después del análisis estadístico de población, arroja una deficiencia del 19% a 25% en la resistencia en comparación a las probetas curadas bajo inmersión y una disminución del 8% al 18%

sobre la resistencia de diseño [4] - [3], pues la función de este aditivo no es completa y forma parte de un paliativo ante la ausencia de un método de curado tecnológico que deslinde las responsabilidades humanas así como también garantice una resistencia de diseño y la vida de la obra de concreto.

Un punto importante a resaltar es que el sector construcción es responsable del 16 % del consumo mundial de agua [5], asimismo, Dubravic [6] estudió el consumo de agua en una vivienda tipo de dos plantas en Bolivia, con una superficie de 100 a 200 m², llegando a establecer que el consumo de agua fue de 0,684 m³/m², donde el curado de hormigones y riego de encofrados consumió el 62% del volumen estipulado; confirmando el consumo excesivo del recurso hídrico que involucran los métodos tradicionales de curado del concreto, los cuales en un mundo actual donde el agua dulce es cada vez más valiosa y escasa pierden total vigencia, por ello se necesitan nuevos métodos que se ajusten más a las necesidades de comportamientos sostenibles y de protección al medio ambiente de la mano de los avances tecnológicos.

En el aspecto Técnico, en la ejecución de esta investigación se evaluará y llevará a cabo el uso de nuevos materiales en la construcción con el objetivo de demostrar su eficiencia en el entorno.

Este estudio propone soluciones ante problemas que se plantea la ingeniería, como lo es en este caso el óptimo curado del concreto mediante procesos no convencionales, ya que hoy en día se viene observando una creciente deficiencia en las obras entorno a este indicador, estos alcances serán de gran importancia para empresas constructoras, y el entorno de la construcción en la ciudad de Chiclayo.

En el aspecto Económico, esta investigación busca reducir los costos del proceso del curado, que de manera tradicional o con métodos comunes, amerita de un personal asignado para esta actividad, ya que es intermitente y según la necesidad del concreto, generando un pago adicional para una cuadrilla de curado, así como también el gasto de insumos y materiales (agua, telas, aditivos, etc.); esto se complica de acuerdo a la dimensión de la obra.

Otro punto importante, es el logro de una buena calidad en el concreto, que a largo plazo impactará en los gastos de los usuarios de las construcciones en las reparaciones

de grietas, fisuras y desgastes en general del elemento estructural que pueden ser causadas por un mal curado.

En el aspecto Social, la investigación generará un cambio importante en los procesos conocidos de curado, pues busca reducir al mínimo el consumo de agua, guiando de esta manera a la construcción a una mentalidad sostenible y de cuidado del medio ambiente, ya que se dejará de desperdiciar grandes volúmenes de recursos hídricos en ineficientes métodos de curado.

En torno a la viabilidad del proyecto, la investigación se llevará a cabo en la ciudad de Chiclayo, departamento de Lambayeque, Perú; escenario válido para realizar una investigación relacionada al curado del concreto, ya que, dicha ciudad cuenta con temperaturas mínimas promedio de 15.4 °C y temperaturas máximas promedio de 28.8°, bajo estas condiciones climáticas, relativamente cálidas, los problemas relacionados a un curado inadecuado tienen mayores incidencias.

En la ciudad de Chiclayo, los materiales para la elaboración del concreto como agregados, cemento y agua son accesibles; en torno al Alcohol Polivinílico, al ser un material muy utilizado en la industria como espesante, su obtención es relativamente económica y accesible. De esta manera se buscará estar lo más cercano posible a la realidad de la ciudad de Chiclayo puesto que se emplearán agregados locales y los resultados estarán en función a las condiciones ambientales de la ciudad lambayecana.

La presente investigación no solo será una evaluación técnica sino también un análisis económico, el cual pretende demostrar que el uso de Alcohol polivinílico como agente de autocurado del concreto en el Perú (específicamente Chiclayo) resulta ser un método eficiente y más económico que los procesos de curado que se emplean actualmente; realizar y demostrar la viabilidad económica del empleo de este polímero resulta esencial en este tipo de proyectos puesto que la intención es obtener un producto atractivo en todos los aspectos, que permita que el proyecto no se quede “en el papel” como ocurre con una gran cantidad de estudios, pues a pesar de obtener resultados técnicos favorables, no suelen ser aplicables en el día a día debido a que resultan inviables económicamente.

Ante lo expuesto se maneja la siguiente hipótesis, el curado interno mediante adición de Alcohol Polivinílico en el agua de mezclado (0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso

del cemento) mejorará la retención de humedad y resistencia mecánica del concreto respecto al curado tradicional y curado con aditivo.

La investigación tiene como objetivo general, determinar la eficiencia del curado interno del concreto con Alcohol Polivinílico en comparación a otros métodos de curado, a través de la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas más importantes, para ello se plantean los siguientes objetivos específicos: determinar el impacto económico en el curado con Alcohol polivinílico comparado con el método tradicional y con aditivo curador; al mismo tiempo determinar la reducción del volumen de agua utilizado en el curado con Alcohol polivinílico comparado con el método tradicional y con aditivo curador; hallar la humedad de especímenes cilíndricos de un concreto endurecido mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a edades de 7, 14 y 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo; Determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de un concreto $F'c=210$ kg/cm² mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a edades de 7, 14 y 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo; hallar el módulo de elasticidad teórico de los especímenes cilíndricos de un concreto $F'c=210$ kg/cm² mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a la edad de 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo; por ultimo evaluar la resistencia a flexión de especímenes prismáticos de un concreto $F'c=210$ kg/cm² mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a la edad de 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo.

Revisión de literatura

Antecedentes del problema

Durante años diversos autores han tratado de solucionar el problema de la deficiente calidad del concreto que ocasiona la falta de curado, y la manera de poder automatizarla, reducir sus tiempos o desligar responsabilidades humanas que esta tarea trae consigo, partiendo de estas características podemos destacar las siguientes investigaciones:

A. Vasquez Taico, «Concreto autocurable $f'c=210$ kg/cm², reemplazando un porcentaje de agregado grueso con traquita» Tesis de Grado, Cajamarca, 2019.

En este caso la autora continuo con la investigación de F. Pretell en el estudio de la traquita para el curado interno del concreto pero ahora desarrollándolo entorno a la resistencia de concreto más comercial en el uso estructural de obras; obteniendo que para una relación relativamente alta de agua/cemento, los efectos beneficiosos que la traquita saturada asignada al anterior estudio ahora se ven más afectado, es decir el autocurado con traquita funciona mejor con relaciones agua- cemento bajas equivalentes a concretos de alta resistencia. Sin embargo el autocurado usando traquita fue eficiente pues sin adicionar agua externa al espécimen sobrepasó la resistencia de diseño en un 9%, pero se obtuvo una resistencia menor a un 23% respecto al curado por inmersión. [7].

F. Salazar Pretell, «Concreto autocurable de alta resistencia $f'c=420$ kg/cm², con un porcentaje de traquita en el agregado grueso comparado con los procesos más usados de curado» Tesis de grado, Cajamarca, 2017.

La autora desarrollo su investigación en torno al curado interno del concreto usando la modalidad de aplicación de agregados livianos con alta absorción de agua, el estudio se llevó a cabo mediante la adición del agregado volcánico Traquita en diversos porcentajes del agregado grueso de manera explorativa, es decir buscando el comportamiento óptimo de la adición, conforme a estos pasos, se realizó el posterior diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia $f'c= 420$ kg/cm²; el estudio de la autora también busca destacar la eficiencia de la capacidad autocuradora de este concreto frente a los curados por inmersión, rociado (el más común), y el curado con aditivo; concluyendo de esta manera en la eficiencia absoluta de un curado interno de la

mezcla con 7% de traquita frente a los otros métodos evaluados pues debido a sus características no dejan de ser curados externos, se puede destacar también que la resistencia más baja se obtuvo con el uso de aditivo curador, pues este es solo un paliativo de la industria como solución a este problema que amerita tanta responsabilidad en la obra. [4]

**M. Mousa, et al., «Mechanical Properties of Self-Curing concrete (SCUC)»
Housing and Building National Research Centre HBRC Journal, 2014.**

Los autores basan su investigación en la comparación de 2 métodos de curado interno; el método LECA (agregado ligero saturado) y adicionando Poliengligol 400 ambas mezclas con adición de microsílíce para obtener alta resistencia. Al observar los ensayos se muestra que el concreto que uso poliengligol como agente de autocurado alcanza valores más altos en las propiedades mecánicas del concreto que la mezcla ejecutada con Leca, en este caso se dice que el uso del polímero es mucho más eficiente pues los porcentajes en peso de cemento son mínimos en comparación con los porcentajes de reemplazo de agregado usados mediante LECA. [8].

Algunos de los datos más relevantes están indicados en la siguiente tabla:

Agentes de autocurados		Porcentaje de variación			
Tipo	Porcentaje (%)	Resistencia a la compresión (%)	Resistencia a la tensión (%)	Resistencia a la flexión (%)	Módulo de elasticidad (%)
Leca	10	+10	+3.7	+1.6	+1.4
	15	+17.5	+7.4	+7.2	+4.1
	20	+15	+5.6	+3.4	+2.1
CH	1	+20	+7.4	+2	+3.1
	2	+23.5	+14.8	+6.8	+5
	3	+25	+10	+3.6	+3.5
CH+SF	2 CH + 15 SF	+50	+22.2	+13.6	+7.1

CH: Polietilenglicol, SF: Microsílíce

R. Parizaca Quispe, «Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial con adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno,» Tesis de Grado, 2014.

El autor hace una aproximación muy oportuna hacia el tema del uso de los polímeros en el concreto en este caso para aumentar la trabajabilidad y resistencia, así como también al usarlos de manera saturada, comprobar si se realiza un curado interno satisfactorio para lograr un valor mayor a la resistencia de diseño. El polímero usado en esta investigación fue el Poliacrilato de sodio, un material de gran absorción, capaz de retener 5000 veces su peso en agua, es muy usado en la industria de los pañales; este se utilizó debido a que se plantea la hipótesis que al retener gran cantidad de agua, al interior del concreto, estos polímeros irán liberando lentamente el líquido retenido para poder de esta manera hidratar todas las partículas disponibles de cemento, logrando la máxima eficiencia en el proceso. Luego del análisis de datos, el autor concluye que el uso de esta clase de polímeros es muy satisfactoria en concretos pero siempre y cuando sea en el porcentaje adecuado, en este caso el 0.1% del peso del concreto, pues al exceder este valor, las capacidades se verían afectadas, al punto de observarse segregación en la mezcla. La adición de este polímero en la mezcla logro una buena trabajabilidad, mayor resistencia que la muestra patrón curada por inmersión, y todo esto sin ningún proceso de curado, proyectando un ahorro económico de este proceso en obra. [9]

S. Evangeline, «Self Curing Concrete and Its Inherent properties», International Journal of Engineering Research and Applications, vol IV, Version 7, pp 66-71, 2014.

La autora en su investigación plantea el uso de alcohol polivinílico como agente de autocurado en el concreto teniendo como antecedentes los usos de ácidos poliacrílicos, Polienglicoles y parafinas. Ella plantea comparar la eficiencia del concreto con adición de alcohol polivinílico frente al concreto de curado por inmersión; de esta manera decide dosificar alcohol polivinílico en los porcentaje de 0.03%, 0.06%, 0.12%, 0.24%, 0.48%; obteniendo de esta manera una gran variedad de datos que describirán el comportamiento del concreto, desde la adición mínima de compuesto polivinílico hasta

la máxima, observando cómo se comporta la mezcla frente a la variación de cantidad de este polímero. Después de analizar los datos de laboratorio, se concluye que el porcentaje de pérdida de agua a lo largo de la vida de los especímenes es mucho menor con respecto a la del concreto pasado por inmersión durante 7 días, el porcentaje óptimo de adición de alcohol polivinílico fue de 0.48% pues esta adición, logro resistencias a la compresión, tracción y flexión mucho mayores a la del concreto convencional, se pudo observar también que la relación agua cemento afecta el rendimiento del agente curador. Como punto adicional en la investigación también se evaluó la durabilidad de este concreto, en una solución acuosa al 10% de sal, de esta manera luego de 14 días expuesta a este ambiente se realizó el ensayo, el cual obtuvo el mayor valor para la dosificación de 0.48% de alcohol polivinílico confirmando de esta manera la reducción de la permeabilidad y el aumento de durabilidad que aporta el autocurado al concreto con este compuesto. [10]

C. Manobanda Laica«El curado del hormigón y su incidencia en las propiedades mecánicas finales», Tesis de grado, Ambato, 2013.

El autor da pautas muy oportunas para el estudio en torno a los resultados obtenidos en su trabajo de laboratorio, pues se concluye que la hidratación del cemento sólo se logra en capilares llenos de agua. Por eso es necesario evitar la pérdida de humedad de los capilares causados por la evaporación, y la pérdida de humedad interna por auto-desección, es este el motivo de la gran necesidad de reposición de humedad con agua exterior. El autor también agrega énfasis en la pérdida de capacidades finales del hormigón pues se concluye que los especímenes evaluados sin un proceso de curado previo no solo tienen una gran influencia en la resistencia final del hormigón, ya que solo alcanzan el 63.49% de su Esfuerzo de diseño, sino que también se aumenta la permeabilidad y se empeora la resistencia y durabilidad de la piel de hormigón al ingreso de gases como el CO₂, y Oxígeno, presentes en la corrosión de la armadura. Un buen y oportuno curado aumenta la resistencia a la abrasión de pisos de hormigón, reduce la posibilidad de aparición de grietas por contracción plástica, y, aunque no la puede evitar, retarda la contracción de secado haciendo que se desarrolle a una edad de la estructura tal que la resistencia mecánica, especialmente a tensión, haya alcanzado un nivel suficientemente alto para que pueda contribuir, en unión con la armadura y controlar el agrietamiento. Como se puede observar son tantos los beneficios del curado

para las estructuras que dicha práctica no debería ser opcional en las obras, debe especificarse adecuadamente y su cumplimiento debe ser controlado estrictamente, pero lo más importante de todo es que el curado de la estructura debe ser retribuido económicamente, como cualquier otra actividad de obra, ya que el no pago es la principal razón para que se descuide su ejecución [11].

N.Kholia, et al. «Efferct on concrete by Different curing Method and Efficiency of Curing Compounds»,International Journal of Advance Engineering Technology,vol IV, April-June 2013.

Los autores basaron su investigación en la eficiencia del autocurado en el concreto contra los métodos tradicionales de curado. Durante su investigación también plantean un pequeño modelo que explica el mecanismo de autocurado con alcoholes solubles en el cual se detalla lo siguiente: “La evaporación continua de la humedad se produce desde una superficie expuesta debido a la diferencia en los potenciales químicos (energía libre) entre las fases de vapor y líquido. El polímero agregado en la mezcla forma principalmente enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua y reduce el potencial químico de estas, lo que a su vez reduce la presión de vapor explicando de esta manera la retención de humedad física que también ocurre. Este fenómeno es el principal encargado de reducir la tasa de evaporación de la superficie”. El hormigón autocurado es la tendencia emergente en la industria de la construcción. Los alcoholes solubles en agua se usan generalmente como agentes de autocurado. Los autores citan a Nagesh pues usaran sus datos para contrastarlos con los suyos, pues Nagesh realizó un estudio experimental para investigar el uso de alcohol polivinílico soluble en agua como agente de curado interno. Luego de realizar los respectivos ensayos Nagesh concluye que las mezclas de concreto que incorporan agentes de autocurado tienen una mayor retención de agua y una mejor hidratación con el tiempo en comparación con el concreto convencional. El uso de 0,48% de alcohol polivinílico en porcentaje del peso del cemento como agente de autocurado proporciona una mayor resistencia a la compresión, a la flexión y a la tracción que la resistencia de la mezcla convencional; también se puede observar que con el aumento en el porcentaje de alcohol polivinílico se reduce la pérdida de peso del hormigón. La eficiencia del concreto autocurado es de 92.5% en comparación con el método convencional de curado, en cambio, utilizando los

métodos de curado por membrana se puede lograr el 90% de eficiencia en comparación con el curado convencional. [12].

El-Dieb, «Self-Curing concrete: Water retention, Hydration and Moisture Transport», Construction and Building Materials, Vol 21, pp 1282-1287. 2007.

El autor basó su estudio en la investigación sobre la retención de agua en una mezcla de concreto utilizando Polienglicol 400 soluble en agua como agente de autocurado. Una vez fraguados los especímenes se llevaron a cabo mediciones sobre pérdida de peso y humedad con el fin de evaluar la retención de agua en este concreto "Autopolimerizable". Se investigó también el efecto de las proporciones de la mezcla de concreto sobre el desempeño del concreto autocurable, como el contenido de cemento y la relación agua / cemento. [13].

H. Reinhardt and S. Weber, «Self-Curing High Performance Concrete» Journal of Materials in Civil Engineering, 1998.

Los autores demostraron que puede realizarse un concreto de alto rendimiento con características autocurables mediante el reemplazo parcial de agregado de peso convencional por agregado de peso ligero previamente saturado, los agregados livianos conducen a un suministro interno de agua para la hidratación continua del cemento. A pesar de la pérdida de agua por evaporación, hay una ganancia de resistencia continua de hasta un 25% más de resistencia después de 1 año en comparación con las pruebas de compresión estándar después de 28 días. El concreto con agregado de peso normal alcanzó una resistencia considerablemente menor en la misma condición de almacenamiento. La aplicación de dicho concreto en la práctica significa que ningún curado debido a una mala mano de obra dañaría el concreto, es decir, se garantiza la resistencia de diseño y la durabilidad del material sin necesidad de preocuparse por él. [14]

Tesárek Martin, et al. « Composite Material Based on Cement and PVA: Evolution of Mechanical Properties During First 28 Days» Advanced Materials Research, Vol. 1054 pp 215-220, 2014.

El objetivo del estudio presentado fue encontrar una relación entre la concentración de PVA y las propiedades de las pastas de cemento(lechada). El alcohol polivinílico fue añadido en forma de solución a la pasta de cemento fresco a razón de 1.4 a 2.8% del

peso del cemento. Luego de realizada la mezcla y la ejecución de los especímenes a ensayar, estos fueron almacenados en un entorno de laboratorio para llevar a cabo un curado seco y uno mediante inmersión en agua, esto para la futura obtención de datos. En esta investigación principalmente se evaluó el desarrollo del módulo dinámico de Young y el porcentaje de porosidad en los especímenes, los datos obtenidos se compararon con las medidas de una pasta de referencia de cemento puro. Luego del análisis de resultados pudimos determinar que los porcentajes superiores a 1.4% de alcohol polivinílico en las pastas de concreto, generan más desventajas que ventajas, pues la porosidad de estas aumenta considerablemente reduciendo de esta manera la durabilidad, la resistencia y propiedades mecánicas de estas mezclas de cemento (El contenido de poros aumentó, lo que disminuyó la masa y la densidad, se redujo la viscosidad aparente y la exudación de la mezcla) [15].

Khader Sajana and T.S Shabana, « Experimental Investigation on the Mechanical Properties of Self Curing Concrete Using Sodium Lignosulphonate and Polyvinyl Alcohol», International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 7, ISSUE 3, 2018.

El objetivo principal de esta investigación experimental es estudiar la resistencia del concreto utilizando alcohol polivinílico (PVA) y lignosulfonato de sodio (SL) como agente de autocurado. Las funciones de un agente de autocurado se basan en reducir la evaporación de agua del hormigón, por consiguiente se logra aumentar la capacidad de retención de agua del concreto sin necesidad de algún tipo de curado. En este estudio, se investiga la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción dividida y la resistencia a la flexión de especímenes que contienen un agente de autocurado y se compara con las del concreto curado convencionalmente. A través de este estudio experimental se encontró que el concreto elaborado con PVA y lignosulfonato de sodio es más fuerte que aquel con un curado convencional en su porcentaje más óptimo. La mezcla patrón fue elaborada a partir de un concreto de grado M35 ($f'_c=350\text{kg/cm}^2$) a la cual se le agregó los agentes autopolimerizables PVA (0,24%, 0,48% y 0,96%) y SL (0,5%, 1%, 1,5% y 2%) [16]; los resultados de estas mezclas en torno a sus propiedades mecánicas fueron evaluadas en comparación con la mezcla de referencia. Luego del análisis de resultados, tenemos una conclusión muy importante, los resultados de concentración de alcohol polivinílico del 0.24%, 0.48% con relación al peso del

cemento, junto a los porcentajes mínimos de adición del lignosulfato de sodio, tienen gran congruencia con los datos extraídos en la investigación experimental de Stella Evangelina [10], generando de esta manera un fortalecimiento a la credibilidad de dicha tesis, luego de obtener los resultados de la adición se observó que el porcentaje con mayor eficiencia en el desarrollo de características mecánicas y de durabilidad, fue la mezcla con 0.48% de PVA y 1% de Lignosulfato de Sodio. [16]

Bases Teórico Científicas

Concreto

El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. [17].

El curado en el concreto

El curado del concreto consiste en mantener la humedad en la mezcla para así de esta manera evitar la volatilización del agua de la mezcla necesaria para mantener la proporción agua-cemento y lograr la reacción química que genera el desarrollo de la resistencia.

El curado puede realizarse de varias formas y métodos, empezando por el humedecimiento periódico de la superficie del concreto, generando que el agua evaporada por el calor de hidratación sea la misma que es aportada y no la de la mezcla, o bien mediante aditivos que crean barreras protectoras que evitan la salida y evaporación del agua, haciendo que esta se mantenga y genere la conservación de la humedad de la mezcla. Evidentemente no solo es necesario hacer el curado de grandes superficies como son las losas, sino que también para otros elementos de concreto como por ejemplo las columnas y vigas. [27]

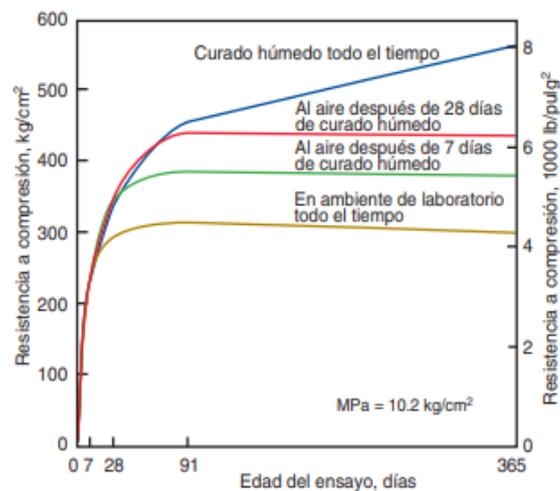


Imagen 04. Variación de la Resistencia a la compresión del concreto en función de la edad y el tipo de curado. [28]

Tipos de Curado

Riego periódico

Es un método de aporte de agua que consiste en regar las superficies de concreto con mangueras teniendo como objetivo principal que la evaporación se produzca sobre el agua que se aporta, no sobre el agua de amasado que necesitamos para el endurecimiento, es el más comúnmente utilizado por su sencillez y economía, aunque se tiene que tener especial cuidado en el riesgo pues tiene que ser aplicado varias veces durante la jornada, sumado a esto tenemos la imposibilidad de aplicar el riego cuando los obreros terminan su jornada laboral, dejando a lo largo de estos periodos sin humedad extra a la mezcla.. Hay que tener cuidado de no empezar el riego demasiado pronto y de no hacerlo con demasiada presión, pues puede producirse el lavado de las capas. [27]



Imagen 05. Curado periódico mediante riego, se observa la dificultad de aplicación para elementos verticales.

Mediante costales, carpetas de algodón y alfombras

También es un método por el que se aporta humedad adicional a la de la mezcla, solo que en este caso lo que se humedece son telas (arpillera, sacos de tela, esteras de algodón) que mantienen la humedad durante mucho más tiempo que un simple regado. Posee un grado de dificultad en su aplicación pero para estructuras como las columnas es perfecto, pues se envuelven con las telas sin impedir ninguna labor en la obra. La complicación con este método es que hay tener la precaución de mantener siempre húmedas las telas que se utilicen, pues si se secan producen el efecto contrario del deseado, pues absorberán el agua de la superficie del hormigón, que es precisamente lo que queremos evitar.



Imagen 06. Curado de columnas mediante lonas húmedas, amortigua la responsabilidad de riego periódico.

Aplicación de película plástica

Los métodos que no requieren de aporte de agua a la superficie son los que evitan que el agua de amasado escape de la masa del hormigón debido a la evaporación. Esto se consigue colocando láminas plásticas que evitan que el agua, aunque se evapore, escape de la superficie del hormigón, consiguiendo que éste mantenga el grado de humedad que necesita para endurecer. Se pueden usar láminas de polietileno o cualquier otro elemento que impermeabilice la salida del agua.



Imagen 7. Curado mediante membrana de polietileno, al ser un material impermeable no permite el escape de agua mezcla por evaporación en el concreto.

Aditivos formadores de membrana

Es un método similar al anterior, pues su función principal es la de evitar el desecado de la superficie impidiendo la salida del agua de amasado, pero en este caso se consigue mediante el rociado de compuestos que penetran en los poros del hormigón creando una película superficial impermeable al vapor de agua. La aplicación de estos compuestos debe hacerse cuando la superficie del hormigón todavía está muy húmeda, prácticamente saturada, ya que hay que evitar que los líquidos sean absorbidos y acaben en las capas internas del hormigón. Algunos estudios realizados a especímenes de concreto indican que no es un método tan eficiente y viable pues según Pretell y Olivera, los especímenes evaluados solo alcanzan el 85% de la resistencia de diseño, en la actualidad es muy usado por su practicidad.

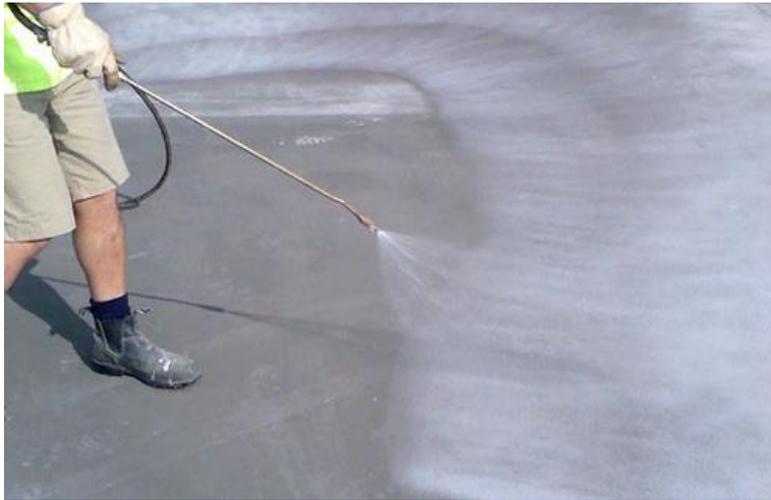


Imagen 8. Aplicación del aditivo curador por aspersión, uno de los rendimientos más comunes es de 1 litro cada 5m².

Curado por inmersión

El curado por inmersión es un método en el que las superficies planas de concreto, como losas y pavimentos, se curan mediante la acumulación de agua alrededor del perímetro de la superficie con la ayuda de diques de arena. Es un método que da buenos resultados pero es muy ineficiente, pues si bien mantiene una temperatura uniforme en el hormigón y también evita la pérdida de humedad del hormigón, esto se da al costo de cientos de litros de agua que se desperdician y el paro de las actividades de obra sobre las superficie a curar durante los 7 días reglamentarios. [29].



Imagen 9. Curado por inundación en una losa ayudado por diques de arena, método muy poco amigable con el medio ambiente.

Curado interno del concreto

Según el Código ACI-308 establece que "el curado interno es el proceso por el cual ocurre la hidratación del cemento debido a la disponibilidad de agua interna adicional que no es parte del agua de mezcla". Convencionalmente, curar un concreto significa crear condiciones tales que el agua no se pierda de la superficie del elemento, es decir, el curado comúnmente se lleva a cabo "desde afuera hacia adentro". Por el contrario, el "curado interno" permite el curado desde "adentro hacia el afuera" esto es posible a través de los depósitos internos que agregados ligeros saturados o polímeros superabsorbentes crean. El "curado interno" a menudo también se conoce como "autocurado". Este proceso inhibe la pérdida de humedad, y por lo tanto mejoran la resistencia a largo plazo y reducen la contracción por secado. Se han utilizado en revestimientos de túneles y minas subterráneas para proporcionar un curado al menos parcial cuando los métodos tradicionales son difíciles o incluso imposibles de emplear. Los compuestos de curado interno son tecnología que aún no se popularizan y se debe tener cuidado cuando se utilizan.

Filosofía del Curado Interno

Modelo de Powers (1947)

Powers desarrolló un simple grupo de ecuaciones empíricas para modelar las diferentes fases presentes en un sistema que contiene cemento portland y agua. En su modelo Powers define 5 entidades: (a) cemento sin hidratar, (b) agua, (c) productos de hidratación, (d) porosidad de los productos de hidratación y (e) porosidad capilar. El volumen ocupado por cada una de estas fases depende del grado de hidratación del cemento. Por ejemplo para un grado de hidratación igual a cero, hay solamente cemento y agua, y su volumen está dado por el volumen de cada uno de ellos adicionado originalmente. Para un grado de hidratación completo, el volumen de cemento es cero, y el volumen de productos de hidratación es aproximadamente 0.68 cm^3 por gramo de cemento originalmente adicionado y el volumen de porosidad está dado por la razón agua – cemento . El espacio disponible para los productos de hidratación disminuye a medida que la hidratación progresa, en este sentido se puede alcanzar cierto punto donde el espacio no es suficiente para continuar la hidratación. [23]

Como consecuencia, en sistemas bajo ese límite no ocurrirá hidratación completa, incluso entregando agua externamente. Cuando la W/C está ligeramente sobre 0.36, si bien se tiene espacio suficiente para los productos de hidratación, no se cuenta con el agua suficiente para hidratarlos. En un sistema cerrado en el que no se pierde agua al ambiente ni se recibe agua desde el ambiente, la W/C debe ser mayor a 0.42 para poder alcanzar una hidratación del 100 %. Basado en lo anterior cualquier sistema con W/C entre 0.36 y 0.42 requiere de agua adicional para alcanzar el 100 % de hidratación. [30]

De la misma manera, mezclas con W/C menores a 0.36 requieren del suministro de agua externa para alcanzar el máximo grado de hidratación que no será 100 % por no contar con el espacio suficiente. Tomando en cuenta dichas pérdidas, se requiere suplir aún una mayor cantidad de agua para alcanzar el máximo grado de hidratación. Weber y Reinhardt explicaron que a medida que la hidratación del cemento procede, un sistema de porosidad capilar se forma en la pasta de cemento. El radio de estos poros y la humedad relativa al interior de ellos disminuyen a medida que más productos de hidratación se forman, llegando un cierto punto en que estos poros son capaces de absorber agua de la fuente de almacenamiento por acción capilar.

A medida que más hidratación ocurre y los poros se hacen más finos dicha fuerza capilar aumenta siendo capaz de succionar más agua de la fuente.

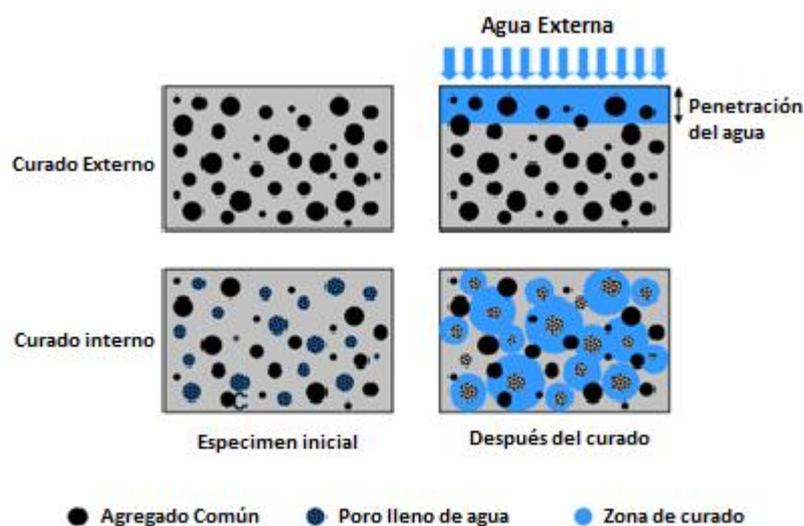


Imagen 9. Ilustración principal sobre las diferencias entre un curado tradicional y un curado interno o autocurado. [31]

Mecanismo del curado interno

Es importante conocer el mecanismo detrás del proceso de curado interno. En el concreto normal, lo que generalmente ocurre es la evaporación continua de humedad de una superficie expuesta debido a la diferencia en los potenciales químicos (energía libre) entre las fases de vapor y líquido. Sin embargo, cuando se agregan polímeros en la mezcla, tienden a formar enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua y reducen el potencial químico de estas, lo que a su vez reduce la presión de vapor, y en consecuencia la velocidad de evaporación de la superficie.

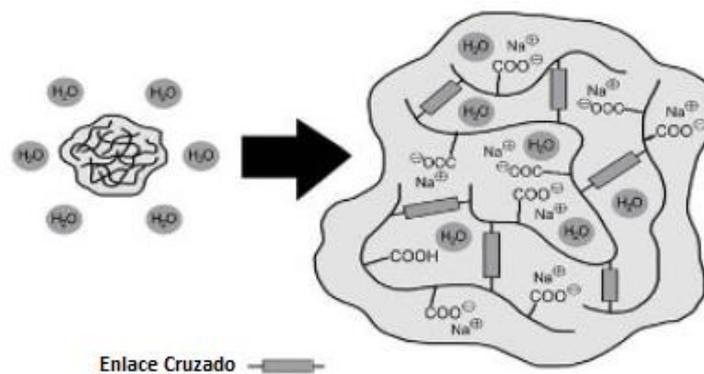


Imagen 10. Mecanismo y reacción química de un polímero dentro de la pasta del cemento, obsérvese que este forma enlaces que encapsulan el agua y dificultan su liberación.

Los siguientes materiales pueden proporcionar retención de agua interna:

- Agregado ligero (lutita expandida natural y sintética)
- Polímeros súper absorbentes (tamaño 60-300 nm)
- Polímeros varios (propileno, polietilenglicol, alcohol polivinílico)
- Agregados finos ligeros de 19 mm de grosor (absorción de agua: 20%) y
- Polvo de madera

Mejoras en el concreto debido al curado interno:

- Reduce el agrietamiento autógeno
- Elimina en gran medida la contracción autógena,

- Reduce la permeabilidad
- Protege el acero de refuerzo
- Proporciona mayor durabilidad.
- Menor mantenimiento,
- Mayor módulo de elasticidad
- Mejor acabado en el elemento
- Reduce el efecto negativo de confiar en un curado externo.

Alcohol Polivinílico

El PVA es un polímero sintético soluble en agua que pertenece a la clase de polímeros no iónicos solubles en agua que contienen vinilo. Los alcoholes polivinílicos son utilizados desde principios de la década de 1930 en una amplia gama de aplicaciones industriales, comerciales, médicas así como también alimentarias, incluidas resinas, lacas, hilos quirúrgicos y aplicaciones en contacto con alimentos, esto debido a su nula toxicidad y peligro, por lo tanto, se considera seguro de manejar y relativamente respetuoso con el medio ambiente. Este polímero es inodoro, insípido, translúcido y está disponible en forma de polvo granulado de color blanco a marfil. La imagen 11, muestra el PVA en forma de polvo. Las características físicas del PVA dependen en gran medida del grado de polimerización (una expresión del tamaño del polímero) y de la hidrólisis (una expresión de la relación entre el grupo alcohol hidrófilo y el grupo acetato hidrófobo). La Tabla 3 presenta el efecto del peso molecular y el grado de hidrólisis sobre las propiedades del PVA. Los grados comerciales de PVA generalmente se clasifican en dos clases (según su grado de polimerización e hidrólisis): (a) grupo completamente hidrolizado (más del 98% de moles pertenecientes a grupos acetato han sido reemplazados por grupos alcohol) y, (b) grupo parcialmente hidrolizado (aproximadamente 87-89% moles de grupos acetato han sido reemplazados por grupos alcohol). Los tipos de PVA de grado totalmente hidrolizado son solubles en agua caliente y tienen buenas características de formación de película (las películas formadas son insolubles en agua a temperaturas más bajas) así como buenas propiedades adhesivas. Sin embargo, los tipos de PVA de grado parcialmente hidrolizado son

solubles en agua (temperatura ambiente) y ligeramente solubles en etanol, pero son insolubles en disolventes orgánicos.



Imagen 11. Muestra de Alcohol Polivinílico en polvo granulado.

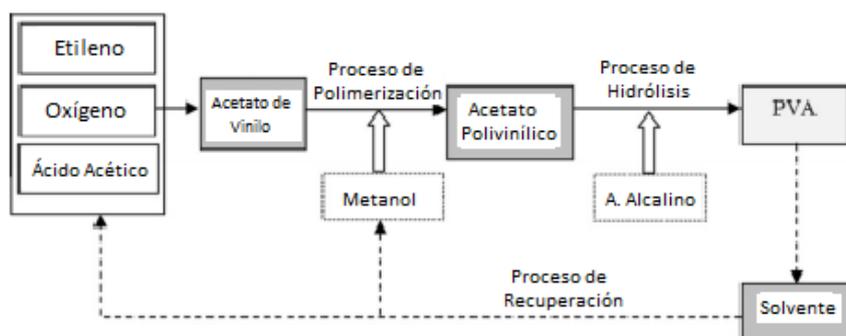


Imagen 12. Esquema general de la producción del PVA [32]

	Aumenta	Disminuye
Peso Molecular	Mayor Viscosidad	Mayor Flexibilidad
	Mayor Resistencia de bloque	
	Aumento de la resistencia a la tracción	Mayor Sensibilidad al agua
	Mayor Resistencia al agua	Mayor Facilidad de disolución
	Mayor Fuerza adhesiva	
	Mayor Resistencia a los disolventes	
	Mayor Poder de dispersión	
Porcentaje de Hidrólisis	Mayor Resistencia al agua	Mayor Flexibilidad
	Mayor Resistencia a la tracción	Mayor Poder de dispersión
	Mayor Resistencia de bloque	Mayor Sensibilidad al agua
	Mayor Resistencia a los disolventes	Mayor Adhesividad para superficies hidrofóbicas
	Mayor Adhesividad para superficies hidrofílicas	

Tabla 3. Efectos del aumento y disminución del Peso Molecular y la Hidrólisis sobre las propiedades del Alcohol Polivinílico. [33]

Definición de Términos Básicos

Curado: Mantener el concreto o el mortero a una temperatura y humedad adecuadas para asegurar su hidratación y endurecimiento adecuados.

Curado interno del concreto: Este tipo de curado consiste en almacenar agua al interior del concreto que no está disponible durante el mezclado o en las primeras etapas de hidratación, pero es liberada más tarde para el curado.

Curado sumergido en agua del concreto: Este curado consiste en seguir los procedimientos indicados en la Norma ASTM C 31. El cuál es el procedimiento para curar especímenes cilíndricos de concreto sumergiéndolos en agua de curado. La Norma indica que Transcurridas 24 ± 8 horas después de elaborar los especímenes, éstos serían sacados de los moldes y se procede a realizar el curado por sumersión en agua que tenga una temperatura cercana a 21°C , para lo cual se puede saturar el agua con cal viva (ASTM C 31M–17, 2017).

Aditivo Curador: Líquido que aplicado por aspersión sobre el concreto fresco le permite alcanzar su resistencia de diseño sin utilizar el curado con agua durante 7 días. Este curador forma una película plástica o sello protector impermeable, flexible y muy resistente.

Hidratación: Proceso de reacción química del cemento en presencia del agua, este proceso requiere de tres factores, humedad, condiciones de curado favorables y tiempo.
[18]

Polímeros: Los polímeros se definen como macromoléculas que se obtienen por la unión de una o más moléculas pequeñas repetidas a lo largo de una cadena. La unidad que se repite en el polímero es el monómero y la reacción por la que se forman es la reacción de polimerización. Los polímeros pueden ser inorgánicos, por ejemplo el vidrio, pero la mayoría de polímeros de interés industrial son compuestos orgánicos formados por hidrocarburos asociados a diferentes elementos, es decir, moléculas formadas por cadenas de átomos de carbono a los que se unen otros elementos.

Alcohol polivinílico: El alcohol polivinílico se produce comercialmente a partir de acetato de polivinilo, generalmente mediante un proceso continuo. Los grupos acetato se hidrolizan por intercambio de éster con metanol en presencia de metilato de sodio

anhidro o hidróxido de sodio acuoso. El alcohol polivinílico es un polvo granular inodoro e insípido, translúcido, blanco o de color crema. El alcohol polivinílico contiene dos grupos OH. Ayuda a retener el agua del hormigón. Es soluble en agua, ligeramente soluble en etanol, pero insoluble en otros solventes orgánicos. Típicamente, una solución al 5% de alcohol polivinílico exhibe un pH en el rango de 5.0 a 6.5. El alcohol polivinílico tiene un punto de fusión de 180 a 190 ° C. El alcohol polivinílico posee una alta resistencia final a la tracción, módulo de elasticidad relativamente alto, buena compatibilidad química con cemento Portland, buena afinidad con el agua y sin riesgos para la salud.

El Agua de Curado: Es la más importante durante la etapa del fraguado y el primer endurecimiento. Tiene por objeto evitar la desecación, mejorar la hidratación del cemento y evitar la retracción prematura. El Agua de Curado tiene una actuación más duradera que el Agua de Amasado, y por lo tanto se corre más riesgos al aportar sustancias perjudiciales con el Agua de Curado que con el Agua de mezclado. [18]

El Agua de mezcla: cumple una doble función en el concreto, por un lado, participa en la reacción de hidratación del cemento, y por otro confiere al concreto el grado de trabajabilidad necesaria para una correcta puesta en obra. La cantidad de agua de amasado debe limitarse al mínimo estrictamente necesario para conferirle a la pasta la trabajabilidad requerida, según las condiciones en obra, ya que el agua en exceso se evapora y crea una red de poros capilares que disminuyen su resistencia. [18]

Absorción: La absorción de los agregados se obtiene generalmente después de haber sometido al material a una saturación de 24 horas, cuando ésta termina se procede a secar superficialmente el material y por diferencias de masa se logra obtener el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material.

Porosidad: La porosidad es una característica importante del concreto y de esta dependen en parte otras propiedades como la resistencia a la compresión y la durabilidad. Se sabe que la resistencia a la compresión es el dato más relevante para diseñar; asimismo, se debe tomar en cuenta la durabilidad.

Resistencia a Compresión: La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de

concreto en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi). [25]

Resistencia a Flexión: La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (concreto). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio).

Peso unitario del concreto: Se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cúbica. Puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido. [18]

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

De acuerdo con el desarrollo de la investigación: EXPERIMENTAL

Ya que se requiere de un análisis del tema a investigar mediante recolección de datos, asimismo evaluar los resultados obtenidos por los ensayos de laboratorio y de esta manera, con ayuda de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera profesional, poder observar las características físicas y mecánicas que son modificadas en el concreto con el uso del Alcohol Polivinílico al 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento.

De acuerdo con el fin que se persigue: APLICADA

Ya que a través de la realización de este proyecto se busca utilizar y constatar los conocimientos y criterios adquiridos durante la carrera de ingeniería Civil Ambiental.

Diseño de la investigación

Hipótesis y variables:

Formulación de la Hipótesis

Luego del análisis y revisión de distinta bibliografía se plantea la siguiente hipótesis como solución al problema:

El curado interno mediante adición de Alcohol Polivinílico en el agua de mezclado (0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento) mejorará la retención de humedad y resistencia mecánica del concreto respecto al curado tradicional y curado con aditivo.

Variables y operacionalización

Variables dependientes

- Diseño de Mezclas
- Comportamiento del concreto
- Comparación de costos

Variable independiente:

- Alcohol polivinílico

Variable interviniente:

- Materiales para la elaboración de los ensayos.

Operacionalización de Variables:

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ÍNDICE
INDEPENDIENTE	Alcohol Polivinílico	Propiedad física	Peso	Recipientes, balanza	%
		Costo	Precios unitarios	Proformas de vendedores	\$
DEPENDIENTE	Diseño de mezclas	Cantidad de materiales	Cemento	Balanza	Kg
			Agregado fino	Balanza	Kg/m ³
			Agregado grueso	Balanza	Kg/m ³
			Agua	Probeta	ml
			Aditivo Sika Cem curador	Probeta graduada de 1000 ml	ml
	Comportamiento del concreto	Ensayos al concreto: Estado fresco	Asentamiento (Slump)	Según NTP 339.035:2009	pulgadas
			Exudación	Según NTP 339.077:2013	%
			Contenido Aire	Según NTP 339.046:2008	%
			Temperatura	Según NTP 339.184:2013	°C
			Tiempo de fraguado	Según NTP 339.082:2011	hr
		Ensayos al concreto: Estado endurecido	Resistencia a la compresión	Según NTP 339.034:2008	Kgf/cm ²
			Resistencia a la flexión	Según NTP 339.078:2012	Kgf/cm ²
			Retención de Humedad	Control de peso mediante balanza de 1gr de sensibilidad.	gr
	Permeabilidad	Según UNE 83-309-91	%		
Costo de producción del concreto	Costo por m ³	Análisis de costo unitario	Formatos en hojas de cálculo Excel	s/.	
INTERVINIENTE	Materiales	Características	Granulometría de los agregados	Según NTP 400.012:2013	%
			Peso unitario de los agregados (seco y varillado)	Según NTP 400.017:1999	Kg/m ³
			Contenido de humedad	Según NTP 339.185:2002	%
			Capacidad de absorción	Según NTP 400.021:2002	%
			Módulo de fineza del agregado fino	Según NTP 400.037:2002	-
			Tipo de cemento	Según NTP 334.090	Tipo

Población, muestra y muestreo

Población:

La población se define como el conjunto de elementos con características en común que son objeto de análisis y para los cuales serán válidas las conclusiones de la investigación. [34]

La población del presente estudio está conformada por el concreto fabricado con los agregados de Tres Tomas y Pátapo, estos agregados deben cumplir con los parámetros establecidos por las normas técnicas peruanas NTP 400.013 y NTP 400.017.; Agua, la cual será potable, pues reúne las características más idóneas para la mezcla de concreto además de cumplir con las especificaciones de la NTP 339.088 “Agua para Diseños de Mezclas”; Cemento Tipo I marca Pacasmayo, el cual debe cumplir todo lo estipulado en la norma NTP 334.090 y Alcohol polivinílico, el cual posee un porcentaje de Hidrólisis de 87-89%, una pureza mínima de 93.5% y una viscosidad de entre 4.5 y 6 Map.δ.

Los porcentajes de aplicación de Alcohol polivinílico a las mezclas de concreto en esta investigación estuvieron direccionados gracias a la bibliografía referente al tema, en la cual pudimos identificar puntos fuertes y decisivos, así como también muy carentes en torno al umbral de porcentajes de aplicación que aún hay por investigar sobre el uso del Alcohol polivinílico, entre la bibliografía más determinante en la decisión de porcentajes de aplicación en nuestra investigación tenemos:

El estudio realizado por Tazarek Marin y varios [15] genera un antecedente interesante para la determinación de porcentajes a evaluar en la presente investigación, esto debido a que luego del análisis de datos del estudio, se puede inferir que se debe evitar incluir en este espectro porcentajes mayores a 1.4%; ya que, se ha demostrado que en pastas de cemento, estos disminuyen los beneficios y la eficiencia que este polímero puede aportar al concreto, generando exceso de vacíos y por ende una reducción en la resistencia a la compresión de los especímenes evaluados.

La investigación de Stella Evangelline [10] cuenta como un antecedente de gran importancia para el actual proyecto, pues establece un espectro claro de adición de alcohol polivinílico, en el cual se obtienen resultados satisfactorios y beneficiosos, que se pueden lograr a partir de este polímero; basándonos en la experiencia de este artículo, se establecieron los porcentajes de adición para la presente investigación, tomando

también como base, el desconocimiento de los efectos de la adición en rangos que engloban desde el 0.48% y el 0.96% de la adición de PVA con respecto al peso del cemento.

Para complementar nuestra decisión en torno a los porcentajes de aplicación, podemos consultar la investigación de Khader Sabana y T.S. Shabana [16] que se basa en la aplicación de Alcohol polivinílico y Lignosulfato de sodio como agentes de curado interno en las mezclas de concreto, la cual luego del análisis de resultados, llega a una conclusión muy importante, los resultados de concentración de alcohol polivinílico del 0.24% y 0.48% con relación al peso del cemento, junto a los porcentajes mínimos de adición del lignosulfato de sodio, tienen gran congruencia con los datos extraídos en la investigación experimental de Stella Evangelline [10], generando de esta manera un fortalecimiento a la credibilidad de dicha tesis, en la cual se detallaba que el porcentaje con mejores efectos en las mezclas de concreto era el 0.48%; la investigación de Khader Sajana es también decisiva, pues aunque no es con una adición pura de alcohol polivinílico, sino acompañada con un porcentaje mínimo de Lignosulfato de sodio, nos presenta los resultados para una tan buscada concentración del 0.96% de PVA para poder complementar el espectro de mejor rendimiento del alcohol polivinílico, teniendo como principal conclusión que para esta concentración, las ventajas que el polímero aporta al concreto se ven mermadas, es decir se puede inferir, basandonos en la investigación de Stella Evangelline, que el porcentaje óptimo es del 0.48% el cual fue el máximo porcentaje evaluado, sin embargo, existe gran incertidumbre por falta de investigación para determinar si realmente el 0.48% es el porcentaje óptimo, pues la curva de resistencias tenía una pendiente creciente en este porcentaje, es decir, es posible que haya un porcentaje de mayor eficiencia dentro del rango de 0.48% a 0.96%, por esta razón, esta investigación trata de cubrir este vacío de información pues se plantea evaluar en concentraciones de 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% para revalidar de esta manera los resultados obtenidos por los autores y aportar nueva información sobre el comportamiento de este versátil polímero.

Cuantificación de la población

La población, debido a sus características especiales, se ha establecido como un nuevo tipo de concreto “Concreto con adición de Alcohol polivinílico”, de esta manera se determina que la población analizada es única.

Muestra

La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además debe ser representativa de la población. [34]

En esta investigación la muestra está conformada por el concreto fabricado con agregados de las canteras Tres Tomas y Pátapo, adicionado con Alcohol polivinílico, la muestra fue de tipo censal, ya que es coincidente con la población.

Muestreo

El método de muestreo consistió en la elección por métodos no aleatorios o también conocidos como muestreos no probabilísticos, indicando que la muestra es igual a la población; es decir, las características son similares a las de la población objetivo. En este tipo de muestra la “representatividad” la determina el investigador de modo subjetivo, ya que no podemos cuantificar la representatividad de la muestra.

En la presente investigación, el muestreo estará dado por varios especímenes puestos a prueba para cada uno de los ensayos, los cuales presentan una vital importancia para obtener resultados y discusiones sobre la eficiencia en el curado interno del alcohol polivinílico en las mezclas de concreto, estarán dados de la siguiente manera:

Ensayo de asentamiento o Slump:

El denominado ensayo de asiento, llamado también de revenimiento o “Slump”, se utiliza para caracterizar el comportamiento del concreto fresco a nivel de consistencia, la cual está definida como el grado de fluidez que presenta una masa de concreto de tal forma que permita una correcta aplicación y moldeo en obra. Esta propiedad esta íntegramente relacionada con el contenido de agua, la calidad de los agregados, el tamaño máximo del agregado y como en este caso, la adición de compuestos espesantes ajenos a las mezclas de concreto, por esta razón es un ensayo infaltable en la caracterización del concreto analizado en esta investigación.

Cantidad de Ensayos de Asentamiento (Slump)		
Mezcla	Tiempo de Ensayo	
	Producción	Total
Mezcla Patrón (inmersión)	1	1
Mezcla Dosif. 0.24% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.48% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.72% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.96% PVA	1	1
TOTAL	5 Especímenes	

Tabla 04: Especímenes asignados para el ensayo de asentamiento o Slump.

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Exudación:

El fenómeno de la exudación es causado principalmente por la sedimentación de las partículas sólidas y el consecuente ascenso del agua a la superficie, de esta manera, si este fenómeno no es controlado adecuadamente se pueden conseguir relaciones A/C elevadas en la parte superior de los especímenes, provocando una capa débil y porosa por lo que es necesario evaluar la incidencia del alcohol polivinílico con respecto esta característica, ya que al encapsular el agua de la mezcla, los resultados que se esperan apuntan a una mínima exudación, otorgando de esta manera uniformidad al concreto en sus superficies y masa interior; tras lo argumentado resulta necesaria la ejecución de este ensayo para demostrar esta hipótesis.

Cantidad de especímenes para Ensayo Exudación		
Mezcla	Tiempo de Ensayo	
	Producción	Total
Mezcla Patrón (inmersión)	1	1
Mezcla Dosif. 0.24% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.48% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.72% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.96% PVA	1	1
TOTAL	5 Especímenes	

Tabla 05: Especímenes asignados para el ensayo de exudación del concreto.

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de tiempo de fraguado:

El fraguado es el proceso de endurecimiento del concreto debido a las reacciones químicas entre el material cementante y el agua, es decir es el paso de la masa del estado plástico al estado sólido, por lo que se espera que, con las propiedades hidrófilas del alcohol polivinílico y el encapsulamiento del agua que se genera, se presente una variación relativa en el tiempo de fraguado en comparación a un concreto convencional, por lo que resulta necesaria la ejecución de este ensayo.

Cantidad de especímenes para Tiempo de Fraguado		
Mezcla	Tiempo de Ensayo	
	Producción	Total
Mezcla Patrón (inmersión)	1	1
Mezcla Dosif. 0.24% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.48% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.72% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.96% PVA	1	1
TOTAL	5 Especímenes	

Tabla 06: Especímenes asignados para el ensayo de tiempo de fraguado en el concreto.

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Temperatura del concreto:

Al agregarse un compuesto químico ajeno a la industria del concreto debe de comprobarse que este no altere de alguna manera nociva la reacción del concreto, un indicador muy importante en este aspecto es la temperatura del concreto, de esta manera, se hará un control de temperatura de cada una de las muestras para garantizar la no existencia de esta reacción nociva.

Cantidad de especímenes para Ensayo de Temperatura		
Mezcla	Tiempo de Ensayo	
	Producción	Total
Mezcla Patrón (inmersión)	1	1
Mezcla Dosif. 0.24% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.48% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.72% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.96% PVA	1	1
TOTAL	5 Especímenes	

Tabla 07: Especímenes asignados para el ensayo de temperatura del concreto..

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Contenido de aire en el concreto mediante la olla Washington:

Este ensayo permite determinar el contenido de aire por medio del método de presión, como se sabe el encapsulamiento de agua que genera el alcohol polivinílico, así como también su tendencia a formar burbujas de aire cuando se realiza un batido rápido de la mezcla, hacen necesaria la evaluación de esta variable dentro de las mezclas de concreto, pues cabe la posibilidad de que se generen volúmenes altos de poros, y por lo tanto una disminución en la calidad del concreto.

Cantidad de especímenes para Ensayo Contenido de Aire		
Mezcla	Tiempo de Ensayo	
	Producción	Total
Mezcla Patrón (inmersión)	1	1
Mezcla Dosif. 0.24% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.48% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.72% PVA	1	1
Mezcla Dosif. 0.96% PVA	1	1
TOTAL	5 Especímenes	

Tabla 08: Especímenes asignados para el ensayo de contenido de aire en mezclas frescas de concreto.

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto:

Es la propiedad mecánica más importante del concreto y caracteriza muchas de las propiedades intrínsecas de este material, por lo que realizar dicho ensayo es esencial, pues se espera que con la adición del polímero en estudio la resistencia a compresión se eleve o se mantenga generando de esta manera gran beneficio y eficiencia en el propósito de esta adición.

Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a la Compresión				
Mezcla	Tiempo de Rotura			
	7 días	14 días	28 días	Total
Mezcla Patrón (inmersión)	2	2	2	6
Mezcla Patrón (sin curar)	2	2	2	6
Mezcla Patrón (A.curador)	2	2	2	6
Mezcla Dosif. 0.24% PVA	2	2	2	6
Mezcla Dosif. 0.48% PVA	2	2	2	6
Mezcla Dosif. 0.72% PVA	2	2	2	6
Mezcla Dosif. 0.96% PVA	2	2	2	6
TOTAL	42 Especímenes			

Tabla 09: Especímenes asignados para el ensayo de Resistencia a la compresión simple en concreto endurecido. Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de resistencia a la flexión del concreto:

La resistencia a la flexión es otro factor determinante en torno a las propiedades mecánicas del concreto; un ensayo de flexión nos sirve para evaluar el comportamiento esfuerzo-deformación y la resistencia a la flexión de un material. Estos ensayos se llevan a cabo cuando el material es demasiado frágil para ser ensayado por deformación como lo es el concreto. Entonces al obtener valores más altos de este indicador en las mezclas adicionadas, se demostraría una mejora mecánica en la capacidad de deformación en la mezcla, lo que sumado a los beneficios que le aporta el autocurado al concreto (económico, calidad, etc) generaría una gran eficiencia en el concreto modificado evaluado en este estudio.

Cantidad de especímenes para ensayos de Flexión		
Mezcla	Tiempo de Rotura	
	28 días	Total
Mezcla Patrón (inmersión)	2	2
Mezcla Patrón (sin curado)	2	2
Mezcla Patrón (A.curador)	2	2
Mezcla Dosif. óptima PVA	2	2
TOTAL	8 Especímenes	

Tabla 10: Especímenes asignados para el ensayo de Resistencia a la flexión a los Tercios en concreto endurecido.

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de permeabilidad del concreto:

El concreto es un material cuya naturaleza es porosa por lo que controlar el grado de permeabilidad es necesario, pues esta característica si es excesiva atenta contra la durabilidad del concreto y al mismo tiempo atenta con el tiempo de vida útil de las estructuras, al tener una mayor probabilidad de que fluidos dañinos para el concreto penetren en él; el grado de permeabilidad aumenta o disminuye dependiendo de factores como el grado de hidratación del cemento, de la duración esta, con adición de sustancias ajenas a la mezcla y con la calidad del curado; según la bibliografía revisada, se espera que en la permeabilidad si bien es cierto, tendrá una presencia visible en los primeros días de la mezcla, tras incursionar los 28 días de edad, todos los poros generados serán

cubiertos por concreto mediante el fenómeno de hidratación del cemento y la presión de poro que se generará por el encapsulamiento del agua, tras lo argumentado resulta necesaria la ejecución de dicho ensayo.

Cantidad de especímenes para ensayos de Permeabilidad (UNE 83-309-90)		
Mezcla	Tiempo de Rotura	
	28 días	Total
Mezcla Patrón (inmersión)	3	3
Mezcla Patrón (sin curar)	3	3
Mezcla Patrón (A.curador)	3	3
Mezcla Dosif. 0.24% PVA	3	3
Mezcla Dosif. 0.48% PVA	3	3
Mezcla Dosif. 0.72% PVA	3	3
Mezcla Dosif. 0.96% PVA	3	3
TOTAL	21 Especímenes	

Tabla 11: Especímenes asignados para el ensayo de Resistencia a la flexión a los Tercios en concreto endurecido.

Fuente: Elaboración Propia

Ensayo de Control de Perdida de Humedad en la mezcla de concreto:

Este ensayo empírico fue planteado porque resulta de gran importancia en la demostración de la eficiencia comparativa de retención de humedad entre un tipo de mezcla de concreto u otra, mediante este ensayo se puede medir la pérdida de humedad que tiene un espécimen de concreto a lo largo de su vida antes de ser ensayado, de esta manera, se podrá documentar detalladamente la mejoría en la retención de humedad en las mezclas con alcohol polivinílico, humedad la cual estará mucho más tiempo disponible dentro de la mezcla para el proceso de hidratación del cemento y posterior desarrollo de la resistencia, a diferencia de presenciado dentro de muestras convencionales sin ningún tipo de curado, donde la perdida de agua es violenta en forma de evaporación, generando fisuraciones, imposibilidad del proceso de hidratación del cemento por falta de agua, y posterior decadencia brusca de la resistencia a compresión del concreto.

Cantidad de especímenes para Control de Humedad		
Mezcla	Tiempo de Ensayo	
	Producción	Total
Mezcla Patrón (inmersión)	2	2
Mezcla Patrón (sin curar)	2	2
Mezcla Patrón (A.curador)	2	2
Mezcla Dosif. 0.24% PVA	2	2
Mezcla Dosif. 0.48% PVA	2	2
Mezcla Dosif. 0.72% PVA	2	2
Mezcla Dosif. 0.96% PVA	2	2
TOTAL	14 Especímenes	

Tabla 12: Especímenes asignados para el ensayo empírico de Retención de humedad en concreto endurecido.

Fuente: Elaboración Propia

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La recolección de datos de la investigación se realizó en forma directa, en la primera etapa a través de la investigación documental se determinó los parámetros en torno a los cuales se desarrollara la investigación y la segunda etapa a partir de los diseños y ensayos anotándolos en los formatos respectivos de acuerdo a los procedimientos técnicos y normativos establecidos y en función al cronograma establecido del proyecto de tesis; así como las fechas de fabricación de las probetas (72 cilíndricas y 18 prismáticas) y fecha de los respectivos ensayos de resistencia a la compresión axial ASTM C39 y a la flexión o módulo de rotura ASTM C78.

Investigación Documental

MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Síntesis Bibliográfica	Análisis de documentos	Guías, libros, revistas, artículos de investigación, Tesis con relación a Autocurado.

Investigación de Campo

MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Experimental	<p>Ensayos de Agregados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Peso unitario de los agregados (MTC E 203 - 2000). - Peso específico y absorción de agregado grueso (MTC E 206- 2000, NTP 400.021). - Peso específico y absorción de agregado fino (MTC E 205 - 2000). - Contenido de humedad, absorción efectiva y humedad superficial. - Análisis granulométrico del agregado grueso (MTC E 204- 2000). - Análisis granulométrico del agregado fino (MTC E 204-2000). <p>Ensayos Concreto Fresco:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño de mezclas usando el método del comité 211 del ACI. - Ensayos del concreto fresco SLUMP. - Ensayo de exudación según NTP 339.077:2013. - Ensayo de contenido de aire según NTP 339.046:2008. - Ensayo de temperatura según NTP 339.184:2013. - Ensayo de Tiempo de Fraguado según NTP 339.082:2011. <p>Ensayos de Concreto Endurecido:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensayo de resistencia a la compresión axial según ASTM C39 y NTP 339.034:2008. - Ensayo de Retención de humedad. - Ensayo de Permeabilidad según UNE 83-309-91 - Ensayo de resistencia a la flexión o módulo de rotura ASTM C78. 	<ul style="list-style-type: none"> - Formato de laboratorios. - Equipos de laboratorio: <ul style="list-style-type: none"> - Máquina de compresión axial - Máquina de ensayo de flexión a los tercios - Equipos básicos para ensayos de concreto fresco y endurecido. - Bolsas de conservación de muestra. - Equipo básico para la elaboración de ensayos de agregados (tamices, moldes, balanzas, etc.)

Plan de Procesamiento y Análisis de Datos

Como estrategia para la demostración de hipótesis se realizarán las siguientes fases de acuerdo al cronograma:

FASE I: Investigación bibliográfica preliminar

- Recopilación de la información bibliográfica.

- Revisión de la normativa nacional vigente relacionada con la investigación.

FASE II: Investigación de los ensayos determinantes para la investigación, su disponibilidad y Cronograma de realización.

- Planificación de los ensayos a realizar:
 - ❖ Tipos de ensayo
 - ❖ Material y herramientas requerido
 - ❖ Cronograma y reservación de laboratorio

FASE III: Adquisición de materiales y equipos necesarios para las mezclas, moldeado y ensayo de probetas prismáticas y cilíndricas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ adicionado con PVA.

- Obtención de los materiales a utilizar en los ensayos. (cemento, agregados, Alcohol polivinílico, aditivo curador, etc).
- Adquisición de los moldes cilíndricos reglamentarios requeridos para los ensayos de resistencia a la compresión.
- Adquisición de los moldes prismáticos requeridos para los ensayos de resistencia a la flexión.
- Ensayos de agregados (humedad, absorción, peso específico, módulo de fineza).

FASE IV: Procesamiento de la información obtenida de los agregados para posterior diseño de mezcla del concreto a ensayar.

- Procesamiento de información de los ensayos de agregados.
- Diseño de mezcla de concreto patrón.
- Diseño de mezcla de concreto con alcohol polivinílico (0.24%, 0.48% , 0.72%, 0.96%).

FASE V: Producción, moldeado y rotura en masa de mezclas patrón y adicionadas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

- Producción de concreto para ensayo de humedad y resistencia a la compresión

- Ensayos de concreto fresco (Slump, Exudación, Contenido de aire y peso unitario).
- Ensayos de concreto endurecido a mezcla patrón, mezcla con aditivo curador y mezcla con alcohol polivinílico (contenido de humedad y resistencia a la compresión **ASTM C39**) a 7, 14 y 28 días.
- Recolección de resultados obtenidos.

FASE VI: Producción, moldeo y rotura de mezclas con dosificación óptima y patrón para el ensayo de resistencia a flexión, teniendo como objetivo la demostración de la eficiencia de la adición.

- Producción de concreto de mezcla de diseño patrón y diseño con porcentaje óptimo de alcohol polivinílico para ensayo de resistencia a la flexión.
- Ensayos de concreto fresco (Slump, Exudación, contenido de aire, peso unitario)
- Ensayos de concreto endurecido a mezcla patrón, mezcla con aditivo curador y mezcla con alcohol polivinílico (resistencia a la flexión **ASTM C78**) a 28 días.
- Recolección de resultados obtenidos

FASE VII: Análisis y recolección final de datos para determinar la confiabilidad y demostrar la eficiencia de la adición como conclusión de la investigación.

- Análisis y comparación de los resultados
- Evaluación estadística de las hipótesis mediante el análisis de varianza para un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%) y un intervalo de confianza = 0.95 (95%).
- Análisis de costos.
- Estimación del ahorro de agua con el uso de Alcohol polivinílico como agente de curado interno.
- Conclusiones y recomendaciones

Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA									
TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:									
EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO F'c=210 kg/cm2 CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR.									
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES, INSTRUMENTOS E ÍNDICES	METODOLOGÍA		
¿Se podrá implementar alternativas sostenibles en el curado de concreto más eficientes que garanticen la calidad y seguridad en las edificaciones, asimismo reduzcan el impacto de la huella hídrica del sector construcción?.	Objetivo general:	El curado interno mediante adición de Alcohol Polivinílico en el agua de mezclado (0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento) mejorará la retención de humedad y resistencia mecánica del concreto respecto al curado tradicional y curado con aditivo.	INDEPENDIENTE	Alcohol Polivinílico	Propiedad física	Peso: Recipientes, balanza (% en peso)	Tipo de investigación:		
	Determinar la eficiencia del curado interno del concreto con Alcohol Polivinílico en comparación a otros métodos de curado, a través de la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas más importantes.				Diseño de mezclas	Cantidad de materiales		Costo	Precios unitarios: Proformas vendedores (\$)
			Comportamiento del concreto	Ensayos al concreto: Estado fresco			Cemento: Balanza (kg)	Diseño de la investigación:	
					Agregado fino: Balanza (kg)	Posprueba únicamente y grupo de control			
					Agregado grueso: Balanza (kg)		Agua: Probeta (ml)		
					Aditivo Sika Cem curador: Probeta (ml)	Asentamiento (Slump): Según NTP 339.035:2009 (pulgadas)	R G_1 → X_1 → O_1		
			Determinar el impacto económico en el curado con Alcohol polivinílico comparado con el método tradicional y con aditivo curador.	Determinar la reducción del volumen de agua utilizado en el curado con Alcohol polivinílico comparado con el método tradicional y con aditivo curador; Hallar la humedad de especímenes cilíndricos de un concreto endurecido mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a edades de 7, 14 y 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo; Determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de un concreto F'c=210 kg/cm2 mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a edades de 7, 14 y 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo; Hallar el módulo de elasticidad teórico de los especímenes cilíndricos de un concreto F'c=210 kg/cm2 mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a la edad de 28 días, Evaluar la resistencia a flexión de especímenes prismáticos de un concreto F'c=210 kg/cm2 mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a la edad de 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo.	DEPENDIENTE	Costo de producción del concreto	Costo por m³	Exudación: Según NTP 339.080 (%)	R G_2 → X_2 → O_2
								Ensayo de contenido de aire: Según NTP 339.080 (%)	R G_3 → X_3 → O_3
								Temperatura: Según NTP 339.184:2013 (°C)	R G_4 → X_4 → O_4
			Hallar el módulo de elasticidad teórico de los especímenes cilíndricos de un concreto F'c=210 kg/cm2 mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a la edad de 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo.	Hallar el módulo de elasticidad teórico de los especímenes cilíndricos de un concreto F'c=210 kg/cm2 mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a la edad de 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo.	INTERVINIENTES	Materiales	Características	Tiempo de fraguado: Según NTP 339.082:2011 (hr)	R G_5 → X_5 → O_5
								Resistencia a la compresión: Según NTP 339.034:2008 (Kgf/cm²)	R G_6 → X_6 → O_6
	Resistencia a la flexión: Según NTP 339.037:2008 (Kgf/cm²)							R G_7 → - → O_7	
	Retención de Humedad: Control de peso mediante balanza (gr)							X1: Dosificación de alcohol polivinílico de 0.24% del peso del cemento.	
	Permeabilidad: Según UNE 83-309-91 (%)							X2: Dosificación de alcohol polivinílico de 0.48% del peso del cemento.	
	Hallar el módulo de elasticidad teórico de los especímenes cilíndricos de un concreto F'c=210 kg/cm2 mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a la edad de 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo.		Hallar el módulo de elasticidad teórico de los especímenes cilíndricos de un concreto F'c=210 kg/cm2 mediante la adición de Alcohol Polivinílico en porcentajes del 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento a la edad de 28 días para demostrar su eficiencia en comparación al curado por inmersión y curado con aditivo.	INTERVINIENTES	Materiales	Características	Análisis de costo unitario: Formatos en hojas de cálculo Excel (S/.)	X3: Dosificación de alcohol polivinílico de 0.72% del peso del cemento.	
Granulometría de los agregados: Según NTP 400.012:2013 (%)		X4: Dosificación de alcohol polivinílico de 0.96% del peso del cemento.							
Peso unitario de los agregados (seco y varillado): Según NTP 400.017:1999 (kg/m³)		X5: Dosificación de Concreto Patrón con Aditivo Sika Antisol.							
Contenido de humedad: Según NTP 339.185:2002 (%)		X6: Dosificación de concreto patrón con Patrón sin curado.							
Capacidad de absorción: Según NTP 400.021:2002 (%)		X7: Nivel cero en los indicadores de variable independiente (Alcohol polivinílico) para el grupo de control.							
Módulo de fineza del agregado fino: Según NTP 400.012:2013		Población y muestra: coincidentes							
Tipo de cemento: Según NTP 334.090 (Tipo)	Muestreo: 5 ensayos de asentamiento, 5 de tiempo de fraguado, 5 de contenido de aire, 5 de exudación, 5 de control de temperatura, 42 de resistencia a la compresión, 8 de resistencia a la flexión, 21 ensayos de permeabilidad y 14 de retención de humedad.								

Consideraciones Éticas

En la actualidad la investigación es una herramienta fundamental, pues cumple un papel muy relevante en el desarrollo de la tecnología y, por esta razón es necesario que se tenga información en la cual se pueda confiar, pues de esta manera los estudios posteriores contarán con gran veracidad, logrando de esta manera, un desarrollo más próspero y confiable. La presente estudio de investigación se desarrolló alineada de acuerdo a aspectos como honestidad y ética, pues la información empleada en su desarrollo ha sido citada adecuadamente respetando la propiedad intelectual, los datos obtenidos en el laboratorio, así, como su procesamiento, son reales y realizados en tiempo real, respetando los tiempos y las propiedades que pueden perder los agregados, finalmente los procedimientos de cada una de las etapas han respetado las normativas pertinentes de acuerdo a los protocolos vigentes de la Institución educativa superior.

Resultados y discusión

Resultados de los ensayos realizados al agregado fino

Luego del análisis mediante ensayos de laboratorio al agregado fino se obtuvieron los siguientes resultados.

Análisis granulométrico mediante tamizado

Se analizó una muestra extraída de la cantera La Victoria – Pátapo

Malla		(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	4.5	4.5	95.5	95	100
Nº 08	2.360	12.7	17.2	82.8	80	100
Nº 16	1.180	19.1	36.3	63.7	50	85
Nº 30	0.600	22.0	58.3	41.7	25	60
Nº 50	0.300	19.9	78.2	21.8	10	30
Nº 100	0.150	12.5	90.7	9.3	2	10
Fondo		9.3	100.0	0.0		
Módulo de Fineza			2.851			
Abertura de malla de referencia			9.500			

Tabla 13: Resultado del análisis granulométrico del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo.

Fuente: Reporte de laboratorio

De los datos extraídos de la tabla se puede evidenciar que el agregado fino de la cantera La Victoria en Pátapo cumple con las características especializadas de la NTP 400.037 pues no se retiene un porcentaje mayor al 45% de la muestra en 2 tamices consecutivos, por lo tanto es primordial para poder realizar nuestra mezcla de concreto.

A continuación se adjunta la curva granulométrica la cual se encuentra dentro de los límites granulométricos establecidos por la NTP 400.037.

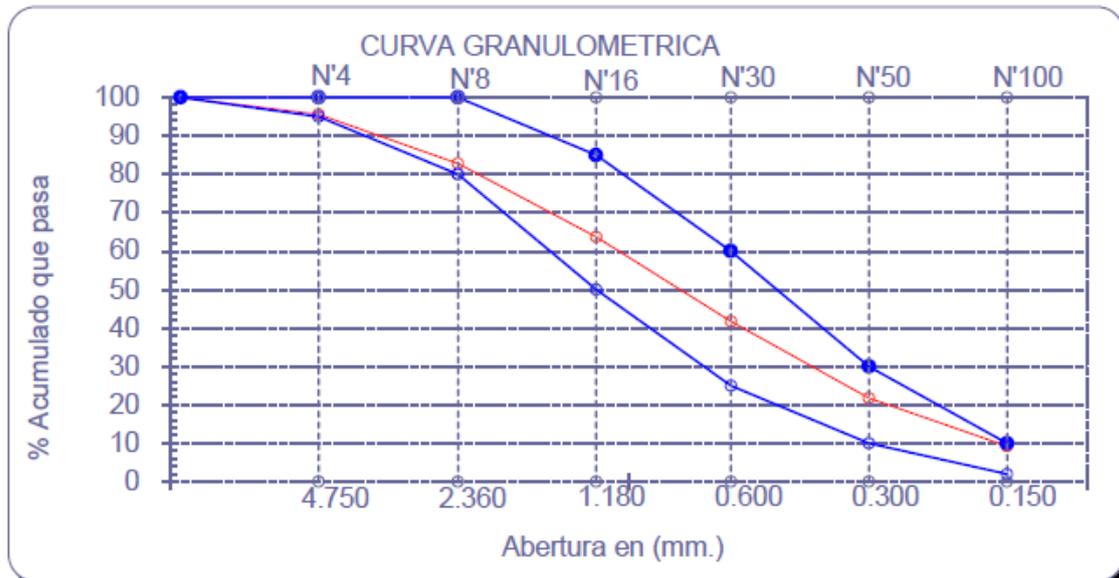


Imagen 13: Curva granulométrica del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo.

Fuente: Reporte de laboratorio

Ensayo de contenido de humedad

Luego de haber realizado las actividades necesarias según los lineamientos de la NTP 339.185 para ensayo de humedad para agregado fino, se obtuvo los siguientes resultados.

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g.	500.0
Peso muestra seca + peso de tara	g.	498.1
Peso de agua	g.	1.9
Peso de tara	g.	0.0
Peso neto muestra seca	g.	498.1
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.38

Tabla 14: Resultado del ensayo de contenido de humedad del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo. Fuente: Reporte de laboratorio

Peso unitario suelto y compactado

Luego de los ensayos realizados al agregado fino se encontró que el peso unitario suelto húmedo fue de 1551 kg/m³ mientras que el peso unitario suelto seco fue de 1546 kg/m³, así como también se pudo encontrar que el peso unitario compactado húmedo del agregado fino fue 1731 kg/m³ mientras que el peso unitario compactado fue de 1726 kg/m³.

PESO UNITARIO SUELTO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g.	9606.0
Peso de molde de ensayo vacío	g.	6327
Peso neto muestra contenida	g.	3279.0
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.002114
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1551
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1546

PESO UNITARIO COMPACTADO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g.	9987
Peso de molde de ensayo vacío	g.	6327
Peso neto muestra contenida	g.	3660
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00211
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1731
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1726

Tabla 15 y 16: Resultado del ensayo de peso unitario del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo. Fuente: Reporte de laboratorio

Peso específico y absorción

Luego de realizar el ensayo según los lineamientos de la NTP 400.022-2013 se pudo obtener que el peso específico del agregado fino de la cantera La Victoria en Pátapo fue de 2.551 gr/cm³ mientras que el porcentaje de absorción fue de 0.77%.

A.- Datos de la arena

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	985.7
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	681.7
4.- Peso del Agua.	g	304.0
5.- Peso del Frasco	g	181.7
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	g	677.9
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	496.2
8.- Volumen del frasco.	cm ³	500.0

B.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm ³	2.532
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.551
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³	2.582
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.77

Tabla 17: Resultado del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo. Fuente: Reporte de laboratorio

Material más fino que pasa por el tamiz N° 200

Luego de realizar el ensayo del material más fino que pasa por la malla N°200 concluimos que el modulo de fineza del agregado grueso de la cantera La Victoria en Pátapo es de 2.86.

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso inicial muestra seca + peso de tara	g.	500.0
Peso final muestra seca + peso de tara	g.	485.7
Peso de finos < tamiz N°200	g.	14.3
Peso de tara	g.	0.0
Peso de muestra retenida en tamiz N°200	g.	485.7
Material más fino que pasa por el tamiz N°200	%	2.86

Tabla 18: Resultado del ensayo del material más fino que pasa por el tamiz N°200 del agregado fino de la cantera La Victoria – Pátapo. Fuente: Reporte de laboratorio

Resultados de los ensayos realizados al agregado grueso

El agregado grueso que fue usado para los ensayos fue de la cantera Tres Tomas en Ferreñafe para la cual se obtuvieron los siguientes ensayos y resultados.

Análisis granulométrico por tamizado

De los resultados obtenidos podemos concluir que la curva granulometrica del agregado se encuentra totalmente entre los limites granulometricos establecidos por la norma tecnica peruana, certificando al agregado usado como idoneo para una mezcla de concreto.

Huso : 57

Malla		(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa
Pulg.	(mm.)			
2"	50.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	10.5	10.5	89.5
1/2"	12.70	53.4	63.9	36.1
3/8"	9.52	17.9	81.8	18.2
N° 04	4.75	17.7	99.5	0.5
N° 08	2.36	0.3	99.8	0.2
N° 16	1.19	0.0	99.9	0.1
Fondo		0.1	100.0	0.0
Tamaño Máximo		1"	25.00	
Tamaño Máximo Nominal		3/4"	19.00	

Tabla 19: Resultado del ensayo de análisis granulométrico por tamizado. Fuente: Reporte de laboratorio

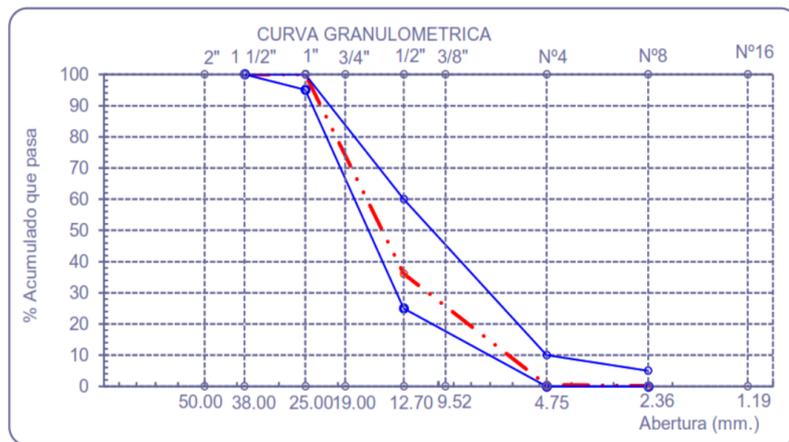


Imagen 14: Curva granulométrica del agregado grueso de la cantera Tres Tomas en Ferreñafe. Fuente: Reporte de laboratorio

Ensayo de contenido de humedad

Luego de realizar el ensayo de contenido de humedad en concordancia de la norma técnica peruana, se obtuvo que el contenido de humedad del agregado grueso de la cantera Tres Tomas es de 0.46%.

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g	8373.2
Peso muestra seca + peso de tara	g	8335
Peso de agua	g	38.2
Peso de tara	g	0.0
Peso neto muestra seca	g	8335
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.46

Tabla 20: Resultado del ensayo de contenido de humedad par el agregado grueso de la cantera Tres Tomas. Fuente: Reporte de laboratorio

Peso unitario suelto y compactado

Luego de realizar los ensayos pertinentes se encontró que el peso unitario compactado húmedo del agregado grueso de la cantera Tres Tomas fue de 1390kg/m³ mientras que el peso unitario suelto seco fue de 1370 kg/m³, así como también el peso unitario compactado húmedo fue de 1357 kg/m³ y el peso unitario compactado seco fue de 1550 kg/m³.

PESO UNITARIO SUELTO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g	16653.5
Peso de molde de ensayo vacío	g	9084
Peso neto muestra contenida	g	7569.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1390
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1370

PESO UNITARIO COMPACTADO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g	17644.5
Peso de molde de ensayo vacío	g	9084
Peso neto muestra contenida	g	8560.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1573
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1550

Tabla 21 y 22: Resultado del ensayo de peso unitario del agregado grueso de la cantera Tres Tomas – Ferreñafe. Fuente: Reporte de laboratorio

Peso específico y absorción

Tras los ensayos pertinentes se pudo concluir que el peso específico del agregado grueso de la cantera Tres Tomas – Ferreñafe fue de 2.555 gr/cm³ mientras que el porcentaje de absorción fue de 1.04%.

A.- Datos de la Grava		
1.- Peso de la muestra seca al horno	g:	1535
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g:	1551
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g:	1718
4.- Peso de la canastilla	g:	774
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	g:	944
B.- Resultados		
A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA.	g/cm ³ :	2.529
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³ :	2.555
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³ :	2.597
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%:	1.04

Tabla 23: Resultado del ensayo de peso específico y absorción agregado grueso de la cantera Tres Tomas – Ferreñafe. Fuente: Reporte de laboratorio

Resultados de los ensayos realizados al concreto en estado fresco

Ensayo de asentamiento

Luego de realizar el ensayo de trabajabilidad del concreto o ensayo slump se pudo obtener los siguientes datos, destacando sobre todo un comportamiento especial encontrado en las mezclas adicionadas con alcohol polivinílico pues a mayor cantidad de adición el concreto se vuelve mucho más trabajable a un nivel superior en el cual se podría evidenciar que se está utilizando un aditivo plastificante.

DOSIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (")
Concreto Patrón	3.8
PVA 0.24%	4
PVA 0.48%	4.1
PVA 0.72%	5.6
PVA 0.96%	7.1

Tabla 24: Resultados de los ensayos de asentamiento para las distintas dosificaciones.

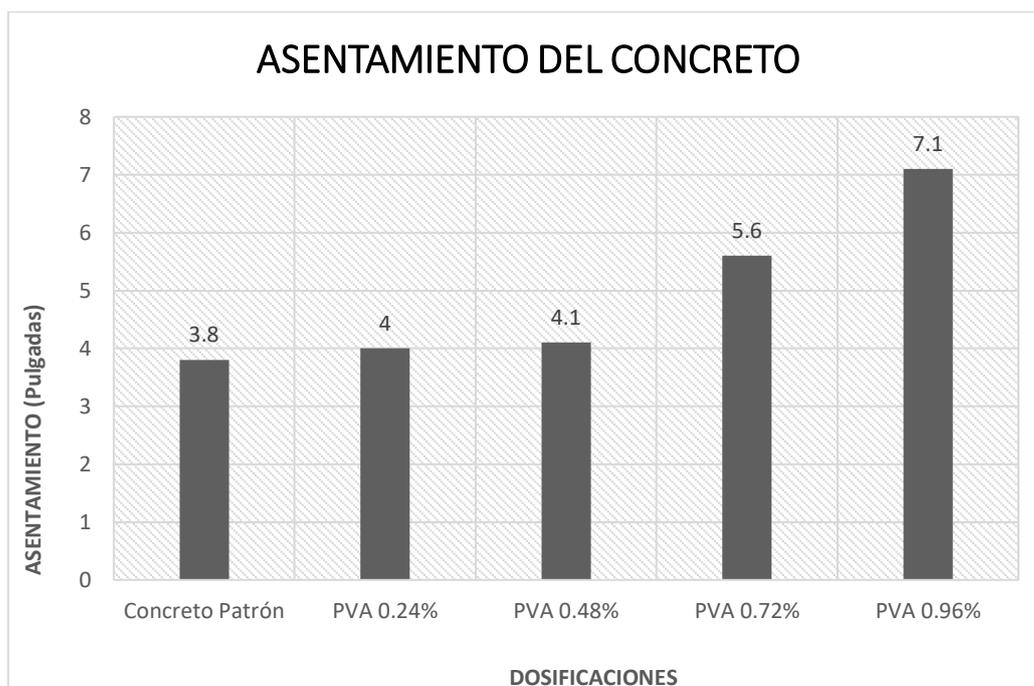


Gráfico 1: Resultados de los ensayos de asentamiento para las distintas dosificaciones.

Ensayo de exudación

El ensayo de exudación se realizó en moldes de probetas cilíndricas de concreto, por lo tanto el área de concreto expuesta fue de 176 cm² y según nuestro diseño de mezclas, por el volumen de concreto contenido en una probeta, la cantidad neta de agua en cada muestra es de 1182 ml, obteniendo los siguientes resultados para los diferentes tipos de mezclas.

Concreto patrón

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
10:00	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
10:10	0.2	0.2	0.02%	0.02%	0.001
10:20	0.4	0.6	0.03%	0.05%	0.002
10:30	0.5	1.1	0.04%	0.09%	0.003
10:40	1	2.1	0.08%	0.18%	0.006
11:20	1	3.1	0.08%	0.26%	0.006
12:00	0.6	3.7	0.05%	0.31%	0.003
12:40	0.3	4	0.03%	0.34%	0.002

Tabla 25: Resultados de la exudación de la mezcla de concreto patrón. Fuente:

Elaboración propia.

Luego de realizado el ensayo se puede concluir con los siguientes resultados, el cese de la exudación se dio a un periodo de 2:40 horas y el agua acumulada después de todo el proceso fue de 4ml.

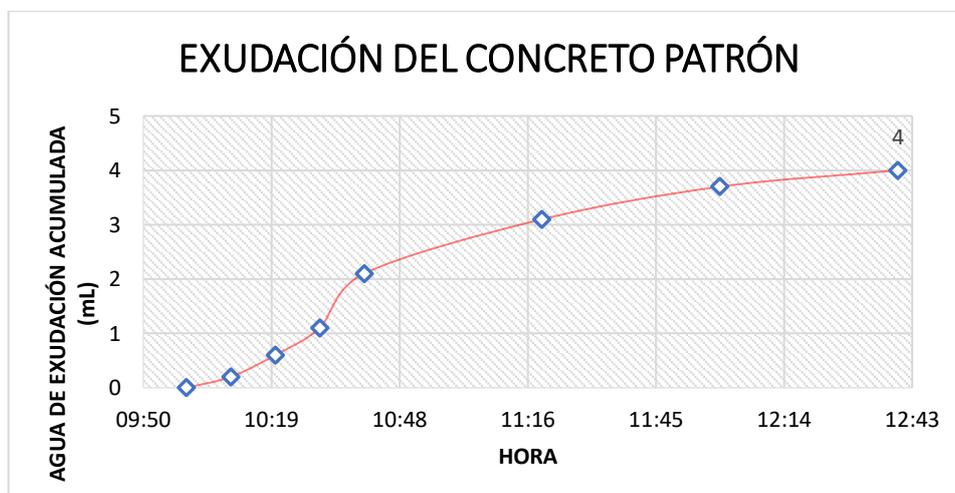


Gráfico 02: Resultados del ensayo de exudación para el concreto patrón.

Concreto + PVA 0.24%

Luego de realizado el ensayo se puede concluir con los siguientes resultados, el cese de la exudación se dio a un periodo de 2:40 horas y el agua acumulada después de todo el proceso fue de 2.3ml.

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
10:15	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
10:25	0.2	0.2	0.02%	0.02%	0.001
10:35	0.2	0.4	0.02%	0.03%	0.001
10:45	0.3	0.7	0.03%	0.06%	0.002
10:55	0.6	1.3	0.05%	0.11%	0.003
11:35	0.6	1.9	0.05%	0.16%	0.003
12:15	0.3	2.2	0.03%	0.19%	0.002
12:55	0.1	2.3	0.01%	0.19%	0.001

Tabla 25: Resultados de la exudación de la mezcla de concreto con adición de 0.24% de PVA. Fuente: Elaboración propia.

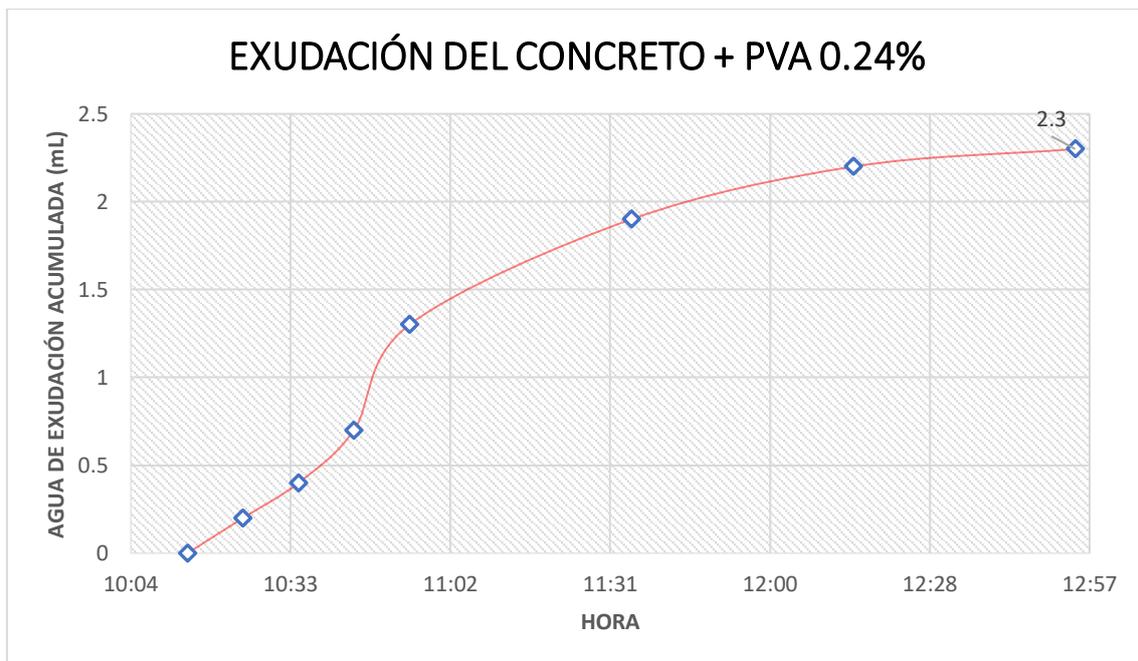


Gráfico 03: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + 0.24% PVA.

Como se pudo observar con una adición pequeña de alcohol polivinílico la exudación disminuye drásticamente.

Concreto + PVA 0.48%

Luego de realizado el ensayo se puede concluir con los siguientes resultados, el cese de la exudación se dio a un periodo de 2:40 horas y el agua acumulada después de todo el proceso fue de 3.2ml. Se pudo observar que mientras la cantidad de alcohol polivinílico aumenta, la exudación se recupera, ya que con una cantidad mínima se disminuye.

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
10:30	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
10:40	0.4	0.4	0.03%	0.03%	0.002
10:50	0.7	1.1	0.06%	0.09%	0.004
11:00	0.4	1.5	0.03%	0.13%	0.002
11:10	1	2.5	0.08%	0.21%	0.006
11:50	0.5	3	0.04%	0.25%	0.003
12:30	0.2	3.2	0.02%	0.27%	0.001

Tabla 26: Resultados de la exudación de la mezcla de concreto con adición de 0.48% de PVA. Fuente: Elaboración propia.

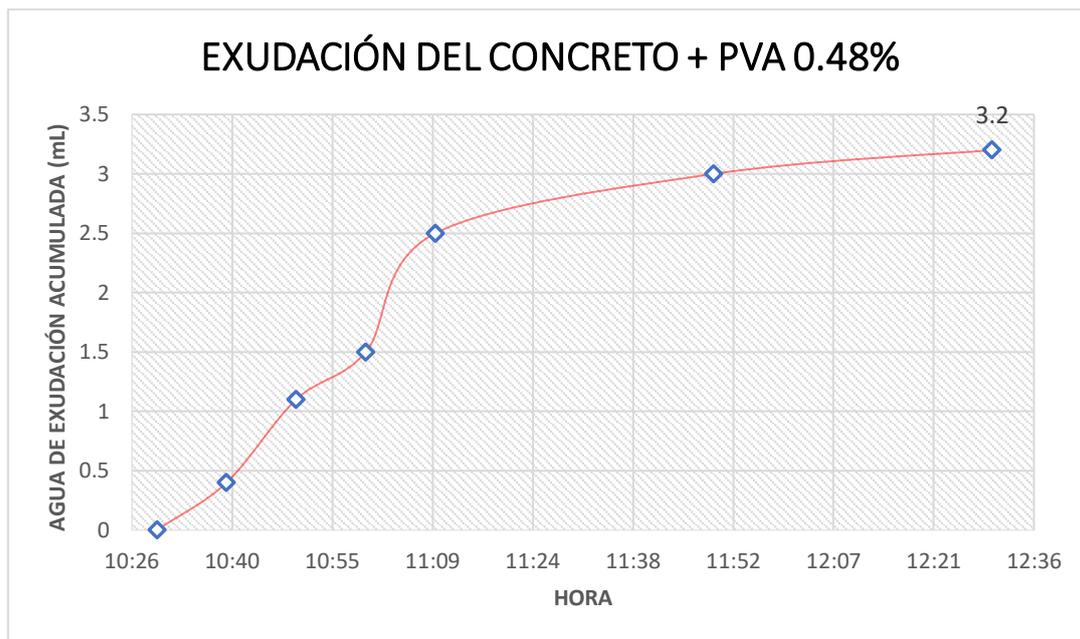


Gráfico 04: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + 0.48% PVA.

Concreto + PVA 0.72%

Luego de realizado el ensayo se puede concluir con los siguientes resultados, el cese de la exudación se dio a un periodo de 2:40 horas y el agua acumulada después de todo el

proceso fue de 6.9ml. Se pudo observar que mientras la cantidad de alcohol polivinílico aumenta, la exudación se recupera, ya que con una cantidad mínima se disminuye.

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
10:45	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
10:55	0.5	0.5	0.04%	0.04%	0.003
11:05	0.9	1.4	0.08%	0.12%	0.005
11:15	1.4	2.8	0.12%	0.24%	0.008
11:25	1.6	4.4	0.14%	0.37%	0.009
12:05	1	5.4	0.08%	0.46%	0.006
12:45	1	6.4	0.08%	0.54%	0.006
13:25	0.5	6.9	0.04%	0.58%	0.003

Tabla 27: Resultados de la exudación de la mezcla de concreto con adición de 0.72% de PVA. Fuente: Elaboración propia.

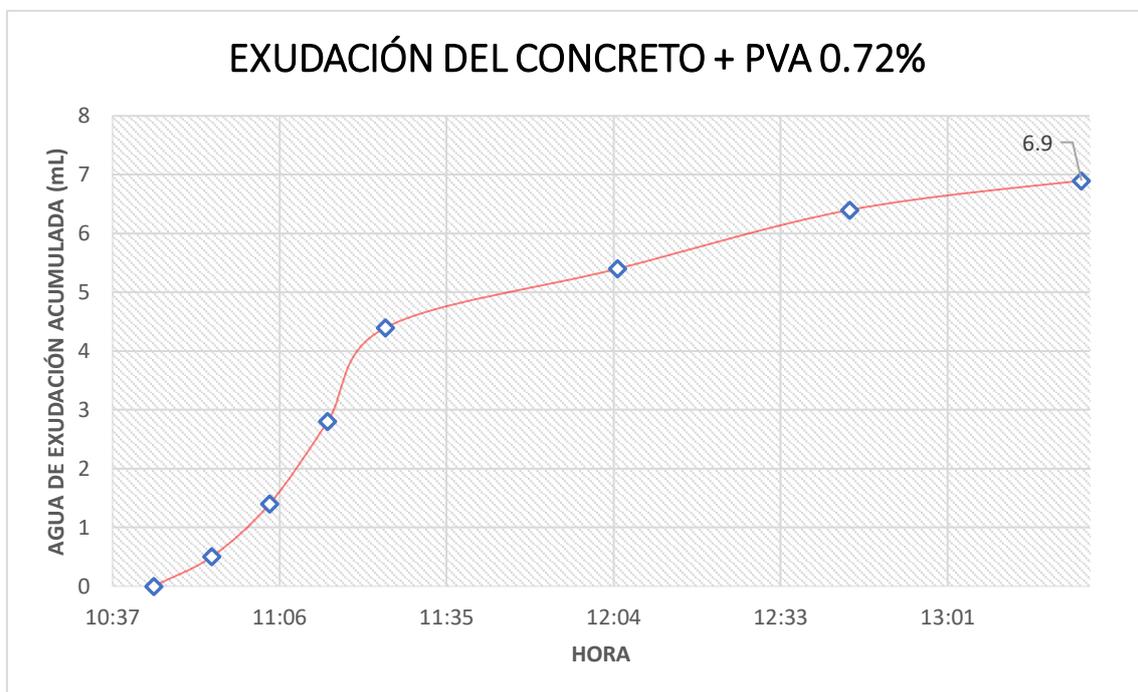


Gráfico 05: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + 0.72% PVA.

Concreto + PVA 0.96%

Luego de realizado el ensayo se puede concluir con los siguientes resultados, el cese de la exudación se dio a un periodo de 2:40 horas y el agua acumulada después de todo el proceso fue de 10.2ml. Se pudo observar que mientras la cantidad de alcohol

polivinílico aumenta, la exudación se recupera, ya que con una cantidad mínima se disminuye.

HORA	VOLUMEN EXUDADO (mL)	AGUA DE EXUDACIÓN ACUMULADA (mL)	POCENTAJE DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)	VOLUMEN DE AGUA EXUDADA POR UNIDAD DE SUPERFICIE (mL/cm ²)
11:00	INICIO DEL ENSAYO	0	0.00%	0.00%	-
11:10	1	1	0.08%	0.08%	0.006
11:20	1.7	2.7	0.14%	0.23%	0.010
11:30	2	4.7	0.17%	0.40%	0.011
11:40	2.4	7.1	0.20%	0.60%	0.014
12:20	1.5	8.6	0.13%	0.73%	0.008
13:00	1.2	9.8	0.10%	0.83%	0.007
13:40	0.4	10.2	0.03%	0.86%	0.002

Tabla 28: Resultados de la exudación de la mezcla de concreto con adición de 0.96% de PVA. Fuente: Elaboración propia.

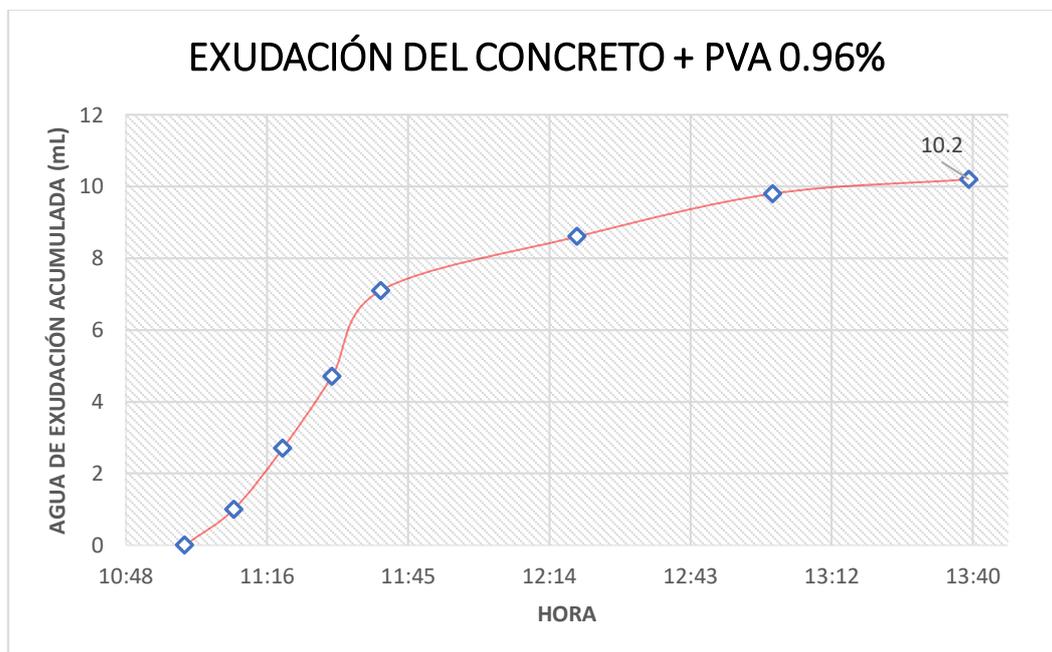


Gráfico 06: Resultados del ensayo de exudación para el concreto + 0.96% PVA.

A continuación se presenta un resumen y organización final de todos los datos del ensayo de Exudación.

IDENTIFICACIÓN	VOLUMEN EXUDADO (mL)	POCENTAJE ACUMULADO DEL AGUA NETA DE MEZCLA EN LA MUESTRA DE ENSAYO (%)
CONCRETO PATRÓN	4	0.34%
PVA 0.24%	2.3	0.19%
PVA 0.48%	3.2	0.27%
PVA 0.72%	6.9	0.58%
PVA 0.96%	10.2	0.86%

Tabla 29: Resultados del ensayo de exudación desde el concreto patrón hasta el adicionado con PVA. Fuente: Elaboración propia.

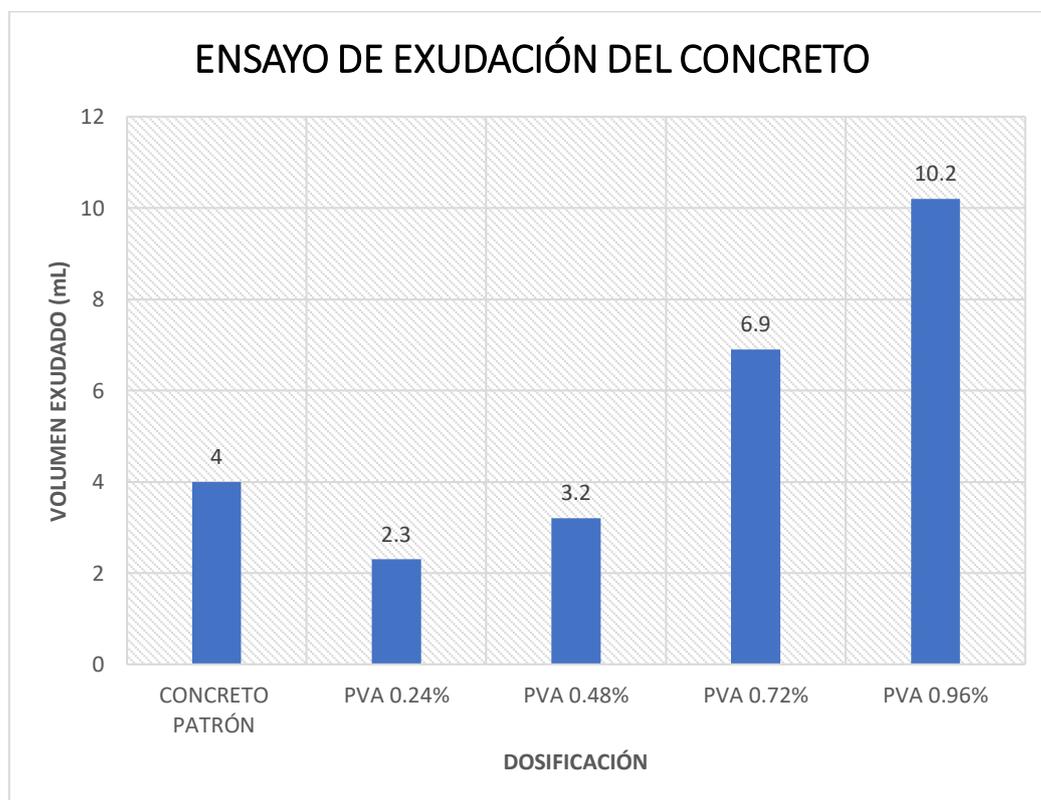


Gráfico 07: Resumen del volumen exudado de agua para las diferentes dosificaciones.

Como se puede observar la adición mínima de alcohol polivinílico ayuda a reducir la exudación en un concreto patrón, pero al aumentar la adición de este polímero, la exudación aumenta a niveles y cantidad considerables no saludables para una mezcla de concreto.

Ensayo de medición del contenido de aire en mezclas de concreto

La mezcla de concreto tuvo como principales detalles que se utilizó un agregado grueso de la cantera Tres Tomas en Ferreñafe con un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ".

A continuación se presentan los datos obtenidos, teniendo como principales observaciones que al aumentar la cantidad de adición de alcohol polivinílico el aire atrapado dentro de la mezcla de concreto crecía considerablemente generando en su máxima dosificación porcentajes muy altos los cuales son peligrosos para la durabilidad del concreto y su propiedad de protección frente al refuerzo.

DOSIFICACIÓN	CONTENIDO DE AIRE (%)
Concreto Patrón	1.8
PVA 0.24%	2.1
PVA 0.48%	3.1
PVA 0.72%	5.1
PVA 0.96%	6.1

Tabla 30: Resultados del ensayo de contenido de aire mediante la olla Washington desde el concreto patrón hasta el adicionado con PVA. Fuente: Elaboración propia.

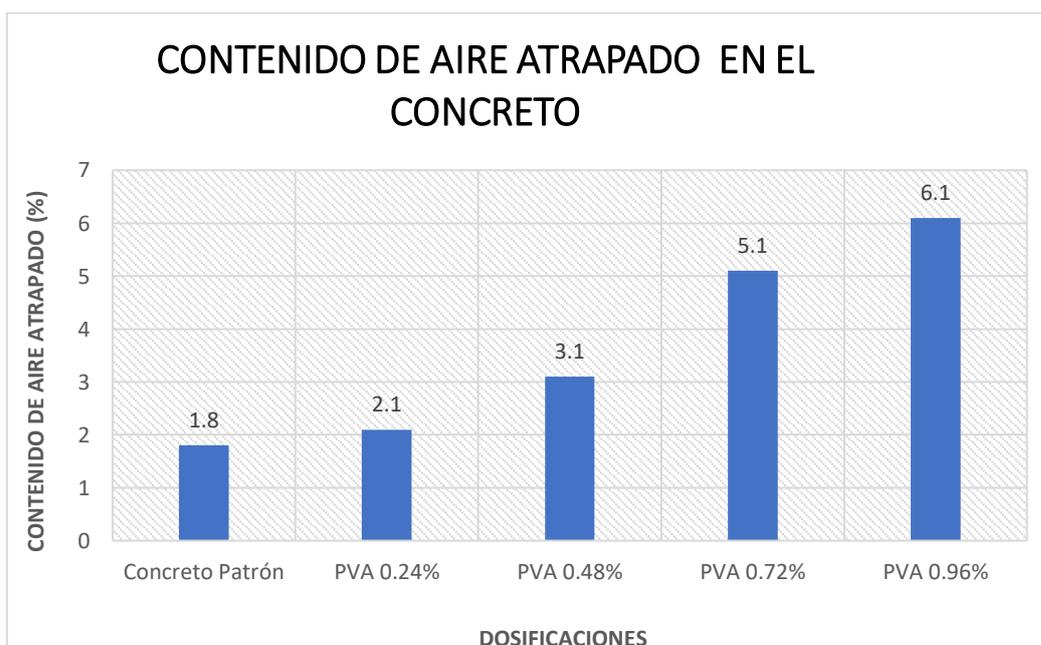


Gráfico 08: Resultados del ensayo de contenido de aire mediante la olla Washington desde el concreto patrón hasta el adicionado con PVA. Fuente: Elaboración propia.

Control de Temperatura del concreto fresco

Tras realizar el control de temperatura del concreto se pudo observar que al aumentar la dosificación de alcohol polivinílico la temperatura del concreto disminuye, empezando en 31.3 °C en el concreto patrón y terminando en 27.3°C en la dosificación de 0.96%.

DOSIFICACIÓN	TEMPERATURA (°C)
Concreto Patrón	31.3
PVA 0.24%	30.6
PVA 0.48%	29.9
PVA 0.72%	27.8
PVA 0.96%	27.3

Tabla 31: Resultados del ensayo de temperatura desde el concreto patrón hasta el adicionado con PVA. Fuente: Elaboración propia

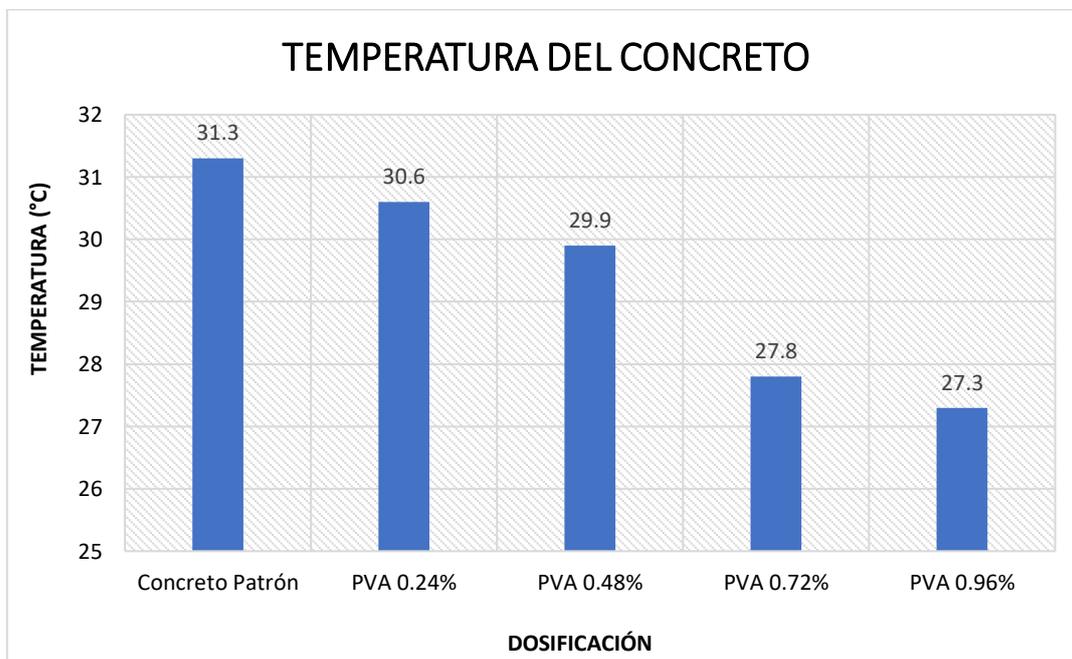


Gráfico 09: Resultados del ensayo de temperatura desde el concreto patrón hasta el adicionado con PVA. Fuente: Elaboración propia

Peso unitario del concreto

Luego de realizar el ensayo de peso unitario, el que fue realizado mediante el molde especial de la olla Washington, se comprueban los datos de contenido de aire, pues mientras mayor es la dosificación de alcohol polivinílico hay un mayor porcentaje de cantidad de aire atrapado lo que resultaría en una reducción en el peso unitario de este

tipo de mezclas, que es lo que se evidencia en la organización de los datos obtenidos del ensayo de peso unitario.

Peso del molde:	3.452	Kg
Volumen del molde:	0.00705	m ³

DOSIFICACIÓN	PESO DEL CONCRETO + PESO DEL MOLDE (Kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (Kg/m ³)
Concreto Patrón	20.35	2396.88
PVA 0.24%	20.15	2368.51
PVA 0.48%	19.9	2333.05
PVA 0.72%	19.65	2297.59
PVA 0.96%	19.1	2219.57

Tabla 32: Resultados del ensayo de peso unitario del concreto desde el concreto patrón hasta el adicionado con PVA. Fuente: Elaboración propia.

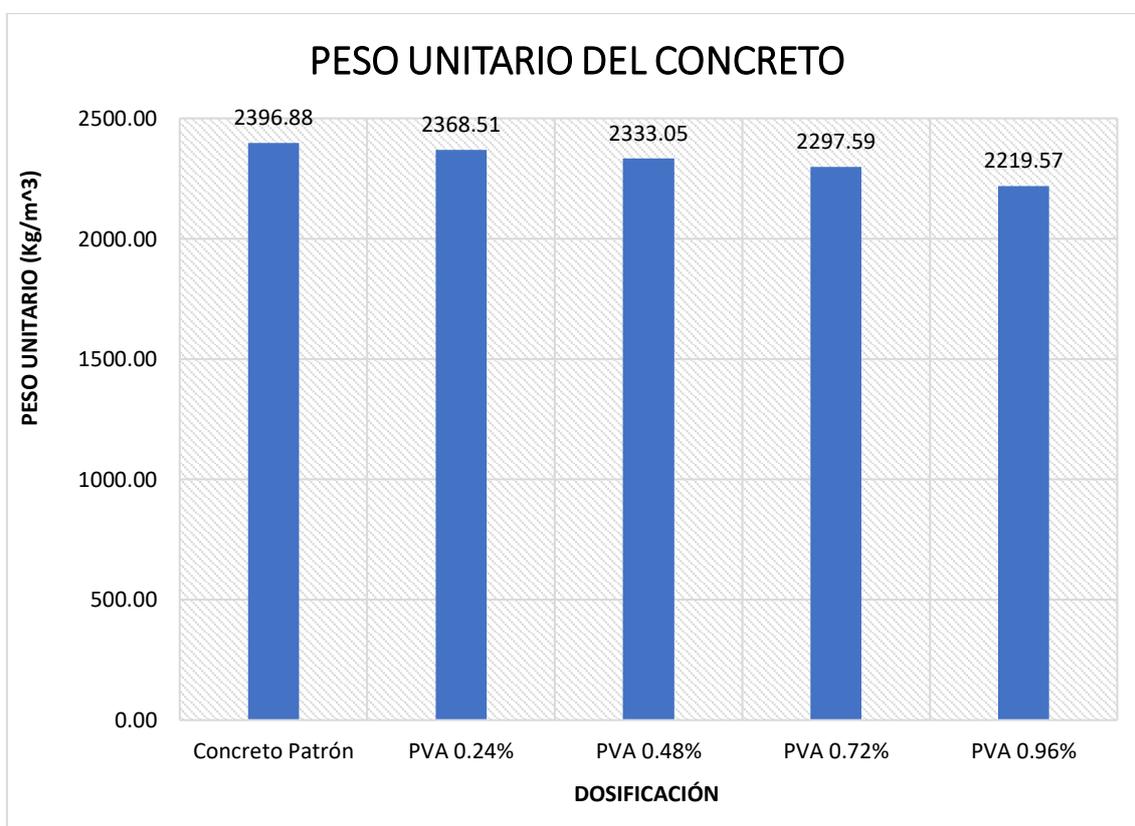


Gráfico 10: Resultados del ensayo de Peso Unitario del concreto desde el concreto patrón hasta el adicionado con PVA. Fuente: Elaboración propia

Resultados de los ensayos realizados a concreto en estado endurecido

Resistencia a la compresión del concreto

Se estableció ensayar probetas a las edades establecidas del concreto de 7, 14 y 28 días, de las cuales se obtuvo la siguiente organización de datos.

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	DIÁMETRO (cm)	CARGA (Kg)	f _c (Kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (Kg/cm ²)
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	17/04/2014	7	15.1	31,339	175	177
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	17/04/2014	7	15.1	32,055	179	
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	24/04/2021	14	15.1	36,174	202	203
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	24/04/2021	14	15.1	36,353	203	
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	08/05/2021	28	15.1	40,472	226	235
CONCRETO PATRÓN	10/04/2021	08/05/2021	28	15.1	43,516	243	
PVA 0.24%	13/04/2021	20/04/2021	7	15.1	13,252	74	98
PVA 0.24%	13/04/2021	20/04/2021	7	15.1	21,848	122	
PVA 0.24%	13/04/2021	27/04/2021	14	15.1	23,817	133	123
PVA 0.24%	13/04/2021	27/04/2021	14	15.1	20,236	113	
PVA 0.24%	13/04/2021	11/05/2021	28	15.2	32,287	177	181
PVA 0.24%	13/04/2021	11/05/2021	28	15.0	32,823	185	
PVA 0.48%	30/04/2021	07/05/2021	7	15.1	20,773	116	117
PVA 0.48%	30/04/2021	07/05/2021	7	15.1	21,131	118	
PVA 0.48%	30/04/2021	14/05/2021	14	15.1	36,532	204	183
PVA 0.48%	30/04/2021	14/05/2021	14	15.1	29,011	162	
PVA 0.48%	30/04/2021	28/05/2021	28	15.1	35,637	199	208
PVA 0.48%	30/04/2021	28/05/2021	28	15.1	38,681	216	
PVA 0.72%	23/04/2021	30/04/2021	7	15.4	20,622	111	118
PVA 0.72%	23/04/2021	30/04/2021	7	15.3	22,982	125	
PVA 0.72%	23/04/2021	07/05/2021	14	15.1	30,981	173	176
PVA 0.72%	23/04/2021	07/05/2021	14	15.1	32,055	179	
PVA 0.72%	23/04/2021	21/05/2021	28	15.1	34,920	195	200
PVA 0.72%	23/04/2021	21/05/2021	28	15.1	36,532	204	
PVA 0.96%	30/04/2021	07/05/2021	7	15.1	17,192	96	94
PVA 0.96%	30/04/2021	07/05/2021	7	15.1	16,475	92	
PVA 0.96%	30/04/2021	14/05/2021	14	15.2	21,551	119	113
PVA 0.96%	30/04/2021	14/05/2021	14	15.2	19,506	107	
PVA 0.96%	30/04/2021	28/05/2021	28	15.1	23,638	132	143
PVA 0.96%	30/04/2021	28/05/2021	28	15.1	27,399	153	
PATRÓN SIN CURAR	20/04/2021	27/04/2021	7	15.1	26,325	147	136
PATRÓN SIN CURAR	20/04/2021	27/04/2021	7	15.1	22,385	125	
PATRÓN SIN CURAR	20/04/2021	04/05/2021	14	15.1	27,757	155	149
PATRÓN SIN CURAR	20/04/2021	04/05/2021	14	15.1	25,608	143	
PATRÓN SIN CURAR	20/04/2021	18/05/2021	28	15.1	34,383	192	186.5
PATRÓN SIN CURAR	20/04/2021	18/05/2021	28	15.1	32,413	181	
PATRÓN CON ADITIVO CURADOR	23/04/2021	30/04/2021	7	15.1	30,622	171	167.5
PATRÓN CON ADITIVO CURADOR	23/04/2021	30/04/2021	7	15.1	29,369	164	
PATRÓN CON ADITIVO CURADOR	23/04/2021	07/05/2021	14	15.1	32,413	181	184
PATRÓN CON ADITIVO CURADOR	23/04/2021	07/05/2021	14	15.1	33,309	186	
PATRÓN CON ADITIVO CURADOR	23/04/2021	21/05/2021	28	15.1	37,248	208	211.5
PATRÓN CON ADITIVO CURADOR	23/04/2021	21/05/2021	28	15.1	38,502	215	

Tabla 33: Resultados del ensayo compresión del concreto para todas las dosificaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la compresión a los 7 días

7 DÍAS		
DOSIFICACIÓN	f'c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
CONCRETO PATRÓN	177.00	84.3
PVA 0.24%	98.00	46.7
PVA 0.48%	117.00	55.7
PVA 0.72%	118.00	56.2
PVA 0.96%	94.00	44.8
PATRÓN SIN CURAR	136	64.8
PATRÓN CON SIKA	167.5	79.8

Tabla 34: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días para las distintas dosificaciones.

Se pudo observar que al haberse utilizado un cemento Tipo I, el concreto patrón alcanzó resistencias altas a temprana edad, obteniendo un 84% de la resistencia final de diseño, también se puede apreciar que la adición del polímero atrasa un poco el desarrollo de la resistencia, siendo superadas inclusive por el concreto sin curar, también se puede observar que el aditivo Sika antisol obtiene muy buenos resultados en la primera semana, esto indica que a la etapa temprana de su aplicación se obtienen buenos resultados.

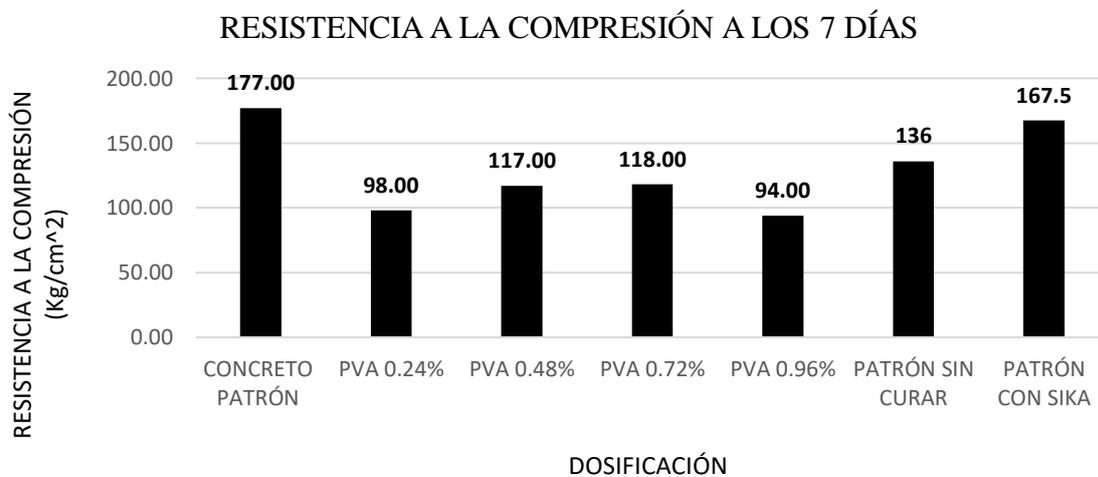


Gráfico 11: Resultados del ensayo de compresión en los primero 7 días de edad de la mezcla de concreto para todas las dosificaciones con PVA. Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión a los 14 días

14 DÍAS		
DOSIFICACIÓN	f'c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
CONCRETO PATRÓN	202.5	96.4
PVA 0.24%	123.0	58.6
PVA 0.48%	183.0	87.1
PVA 0.72%	176.0	83.8
PVA 0.96%	113.0	53.8
PATRÓN SIN CURAR	149.0	71.0
PATRÓN CON SIKA	183.5	87.4

Tabla 35: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días para las distintas dosificaciones.

A los 14 días de edad de la muestra de concreto se pudo observar que las mejores dosificaciones de alcohol polivinílico son de 0.48% y 0.72% obteniendo resultados ya casi cercanos a la resistencia de debería tener un concreto de f'c 210 kg/cm² a la edad de 14 días, también se puede observar que el concreto patrón ya casi obtiene el tope final de su resistencia de diseño, también se observa que la dosificación de 0.48% iguala en resistencia a las muestras que fueron curadas con el aditivo Sika antisol, siendo este un dato importante para la conclusión de los datos.

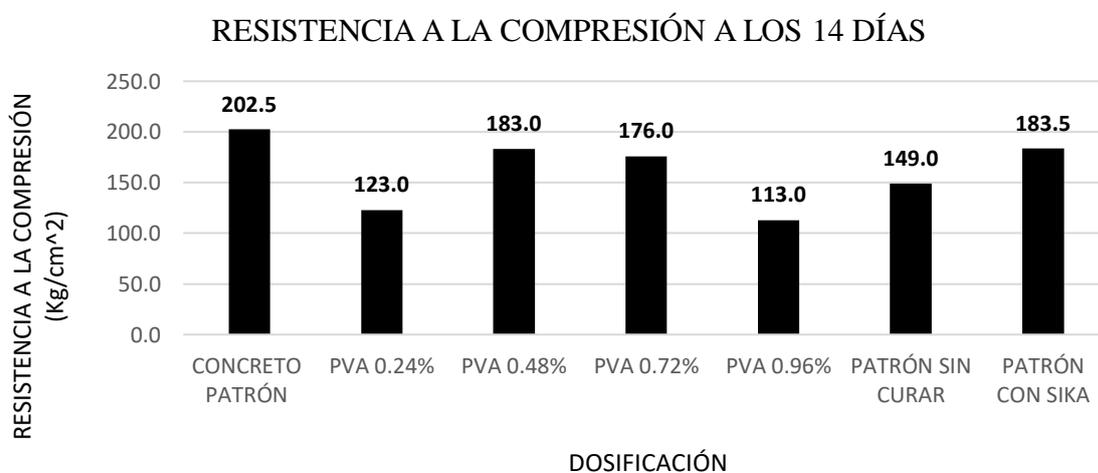


Gráfico 12: Resultados del ensayo de compresión en los primero 14 días de edad de la mezcla de concreto para todas las dosificaciones con PVA. Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la compresión a los 28 días

28 DÍAS		
DOSIFICACIÓN	f'c (Kg/cm ²)	PORCENTAJE DEL f'c DE DISEÑO (%)
CONCRETO PATRÓN	234.5	111.7
PVA 0.24%	181.0	86.2
PVA 0.48%	207.5	98.8
PVA 0.72%	199.5	95.0
PVA 0.96%	142.5	67.9
PATRÓN SIN CURAR	186.5	88.8
PATRÓN CON SIKA	211.5	100.7

Tabla 36: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días para las distintas dosificaciones.

A la edad de 28 días se obtienen los resultados definitivos de la resistencia a compresión pues según el diseño planteado a esta edad se debió de alcanzar la resistencia de diseño, se observo que la dosificación que obtuvo el mejor resultado fue 0.48% de adición de alcohol polivinílico, pero lamentablemente solo alcanzo el 98.8% de la resistencia de diseño, en su comparación la mezcla con aditivo Sika antisol si alcanzo la resistencia de diseño, con un porcentaje de 100.7% la resistencia de diseño, también como se puede observar la mezcla que no es curada, en este caso alcanzó el 88% de la resistencia y un 80% de la resistencia que se obtuvo con la mezcla patrón confirmando que la resistencia se ve mermada en un 20% cuando no se cura a el concreto.

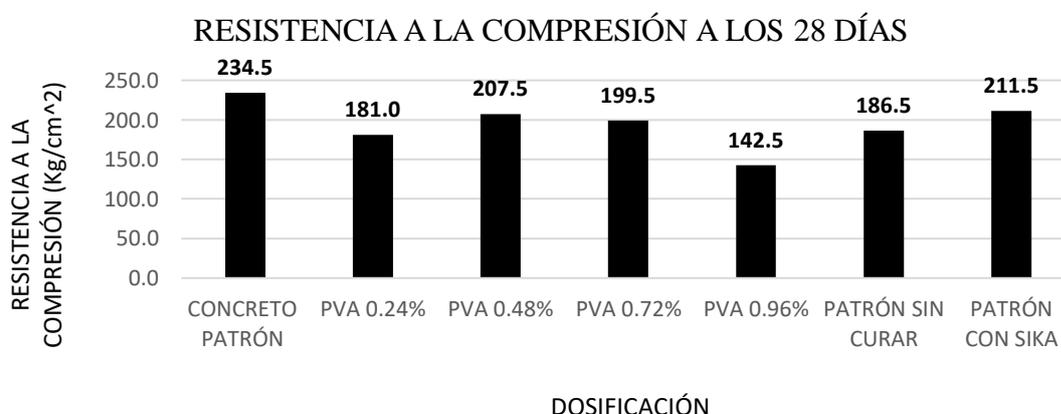


Gráfico 13: Resultados del ensayo de compresión en los primero 14 días de edad de la mezcla de concreto para todas las dosificaciones con PVA. Fuente: Elaboración propia

Desarrollo de la resistencia a la compresión de las distintas dosificaciones

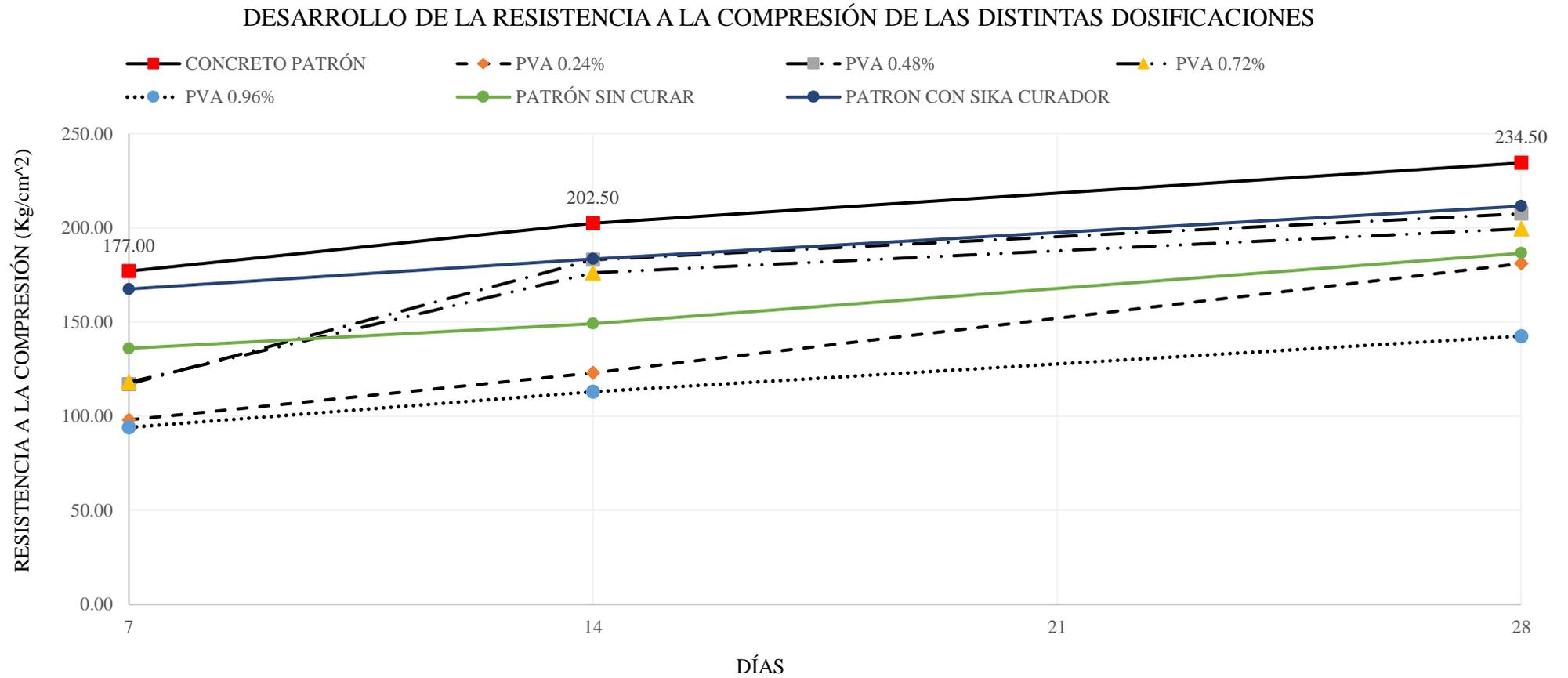


Gráfico 14: Resumen y gráfico comparativo de las diferentes resistencias a compresión de todas las dosificaciones y tipos de curado de concreto.

Resultados de ensayo de Permeabilidad según la norma UNE-EN12390-8

IDENTIFICACIÓN	PENETRACIÓN MÁXIMA (mm)						PROMEDIO
	PROBETA 1		PROBETA 2		PROBETA 3		
	CARA A	CARA B	CARA A	CARA B	CARA A	CARA B	
CONCRETO PATRÓN	21.08	17.89	23.5	21.98	20.7	21.81	21.16
CON. PAT. SIN CURADO	38.45	35.37	32.79	32.6	30.31	38.46	34.66
CON. PAT. SIKA ANTISOL	34.28	42.9	33.8	38.83	33.95	39.79	37.26
PVA 0.24%	38.53	40.32	36.59	40.1	39.4	42.49	39.57
PVA 0.48%	38.45	37.48	48.83	43.07	33.1	41.51	40.41
PVA 0.72%	60.01	53.34	61.12	65.62	39.15	39.15	53.07
PVA 0.96%	124.8	130.94	109.39	104.55	106.52	108.56	114.13

Tabla 37: Resultados obtenidos de la penetración con agua a una presión constante de 500kpa según la norma UNE-EN12390-8.

IDENTIFICACIÓN	TIEMPO DE ENSAYO	FECHA DE ENSAYO
CONCRETO PATRÓN	72 Hrs.	17/05/2021
CON. PAT. SIN CURADO	24 Hrs.	20/05/2021
CON. PAT. SIKA ANTISOL	14 Hrs.	21/05/2021
PVA 0.24%	10 Hrs.	22/05/2021
PVA 0.48%	6 Hrs.	22/05/2021
PVA 0.72%	3 Hrs.	23/05/2021
PVA 0.96%	0.4 Hrs.	23/05/2021

Tabla 38: Duración de los ensayos por dosificación.

Luego del análisis de los resultados se puede observar que mientras mayor dosificación de aditivo existe una mayor permeabilidad del concreto afectando en gran proporción a su durabilidad, se observo que para la máxima dosificación la permeabilidad era evidente incluso al tacto, generando de esta manera que el ensayo solo tuviera una duración de aproximadamente 25 minutos.

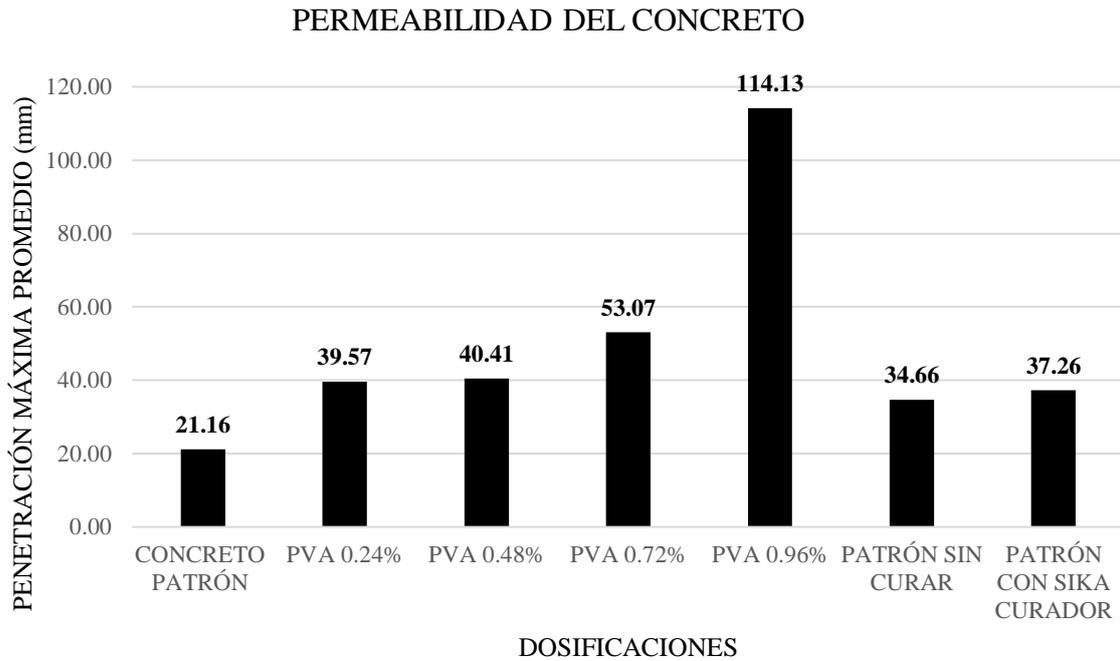
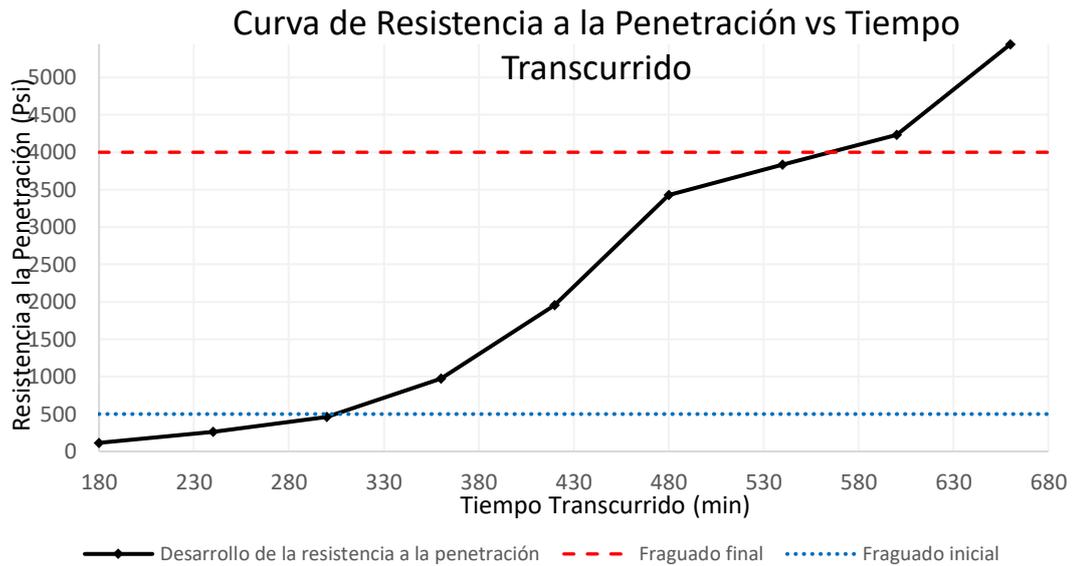


Gráfico 15: Resumen y gráfico comparativo de las diferentes permeabilidades de todas las dosificaciones y tipos de curado de concreto.

Resultados de ensayo tiempo de fraguado

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
18:00	03:00	180	645	1	115	115
19:00	04:00	240	323	1/2	130	260
20:00	05:00	300	161	1/4	115	461
21:00	06:00	360	65	1/10	98	973
22:00	07:00	420	32	1/20	97	1956
23:00	08:00	480	16	1/40	85	3427
00:00	09:00	540	16	1/40	95	3831
01:00	10:00	600	16	1/40	105	4234
02:00	11:00	660	16	1/40	135	5444

Tabla 39: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto patrón.



Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 05:04 Horas

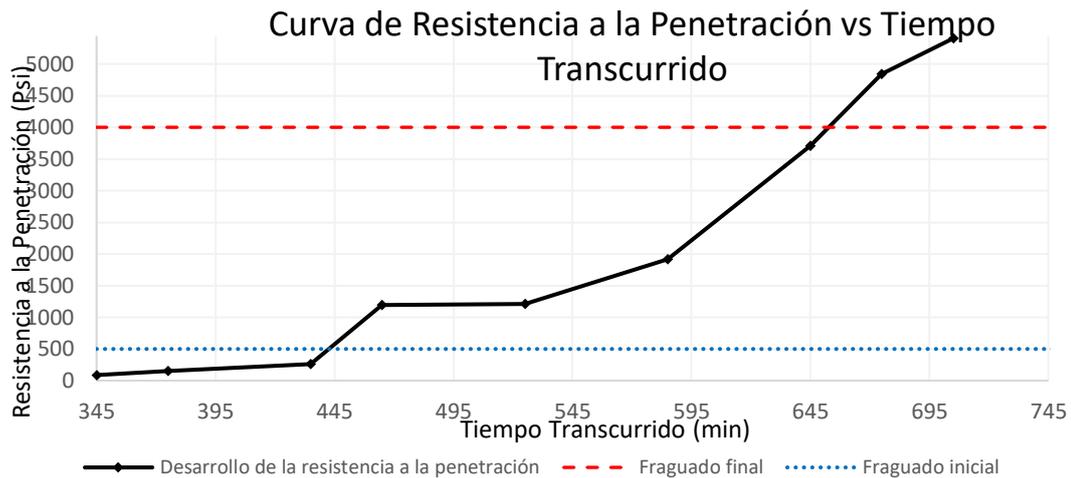
Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 09:25 Horas

Grafico 16: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto patrón.

Concreto + 0.24% PVA

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:45	345	645	1	88	88
21:30	06:15	375	323	1/2	78	156
22:30	07:15	435	323	1/2	132	264
23:00	07:45	465	65	1/10	120	1191
00:00	08:45	525	32	1/20	60	1210
01:00	09:45	585	32	1/20	95	1915
02:00	10:45	645	16	1/40	92	3710
02:30	11:15	675	16	1/40	120	4839
03:00	11:45	705	16	1/40	134	5403

Tabla 40: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto + 0.24% PVA.



Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 07:22 Horas

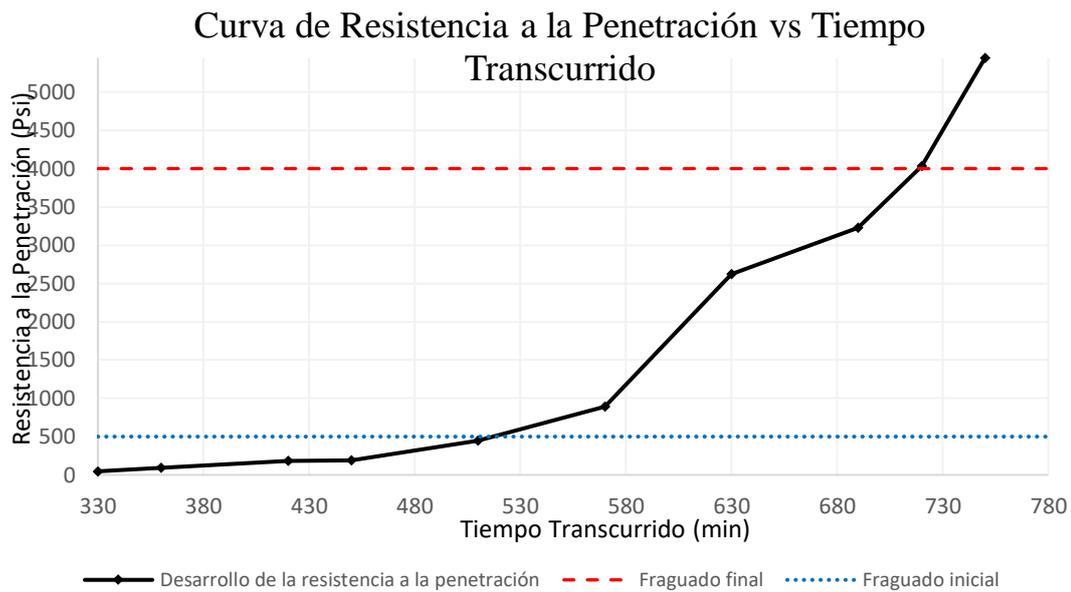
Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 10:52 Horas

Gráfico 17: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto + 0.24%PVA.

Concreto + 0.48% PVA

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:30	330	645	1	47	47
21:30	06:00	360	323	1/2	46	92
22:30	07:00	420	323	1/2	92	184
23:00	07:30	450	323	1/2	95	190
00:00	08:30	510	161	1/4	111	445
01:00	09:30	570	65	1/10	90	893
02:00	10:30	630	32	1/20	130	2621
03:00	11:30	690	16	1/40	80	3226
03:30	12:00	720	16	1/40	100	4032
04:00	12:30	750	16	1/40	135	5444

Tabla 41: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto + 0.48% de PVA.



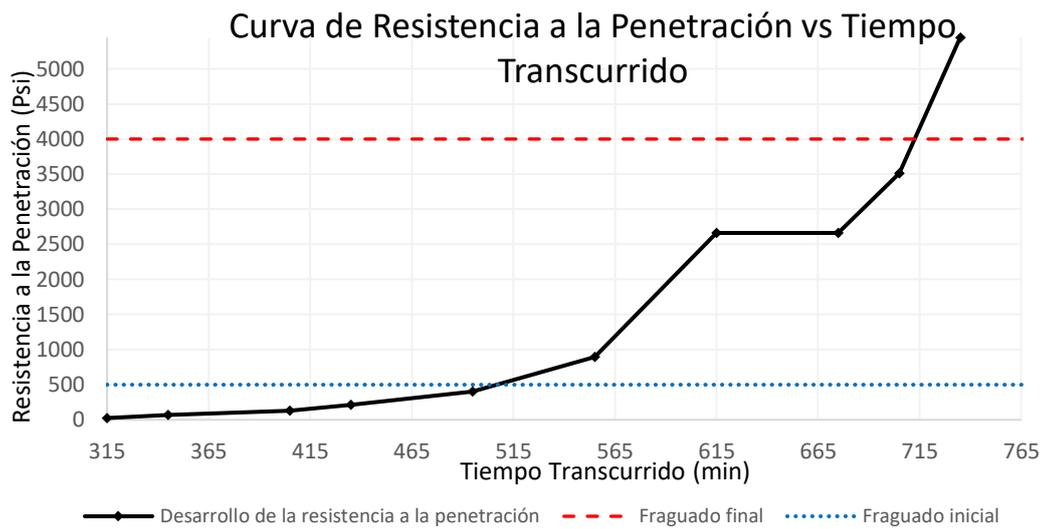
Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 07:32 Horas
Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 11:58 Horas

Gráfico 18: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto + 0.48% PVA.

Concreto + 0.72% PVA

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:15	315	645	1	25	25
21:30	05:45	345	323	1/2	33	66
22:30	06:45	405	323	1/2	65	130
23:00	07:15	435	323	1/2	105	210
00:00	08:15	495	161	1/4	100	401
01:00	09:15	555	65	1/10	90	893
02:00	10:15	615	32	1/20	132	2661
03:00	11:15	675	16	1/40	66	2661
03:30	11:45	705	16	1/40	87	3508
04:00	12:15	735	16	1/40	135	5444

Tabla 42: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto + 0.72% de PVA.



Tiempo Fraguado Inicial 500 PSI: 08:27 Horas
Tiempo Fraguado Final 4000 PSI: 11:55 Horas

Gráfico 19: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto + 0.72%PVA.

Concreto + 0.96% PVA

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido		Área (mm ²)	Área (Pulg ²)	Fuerza (Libras)	Resistencia a la penetración (PSI)
	Horas	Minutos				
21:00	05:00	300	645	1	32	32
21:30	05:30	330	323	1/2	34	68
22:30	06:30	390	323	1/2	55	110
23:00	07:00	420	323	1/2	85	170
00:00	08:00	480	161	1/4	130	521
01:00	09:00	540	65	1/10	120	1191
02:00	10:00	600	16	1/40	89	3589
03:00	11:00	660	16	1/40	105	4234
03:30	11:30	690	16	1/40	135	5444

Tabla 43: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto + 0.96% de PVA.

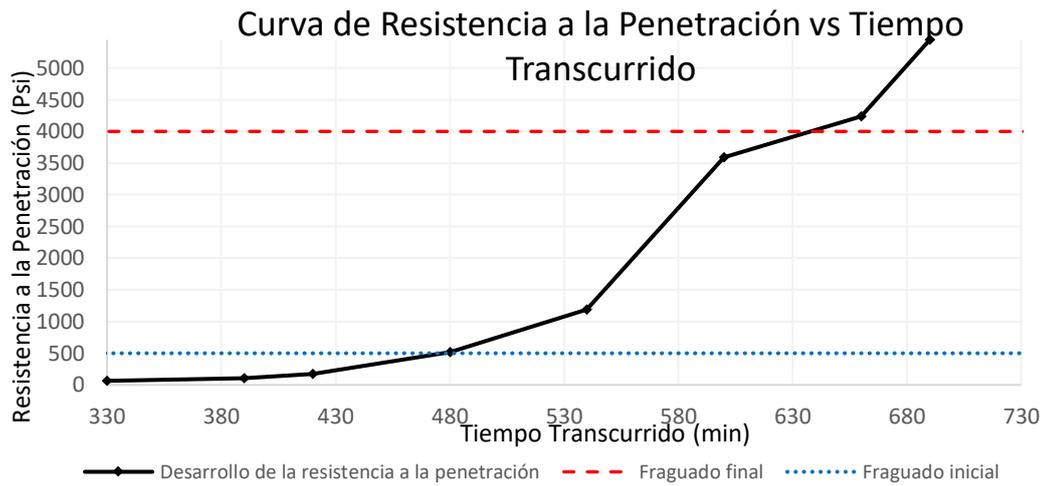


Gráfico 20: Resultado de los ensayos para tiempo de fraguado del concreto + 0.96%PVA.

Se puede concluir que al aumentar la dosificación de PVA, el tiempo de fraguado aumenta como máximo en aproximadamente 2 horas en el caso de la dosificación de 0.72%.

Resultados de ensayo a flexión de concreto

Longitud de la luz= 54 cm

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	CARGA (Kg)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	MÓDULO DE ROTURA (Kg/cm ²)	
CONCRETO PATRÓN	19/04/2021	17/05/2021	28	2714	15.9	15.3	39.4	39.3
CONCRETO PATRÓN	19/04/2021	17/05/2021	28	2586	15.2	15.3	39.2	
PVA 0.24%	19/04/2021	17/05/2021	28	1652	15.4	15.9	22.9	24.1
PVA 0.24%	19/04/2021	17/05/2021	28	1675	15.5	15.2	25.3	
PVA 0.48%	19/04/2021	17/05/2021	28	2323	15.1	15.6	34.1	33.0
PVA 0.48%	19/04/2021	17/05/2021	28	2143	15.1	15.5	31.9	
PVA 0.72%	19/04/2021	17/05/2021	28	1858	15.1	15.9	26.3	26.9
PVA 0.72%	19/04/2021	17/05/2021	28	1854	15.1	15.5	27.6	
PVA 0.96%	19/04/2021	17/05/2021	28	2173	15.1	16	30.4	29.0
PVA 0.96%	19/04/2021	17/05/2021	28	1926	15.1	15.8	27.6	
PATRÓN SIN CURAR	19/04/2021	17/05/2021	28	2107	15.1	15.4	31.8	34.2
PATRÓN SIN CURAR	19/04/2021	17/05/2021	28	2396	15.1	15.3	36.6	
PATRÓN CON SIKA CURADOR	19/04/2021	17/05/2021	28	2461	15.1	15.9	34.8	34.0
PATRÓN CON SIKA CURADOR	19/04/2021	17/05/2021	28	2351	15.1	15.9	33.3	

Tabla 44: Resultado de los ensayos de flexión del concreto.

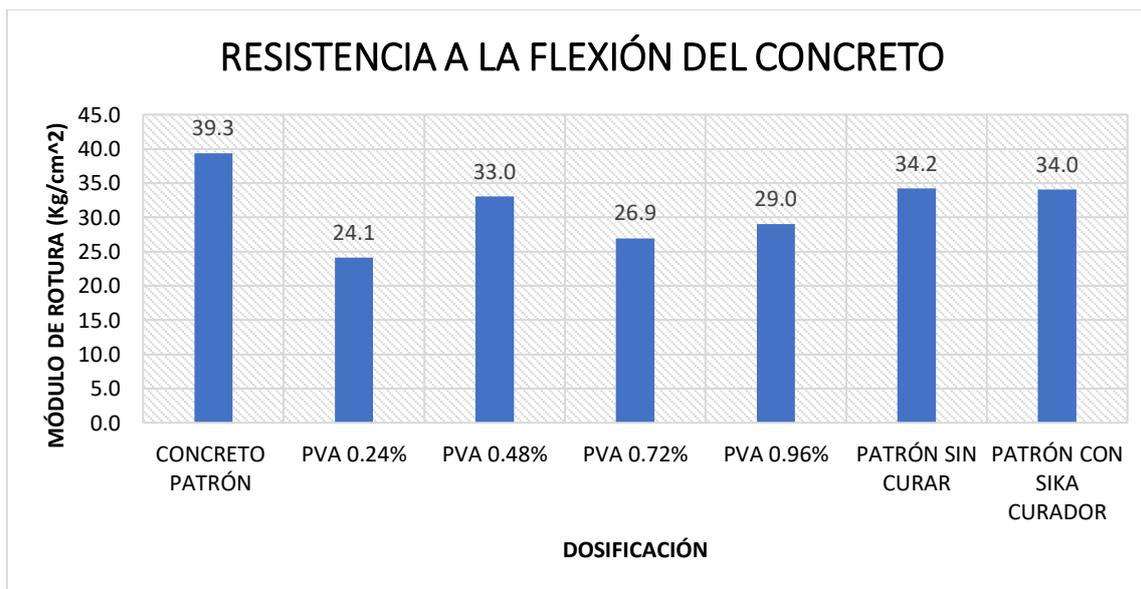


Gráfico 21: Resultado de los ensayos a flexión de concreto.

Se observó que el mejor resultado de la adición de alcohol polivinílico fue una vez más 0.48% demostrando que esta es la mejor adición de alcohol polivinílico para el concreto, logrando un efecto de autocurado pero teniendo un mayor contenido de aire y permeabilidad que el concreto patrón.

Control de pérdida de humedad a lo largo de la vida de los especímenes de concreto

Descripción	Edad	Peso (kg)	Δ Peso(Agua evaporada)	Δ Peso(Agua evaporada)	Descripción	Edad	Peso
Concreto + 0.96%PVA	28 días	11.30	0.53	0.48	Concreto + 0.96%PVA	1 días	11.83
	28 días	11.51	0.43			1 días	11.94
Concreto + 0.72%PVA	28 días	11.68	0.23	0.21	Concreto + 0.72%PVA	1 días	11.91
	28 días	12.24	0.19			1 días	12.43
Concreto + 0.24%PVA	28 días	11.74	0.35	0.35	Concreto + 0.24%PVA	1 días	12.09
	28 días	11.84	0.35			1 días	12.19
Concreto + 0.48%PVA	28 días	12.00	0.21	0.23	Concreto + 0.48%PVA	1 días	12.21
	28 días	12.16	0.25			1 días	12.41
Concreto Patrón sin curado	28 días	11.90	0.34	0.38	Concreto Patrón sin curado	1 días	12.24
	28 días	11.96	0.42			1 días	12.38
Concreto Patrón	28 días	12.54	0.18	0.22	Concreto Patrón	1 días	12.72
	28 días	12.44	0.25			1 días	12.69
Concreto Patrón con Sika Antisol	28 días	12.22	0.30	0.24	Concreto Patrón con Sika Antisol	1 días	12.51
	28 días	12.19	0.18			1 días	12.37

Tabla 45: Datos obtenidos luego del seguimiento de pérdida de peso a lo largo de la vida del espécimen de concreto.

Se puede apreciar que la dosificación que mejor se comporta en la pérdida de humedad a lo largo del tiempo, a pesar de estar a la intemperie, lo cual demuestra un correcto autocurado fue la concentración de 0.48% de PVA, pues tuvo pérdidas de peso parecidas a las del concreto patrón e inclusive un mejor desempeño en la retención de humedad que la mezcla con aditivo Sika Antisol, se puede observar también que la dosificación que más humedad pierde en el proceso de curado fue la de 0.96% de PVA pues esta tuvo una pérdida de agua de hasta casi medio litro de agua importante para la mezcla.

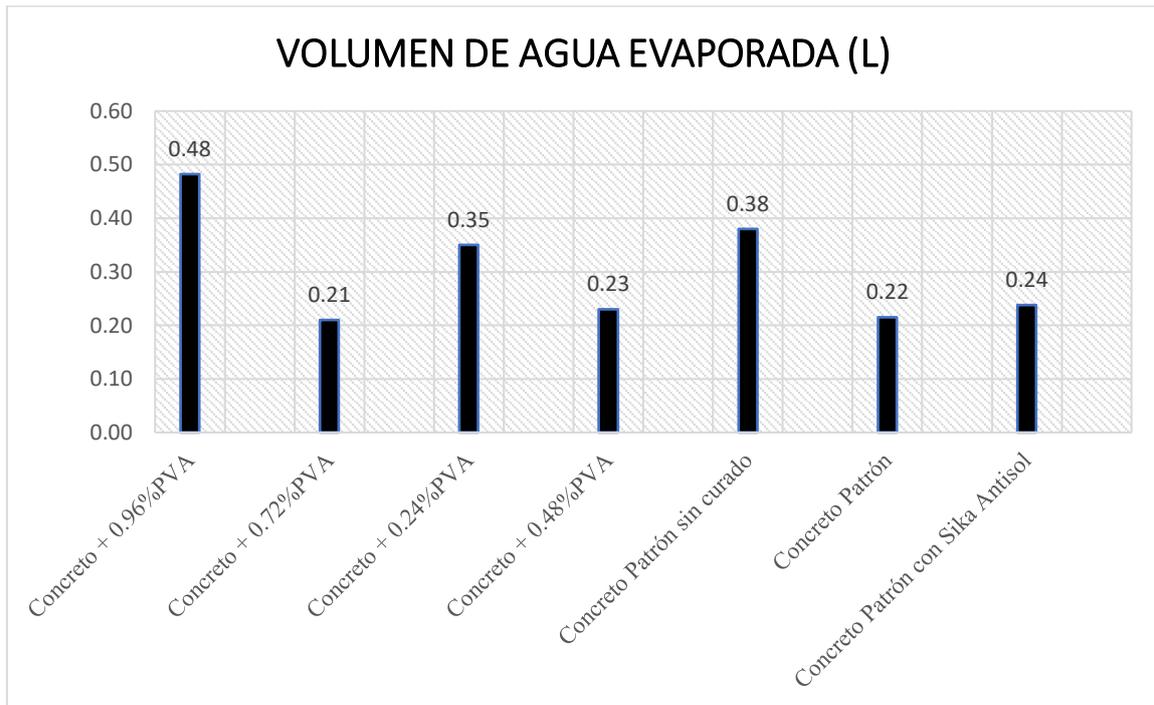


Gráfico 22: Perdidas de humedad promedio en litros para cada una de las dosificaciones a lo largo de la vida del espécimen de concreto.

Análisis económico

A continuación se realizará un análisis económico mediante costos unitarios para determinar la diferencia de costos entre un concreto con curado tradicional, un concreto con curado mediante aditivo y un concreto con la dosificación de 0.48% de PVA, la cual demostró tener el mejor comportamiento en los ensayos de laboratorio, la estructura a realizar la presente demostración será una losa maciza de 10m2 y de 20cm de espesor, la cual no tiene contacto con el suelo, por lo tanto la porosidad agregada que da el uso del alcohol polivinílico no será un problema de vital importancia.

Análisis de costo de unitario Concreto con curado tradicional

Partida: CONCRETO F'c=210 kg/cm2 PARA LOSA Maciza					
Rendimiento:		20	m3/dia		
Jornada:		8	Hrs		
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites					
Los precios no incluyen IGV				TOTAL=	342.26
Descripcion	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					86.89
<i>Operario</i>	hh	1	0.400	23.46	9.38
<i>Operador de equipo mediano</i>	hh	1	0.400	22.39	8.96
<i>Oficial</i>	hh	2	0.800	18.56	14.85
<i>Peón</i>	hh	8	3.200	16.78	53.7
Materiales					239.54
<i>Cemento portland Tipo MS</i>	Bls		9.200	19.49	179.32
<i>Arena gruesa</i>	m3		0.460	40.68	18.70
<i>Piedra chancada</i>	m3		0.681	59.32	40.41
<i>Agua</i>	m3		0.223	5.00	1.12
Herramientas y equipos					15.83
<i>Desgaste de Herramientas</i>	%MO		3.000	86.89	2.61
<i>mezcladora de 11p3</i>	hm	1	0.400	20.34	8.14
<i>Vibrador de 2" 4HP</i>	hm	1	0.400	12.71	5.08

Tabla 45: Costo unitario de el m3 de concreto f'c 210 kg/cm2 para una losa maciza.

Partida: CURADO DE CONCRETO					
Rendimiento:	200	m2/dia			
Jornada:	8	Hrs			
Los precios no incluyen IG					TOTAL= 1.63
Descripcion	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					1.34
Peón	hh	2	0.080	16.78	1.34
Materiales					0.25
Agua	m3		0.050	5.00	0.25
Herramientas y equipos					0.04
Desgaste de Herramientas	%MO		3.000	1.34	0.04

Tabla 46: Costo unitario de el m2 de curado de concreto de manera tradicional para una loza maciza.

El costo total de la estructura mediante un curado tradicional en 4 oportunidades es de 749.72 soles.

Análisis de costo de unitario Concreto con curado mediante Sika antisol

Partida: CONCRETO F'c=210 kg/cm2 PARA LOSA Maciza					
Rendimiento:	20	m3/dia			
Jornada:	8	Hrs			
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites					
Los precios no incluyen IG					TOTAL= 342.26
Descripcion	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					86.89
Operario	hh	1	0.400	23.46	9.38
Operador de equipo mediano	hh	1	0.400	22.39	8.96
Oficial	hh	2	0.800	18.56	14.85
Peón	hh	8	3.200	16.78	53.7
Materiales					239.54
Cemento portland Tipo MS	Bls		9.200	19.49	179.32
Arena gruesa	m3		0.460	40.68	18.70
Piedra chancada	m3		0.681	59.32	40.41
Agua	m3		0.223	5.00	1.12
Herramientas y equipos					15.83
Desgaste de Herramientas	%MO		3.000	86.89	2.61
mezcladora de 11p3	hm	1	0.400	20.34	8.14
Vibrador de 2" 4HP	hm	1	0.400	12.71	5.08

Tabla 47: Costo unitario de el m3 de concreto f'c 210 kg/cm2 para una loza maciza.

Partida: CURADO DE CONCRETO CON SIKA ANTISOL					
Rendimiento:		150	m2/dia		
Jornada:		8	Hrs		
Los precios no incluyen IGV				TOTAL=	5.18
Descripcion	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					0.89
Peón	hh	1	0.053	16.78	0.89
Materiales					4.19
SIKA ANTISOL	gal		0.120	34.90	4.19
Herramientas y equipos					0.10
<i>Desgaste de</i>					
Herramientas	%MO		3.000	0.89	0.03
Mochila pulverizadora	und		0.001	70.00	0.07

Tabla 48: Costo unitario de el m2 de curado con aditivo Sika Antisol.

El costo total de la estructura mediante un curado con aditivo Sika Antisol en 1 sola aplicación es de 736.32 soles.

Análisis de costo de unitario Concreto + 0.48% de PVA

Partida: CONCRETO F'c=210 kg/cm2 PARA LOSA Maciza CON 0.48%PVA					
Rendimiento:		20	m3/dia		
Jornada:		8	Hrs		
Mezcladora 11p3 incluye P.U gasolina y aceites					
Los precios no incluyen IGV				TOTAL=	366.58
Descripcion	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de obra					86.89
Operario	hh	1	0.400	23.46	9.38
Operador de equipo mediano	hh	1	0.400	22.39	8.96
Oficial	hh	2	0.800	18.56	14.85
Peón	hh	8	3.200	16.78	53.7
Materiales					263.86
Cemento portland Tipo MS	Bls		9.200	19.49	179.32
Arena gruesa	m3		0.460	40.68	18.70
Piedra chancada	m3		0.681	59.32	40.41
Agua	m3		0.223	5.00	1.12
Alcohol Polivinílico incluye mezclado	kg		1.900	12.80	24.32
Herramientas y equipos					15.83
<i>Desgaste de Herramientas</i>					
mezcladora de 11p3	hm	1	0.400	20.34	8.14
Vibrador de 2" 4HP	hm	1	0.400	12.71	5.08

Tabla 47: Costo unitario de el m3 de concreto f'c 210 kg/cm2 con dosificación de 0.48% de PVA para una loza maciza.

El costo total de la estructura mediante un proceso de autocurado por medio de Alcohol polivinílico al 0.48% del peso del cemento es de 733.16 soles. Sin embargo como sabemos según los ensayos no se logra al 100% la resistencia de diseño.



Gráfico 22: Resumen de costos para ejecución de una loza maciza de 10m2 con 20cm de espesor.

Análisis de ahorro de recurso hídrico

Al comparar los costos unitarios de concreto con curado tradicional y concreto con dosificación de 0.48% de PVA como agente autocurante podemos ver la cantidad usada a lo largo del proceso, se puede observar que al curar la estructura en 4 oportunidades con el proceso tradicional se usan 2 m3 de agua, en comparación de la mezcla con autocurado en la cual se usan 0 litros de agua, en resumen el ahorro de agua por metro cuadrado de curado es de 200 litros a lo largo de la vida de la estructura.

Obtención del módulo de elasticidad teórico

Para obtener el módulo de elasticidad teórico se usa la fórmula estipulada en el ACI 318-2014 en la cual indica que la fórmula usada debe ser $15000 * \sqrt{f'c}$ esto para las unidades de kg/cm², a continuación compararemos los módulos de elasticidad obtenidos para el concreto Patrón, concreto con aditivo Sika Antisol y concreto con adición de 0.48% de PVA.

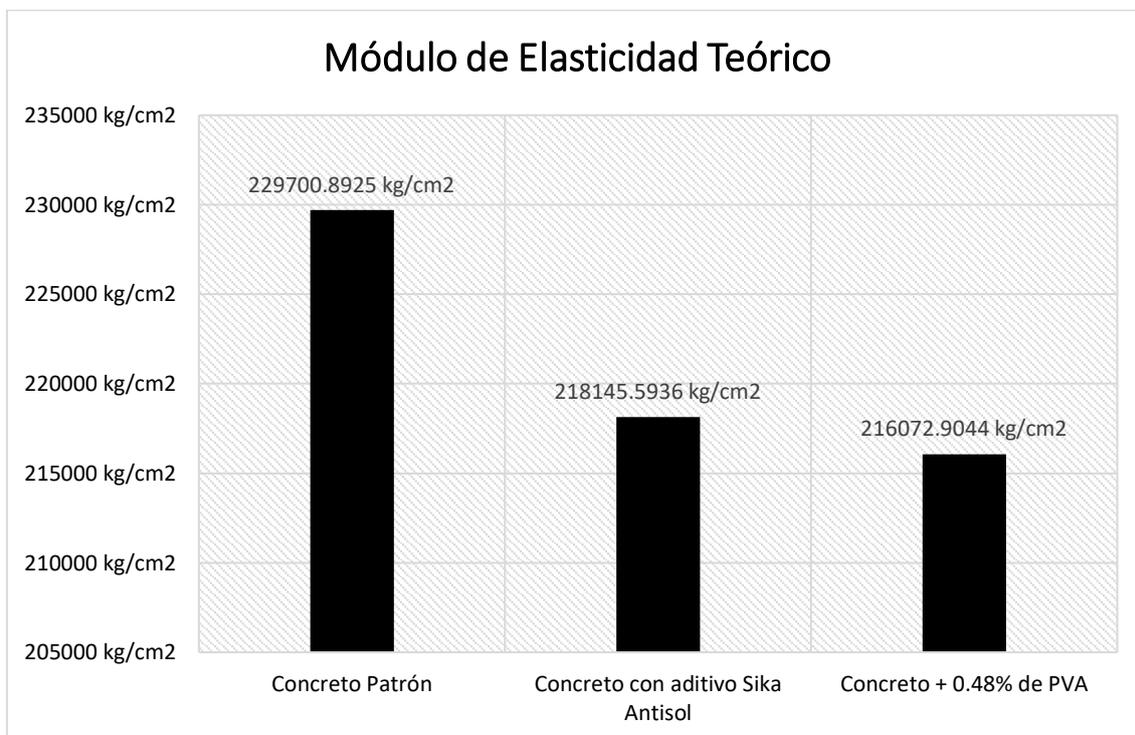


Gráfico 23: Módulos de elasticidad teóricos para las distintas mezclas.

Conclusiones

- En este proyecto de investigación se determinó una relación existente entre la cantidad de aditivo en la mezcla y el asentamiento de esta pues a mayores porcentajes de alcohol polivinílico añadidos a la mezcla el asentamiento aumentaba hasta un 84% para la dosificación 0.96% con respecto al asentamiento obtenido para el concreto patrón.

-En este proyecto de investigación se determinó una relación existente entre la cantidad de aditivo en la mezcla y volumen exudado pues se encontró una tendencia ascendente al aumentar la dosificación de Alcohol polivinílico, no obstante, esta tendencia ascendente se ve afectada por la dosificación de 0.24% de alcohol polivinílico pues esta mezcla obtuvo una exudación de 2.3ml la cual fue menor a la que presentó el concreto patrón la cual fue 4ml, el máximo volumen exudado fue de 10ml para la dosificación de 0.96%.

- En este proyecto de investigación se determinó una relación existente entre la cantidad de aditivo en la mezcla y el porcentaje del aire atrapado pues al aumentar el porcentaje de aditivo en la mezcla se presencié un aumento considerable en el porcentaje de aire atrapado, la mezcla con la dosificación PVA 0.96% obtuvo un 6.10% de contenido de aire frente al 1.80% del concreto patrón lo que es un 338.80% más y frente al contenido de aire teórico (2%) un 300% más, la mezcla con dosificación al 0.48% de PVA la cual obtuvo los mejores resultados entorno a propiedades mecánicas tuvo un contenido de aire de 3.1%, un 55% más de la cantidad teórica de aire atrapado (2%).

- En este proyecto de investigación se determinó una relación existente entre la cantidad de aditivo en la mezcla y la temperatura del concreto fresco pues al aumentar el porcentaje de aditivo la temperatura del concreto de la mezcla disminuía, esto se debe a la reacción exotérmica (disipación de temperatura) de la hidratación de las moléculas de oxígeno presente en el alcohol polivinílico, se debe tener en cuenta que al usar un cemento Portland tipo I, se tienen altos calores de hidratación, por lo tanto la adición del PVA puede en alguna medida disminuir el efecto negativo que el calor de hidratación trae para una mezcla de concreto fresca, para una dosificación de 0.96% de PVA se obtuvo la temperatura mínima la cual fue de 27.3°C.

-En este proyecto de investigación se determinó la resistencia a compresión de probetas cilíndricas elaboradas con un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con dosificaciones de alcohol polivinílico al 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento para las

edades de 7, 14, 28; esta última la edad de la resistencia de diseño, el concreto patrón alcanzó un 102% de la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días, la mejor dosificación de alcohol polivinílico fue la adición de 0.48% en el peso del cemento, pues esta obtuvo el mejor resultado entre todas las adiciones, la cual alcanzó una resistencia de 207.5 kg/cm² lo cual involucra un 98.80% de la resistencia de diseño, el curado con aditivo Sika antisol obtuvo una resistencia de 211.5 kg/cm² alcanzando el 100.70% de la resistencia a la compresión de diseño, superando por muy poco al autocurado de concreto mediante alcohol polivinílico, se evidenció que la falta del curado en una mezcla de concreto logra una deficiencia del 80% en la obtención de la resistencia a la compresión que la mezcla bien curada podría obtener, el resultado más bajo se obtuvo para la dosificación de 0.96% de PVA la cual logró una resistencia de 142.5 kg/cm² esto debido a la gran cantidad de poros y aire dentro de la probeta, pues el espécimen era mucho más ligero que todas las demás dosificaciones.

-En este proyecto de investigación se determinó el grado de permeabilidad del concreto a la edad de 28 días para el concreto de la mezcla patrón y para el concreto de las mezclas elaboradas con dosificaciones de alcohol polivinílico al 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento, de los resultados obtenidos se concluye que el grado de permeabilidad de concreto aumenta cuando elevamos los porcentajes de adición de alcohol polivinílico a la mezcla y que la mejor dosificación con PVA fue 0.24% de PVA con una penetración de 37.26mm seguido por la mejor dosificación en propiedades mecánicas 0.48% la cual obtuvo una penetración a agua a una presión de 500kpa de 40.41mm frente a una penetración obtenida para el concreto patrón de 21.16mm. estos resultados son de vital importancia, pues nos indican que al aumentar la dosificación de PVA, la mezcla tiene una menor durabilidad y menor capacidad de la protección de la armadura de acero a ambientes exteriores, por lo tanto no es recomendable usarlo en estructuras apegadas al suelo o que contengan alguna armadura de acero.

-En este proyecto de investigación se determinaron los tiempos de fraguado iniciales para la mezcla patrón y para las mezclas elaboradas con dosificaciones de Alcohol polivinílico; la mezcla patrón alcanzó su tiempo de fraguado final a las 09:25 horas, la mezcla con 0.24% de PVA alcanzó su fraguado final a las 10:52 horas, la mezcla con 0.48% de PVA alcanzó su fraguado final a las 11:58 horas, la mezcla con 0.72% de PVA alcanzó su fraguado final a las 11:35 horas y la mezcla con 0.96% de PVA alcanzó su fraguado final a las 10:40 horas; se concluye que la adición de Alcohol polivinílico aumenta el tiempo de fraguado de la una mezcla de concreto en su mejor dosificación

hasta en un 20% más.

-En este proyecto de investigación se determinó la resistencia a la flexión de probetas prismáticas elaboradas con un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con dosificaciones de alcohol polivinílico al 0.24%, 0.48%, 0.72% y 0.96% del peso del cemento para la edad 28 días donde se encontró que al aumentar la dosificación de alcohol polivinílico se obtienen valores más bajos de resistencia a la flexión, la mejor dosificación fue de 0.48% de PVA, pues alcanzó un módulo de rotura de 33 kg/cm² siendo superado por muy poco por el concreto curado con aditivo antisol con el valor de 34 kg/cm², el concreto patrón alcanzó un módulo de rotura muy superior teniendo un valor de 39.3 kg/cm², sorpresivamente la resistencia a la flexión de la mezcla sin ningún tipo de curado alcanzó un módulo de rotura de 34.1 kg/cm² superando a todas las mezclas con adición he incluso a la que fue curada con aditivo Sika antisol. La mejor dosificación con alcohol polivinílico fue 0.48% pues alcanzó un 84% de la resistencia que obtuvo la mezcla patrón.

-En este proyecto de investigación se pudo evidenciar el impacto económico que tiene el uso de alcohol polivinílico para reemplazar el curado en las estructuras de concreto, pues se llevó a cabo una evaluación económica entorno a la construcción de una losa maciza de 10m² con 20cm de espesor, se escogió esta estructura puesto que reúne las características para la aplicación de las mezclas con alcohol polivinílico, pues están alejadas del suelo, no están a la intemperie, por lo tanto no se tendrán problemas con la relativa porosidad que presenta la mezcla, la aplicación de esta mezcla se basó principalmente en su poder de autocurado, en la cual fue comparado con el precio de la ejecución de esta pequeña obra con el curado tradicional y concreto patrón, así como también con un concreto patrón curado con aditivo Sika antisol, obteniendo que el uso de alcohol polivinílico y su característica de autocurado resulta mucho más económico que la aplicación de cualquier otro método de curado pues presenta un precio de ejecución de la estructura de 733.16 soles, frente a un curado tradicional el cual estaría costando 749.72 soles y la aplicación de aditivo Sika antisol, teniendo en cuenta el uso de mochila pulverizadora, el cual resulto con un costo de 736.32 soles, resultando el ganador económicamente la propuesta con alcohol polivinílico.

-En este proyecto de investigación se realizó una evaluación del ahorro del recurso hídrico que significaría la implementación de un autocurado en la industria de la construcción, específicamente en el campo del concreto, pues se tiene que por cada

metro cuadrado que se aplique el alcohol polivinílico como agente de autocurado se ahorran alrededor de 200 lt de agua en comparación con un curado tradicional a lo largo de toda la vida de la estructura de concreto o hasta alcanzar su resistencia de diseño. Por lo tanto el uso de dicho polímero tendría un impacto positivo ambientalmente en el sector construcción pues estaríamos hablando de un ahorro de hasta 100L de agua por cada metro cubico de concreto ejecutado en el mundo de la construcción.

-En este proyecto de investigación se realizó el cálculo del módulo de elasticidad teórico de cada uno de las mezclas de concreto y sus adiciones, la expresión usada fue extraída del manual del ACI 318-2014, de la cual podemos obtener que para el concreto patrón el módulo de elasticidad aproximado fue de 229,700 kg/cm², para la mejor dosificación de alcohol polivinílico 0.48%PVA fue de 216,072 kg/cm², y para el concreto curado con Antisol fue de 218,145 kg/cm² evidenciando una cercanía y una posible disputa entre las mejores soluciones para la solución al curado del concreto.

-En este proyecto de investigación se realizó un seguimiento a la pérdida de peso que experimentan los especímenes a lo largo de su vida, la cual por lógica al tener entendido que ni los agregados ni el cemento desaparecen o evaporan, dicha pérdida de peso, se trata de perdida de agua neta de la mezcla, la cual ayuda a la reacción de hidratación del cemento, entonces, al perder mayor cantidad de agua de la mezcla, esto se resume en un deficiente curado y por lo tanto se limita la capacidad de resistencia mecánica del espécimen, como pudimos observar luego del análisis, la mezcla con una dosificación de 0.48% de PVA obtuvo resultados muy eficientes y muy parecidos inclusive a los obtenidos por el concreto patrón el cual estuvo sumergido sus 28 días de edad, así como también una menor perdida de humedad que la mezcla que fue elaborada con aditivo Sika antisol siendo respectivamente sus resultados lo siguientes 0.23 lt para 0.48% de PVA, 0.22 lt para el concreto patrón y 0.24 lt para concreto con aditivo Sika antisol. Concluyendo de esta manera que la dosificación de 0.48% de alcohol polivinílico, si realiza un eficiente efecto de autocurado a pesar de experimentar efectos de intemperie y con un costo menor a la ejecución de curado mediante membrana protectora.

Recomendaciones

-Se recomienda tener especial cuidado en la mezcla del aditivo con el concreto, pues es necesario seguir un proceso especial para su incorporación a la mezcla del concreto, la cual consiste en mezclar y humedecer todos los materiales como si realizara una mezcla de concreto normal, en la cual posteriormente de a pocos, con la misma agua de la mezcla anteriormente extraída, añadir lentamente la disolución de polímero mientras el equipo mezclador mantiene una velocidad de mezcla de 30 RPM durante todo el mezclado hasta su vaciado, si estos lineamientos no se siguen, el concreto se es muy propenso a llenarse de grandes cantidades de aire, lo cual empeorará en gran cantidad su durabilidad, resistencia y por ende a su posible desempeño.

-Se recomienda tener especial cuidado al momento de preparar la disolución, pues es un proceso un tanto complicado que debe realizarse con bastante anterioridad al momento del mezclado del concreto, el alcohol polivinílico no es un polímero disoluble al 100% en el agua, es por esto que se necesita calentar el agua hasta romper a hervor y este momento comenzar la mezcla siempre con una temperatura constante o aumentado periódicamente hasta obtener una mezcla jabonosa sin ningún grumo, en la mayor parte de las veces, se logró completar este proceso en un tiempo estimado de 30 minutos para cada disolución y con un batido constante para acelerar un poco más el proceso de disolución.

-Se recomienda emplear cementos con resistencias iniciales altas como el tipo I, esto para para suplir la carencia y el efecto que causa este polímero en el concreto lo cual según lo observado es retrasar la ganancia de resistencia en los primeros días.

-Se recomienda que para obtener los mejores resultados de autocurado, luego de observar todo el comportamiento del polímero a lo largo de la investigación, se debe usar en un rango único del 0.48% de PVA en relación directa al peso del cemento.

-Si bien es cierto, al realizar los ensayos de contenido de aire, se pudo presenciar que el concreto que contiene alcohol polivinílico tiene una alta capacidad de retención de aire y formación de burbujas de aire atrapado dentro de la mezcla, un bastión a investigar dentro de esta tesis, es su desempeño o resultados a obtenerse si se usa algún tipo de antiespumante, pues este producto podría reducir el volumen de aire atrapado y los poros, que son el principal problema en la mezcla, generando de esta manera una mezcla más densa y por ende más resistente a la fecha de sus ensayos.

-Se pone especial énfasis en el uso de EPPs al momento de ejecutar todos los ensayos

descritos en esta investigación, pues siempre se manipulan objetos bastante pesados, que en caso fortuito de un accidente, pueden hacernos mucho daño.

-Al realizar el ensayo de Permeabilidad según norma UNE-EN12390-8, uno de los primeros pasos es preparar la superficie de concreto mediante pulido con disco de diamante, para la interacción de esta con el chorro de agua a presión, este proceso se realiza mediante amoladora, instrumento con el cual se debe tener especial cuidado debido a que es muy susceptible a cualquier tipo de accidente.

-El registro de pesos de las probetas antes de su ensayo debe realizarse con la misma balanza con la cual se realizó el pesado del concreto fresco y concreto endurecido antes de su ensayo, esto, para evitar cualquier tipo de errores involuntarios en precisión de las balanzas.

-Se recomienda evaluar la aplicación del Alcohol polivinílico en climas con ciclos de hielo, pues su porosidad puede ser un punto a favor en el comportamiento del concreto en climas fríos además de poseer detrás de esto un efecto de autocurado.

-Después de todos los ensayos realizados se recomienda el uso de alcohol polivinílico solo en disoluciones del 0.24% al 0.48%, puesto que éstas obtuvieron los mejores resultados entorno a resistencia y durabilidad.

Referencias bibliográficas

- [1] ASOCEM, «REPORTE ESTADISTICO MENSUAL NOVIEMBRE 2019,» ASOCEM, LIMA, 2019.
- [2] S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese y J. Tanesi, DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, ILLINOIS: PCA, 2004.
- [3] L. F. L. OLIVERA, «EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CURADO DE CONCRETO EN OBRA Y LABORATORIO, EN EL DISTRITO DE YANACANCHA, PASCO – 2017,» UNDAC, PASCO, 2018.
- [4] F. S. PRETELL, «CONCRETO AUTOCURABLE DE ALTA RESISTENCIA $F'c=420$ Kg/Cm², CON UN PORCENTAJE DE TRAQUITA EN EL AGREGADO GRUESO COMPARADO CON LOS PROCESOS MÁS USADOS DE CURADO,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, CAJAMARCA, 2017.
- [5] V. VALDEZ, «APLICACIONES DEL AGUA EN LA INGENIERIA CIVIL,» UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, CHICLAYO, 2014.
- [6] A. DUBRAVIC, «Quantification of water consumption during the construction process of single family housing type,» de *Book of Proceedings of the 3rd International Congress on Sustainable Construction and Ecco-Efficient Solutions*, SEVILLA, 2017, pp. 1084-1107.
- [7] A. V. Taico, «Concreto autocurado $f'c=210$ kg/cm², reemplazando un porcentaje de agregado grueso con traquita,» Cajamarca, 2019.
- [8] M. G. M. A. H. A.-R. A. Z. Y. Magda Mousa, "MECHANICAL PROPERTIES OF SELF-CURING CONCRETE (SCUC)," *Housing and Building National Research Centre HBRC Journal*, 2014.
- [9] R. P. Quispe, «Comportamiento de la trabajabilidad y resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial con adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno,» Puno, 2014.
- [10] S. Evangelline, "Self Curing Concrete and Its Inherent properties," *International Journal of Engineering Research and Applications*, pp. 66-71, 2014.
- [11] C. M. Laica, «El curado del hormigón y su incidencia en las propiedades mecánicas finales,» Ambato, 2013.
- [12] N. Kholia, B. A Vyas and T. G. Tank, "EFFECT ON CONCRETE BY DIFFERENT CURING METHOD AND EFFICIENCY OF CURING

- COMPOUNDS," *International journal of advanced engineering technology*, 2013.
- [13] El-Dieb, "Self-Curing concrete: Water retention, Hydration and Moisture Transport," *Construction and Building Materials*, pp. 1282-1287, 2007.
- [14] H. Reinhart and S. Weber, "Self-Cured high Performance Concrete," *Journal of Materials in Civil Engineering*, 1998.
- [15] M. Tesárek, T. PLACHÝ, Z. PROŠEK, V. NEŽERKA y J. TOPIČ, «Composite Material Based on Cement and PVA: Evolution of Mechanical Properties During First 28 Days,» *Advanced Materials Research*, vol. 1054, pp. 215-220, 2014.
- [16] K. Sajana y S. T.S, «Experimental Investigation on the Mechanical Properties of Self Curing Concrete Using Sodium Lignosulphonate and Polyvinyl Alcohol,» *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 7, nº 3, 2018.
- [17] E. Pasquel, Tópicos de tecnología del concreto en el Perú, Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.
- [18] E. Rivva, Naturaleza y Materiales del Concreto, Lima: CIP, 2004.
- [19] D. Cuellar, Caracterización Física de Agregados Petreos, Bogota, 2014.
- [20] D. Osorio, «Resistencia Mecánica del concreto y Resistencia a la Compresión,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>. [Último acceso: 13 Julio 2020].
- [21] D. Guzman, Tecnología del concreto y del Mortero, Bogota: EDITORIALES LTDA, 2001.
- [22] E. Rivva, Diseño de Mezclas, Lima: CIP, 1992.
- [23] T. Powers, "A Discussion of Cement Hydration in Relation to the of Concrete," *Journal of Portland Cement Association*, p. pp. 14, 1948.
- [24] Burg y Ost, «Engineering Properties of Commercially Available High-Strength Concretes - Including Three Years Data,» *Research and Development Bulletin RD104*, p. 62, 1994.
- [25] ASTM, ASTM C39 - Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto, 1999.
- [26] G. Rivera, Concreto Simple, Cauca, 2013.
- [27] E. Alario, «Alario,» 13 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://enriquealario.com/curado-de-hormigon/>. [Último acceso: 14 Julio 2020].

- [28] H. Gonnerman y E. Shuman, «Flexure and Tension Test of Plain Concrete,» *Portland Cement Association*, pp. 149-163, 1928.
- [29] B. Mohd.Hanif, B. Mahd. Ashraf, S. KaleemSaleem y U. Naeem, «An Experimental Investigation on Internally Cured Concrete,» Anjuman-I-Islam's Kalsekar Technical Campus, Navi Mumbai, 2016.
- [30] A. Neville, *Properties of Concrete*, New York: Addison Wesley Logman Limited, 1996.
- [31] D. Bentz y J. Weiss, «Internal Curing: A 2010 State of the Art Review,» National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 2011.
- [32] V. & P. C. Ltd., «POVAL,» VAM & Poval Co. Ltd., 2010. [En línea]. Available: <https://j-vp.co.jp/english/product/pva/index.html>. [Último acceso: 29 Septiembre 2020].
- [33] M. F. L., *Vinyl Alcohol Polymers*, *Ency. Polym. Sci. Technol.*, 2002.
- [34] H. SAMPIERI, *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*, México: Mc. Draw Hill, 2010.
- [35] I. NATIONAL, «HOW MUCH WATER SHOULD BUILDINGS CONSUME,» *THE INDU*, p. 12, 07 FEBRERO 2004.
- [36] ACI, *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)*, Spanish Edition, 2008.
- [37] ASTM, *Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto*, 2017.
- [38] S. Mindess, J. F. Young y D. Darwin, *Concrete*, Nueva Jersey: Prentice Hall, 2003.

Anexos

Anexo 01- Diseño de mezclas

DISEÑO DE MEZCLAS POR EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 - ACI:

CARACTERÍSTICAS DE LOS

1. MATERIALES:

AGREGADO FINO CANTERA : PÁTAPO; LA VICTORIA

Peso específico de masa:	2.551	g/cm ³
Peso unitario seco suelto:	1546	Kg/m ³
Peso unitario seco compacto:	1726	Kg/m ³
Porcentaje de humedad:	0.38	%
Porcentaje de absorción:	0.77	%
Módulo de fineza:	2.86	

AGREGADO GRUESO CANTERA : TRES TOMAS; MESONES MURO; FERREÑAFE

Peso específico de masa:	2.555	g/cm ³
Peso unitario seco suelto:	1370	Kg/m ³
Peso unitario seco compacto:	1550	Kg/m ³
Porcentaje de humedad:	0.46	%
Porcentaje de absorción:	1.04	%
Tamaño máximo:	1	"
Tamaño máximo nominal:	3/4	"

CEMENTO

Peso específico: 3120 Kg/m³

AGUA: Agua potable de la red pública de la ciudad de Chiclayo

RESISTENCIA DE DISEÑO: 210 Kg/cm²

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA

2. PROMEDIO

$$f_c = 210 \text{ Kgf/cm}^2$$

f_c	f_{cr}
<210	$f_c + 70$
210 - 350	$f_c + 84$
>350	$f_c + 98$

$$f_{cr} = 294 \text{ Kgf/cm}^2$$

3. ASENTAMIENTO:

3-4 "

4. ATRAPADO:

2 %

TMN: 3/4 "

5. AGUA:

205 Lt/m³

6. AGUA/CEMENTO:

f_{cr}	a/c
280	0.57
294	x
300	0.55

$$x = 0.57 + [(0.55 - 0.57) / (300 - 280)] * (294 - 280)$$

$$x = 0.556$$

7. CEMENTO:

$$FC = \frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{relación a/c}} = \frac{205}{0.556} = \frac{368.71}{\text{Kg/m}^3} = 8.7 \text{ Bolsas/m}^3$$

8. AGREGADO GRUESO:

Módulo de finura del agregado fino:

2.86 %

TMN: 3/4

MF	b/bo
2.8	0.62
2.86	x
3	0.6

$$x = 0.62 + [(0.6 - 0.62) / (3 - 2.8)] * (2.86 - 2.8)$$

$$x = 0.614$$

$$b/bo = 0.614$$

$$\begin{array}{rcccl} & & \text{b/bo} & & \text{PUSC} \\ \text{Peso seco del agregado} & & 0.614 & \times & 1550 \\ \text{grueso=} & & & & = 951.700 \text{ Kg/m}^3 \end{array}$$

CÁLCULO DE VOLÚMENES

9. ABSOLUTOS:

$$\begin{array}{rcl} \text{Cemento:} & 368.705 / 3120 = & 0.118 \text{ m}^3 \\ \text{Agua:} & 205 / 1000 = & 0.205 \text{ m}^3 \\ \text{Aire:} & & 0.020 \text{ m}^3 \\ \text{Agregado grueso:} & 951.7 / (2.555 * 1000) = & \underline{0.372} \text{ m}^3 \\ & & \mathbf{0.716 \text{ m}^3} \end{array}$$

CONTENIDO DE

10. AGREGADO FINO:

$$\text{AF} = 1 - 0.716 = 0.284 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Peso del agregado fino seco=} & 0.284 * (2.551 * 1000) = & 725.351 \text{ Kg/m}^3 \end{array}$$

VALORES DE DISEÑO:

11. CONDICIONES SECAS.

$$\begin{array}{rcl} \text{Cemento:} & 368.705 & \text{Kg/m}^3 \\ \text{Agua:} & 205.000 & \text{Kg/m}^3 \\ \text{Agregado fino seco:} & 725.351 & \text{Kg/m}^3 \\ \text{Agregado grueso seco:} & 951.700 & \text{Kg/m}^3 \end{array}$$

CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL

12. AGREGADO:

$$\text{PH} = \text{PS} * (1 + \% \text{ H})$$

$$\begin{array}{rcl} \text{PHAF=} & 725.351 * (1 + 0.38 \%) = & 728.108 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{PHAG=} & 951.7 * (1 + 0.46 \%) = & 956.078 \text{ Kg/m}^3 \end{array}$$

13. APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS:

$$\text{AP} = \text{PS} * (\% \text{ H} - \% \text{ A})$$

APAF=	$725.351 * (0.38 \% - 0.77 \%) =$	-2.829	Lt/m ³	
APAG=	$951.7 * (0.46 \% - 1.04 \%) =$	-5.520	Lt/m ³	
Aporte total (APT):		-8.349	Lt/m³	quita agua a la mezcla

14. AGUA EFECTIVA:

$$AE = AD - (APT)$$

$$AE = 205 - (-8.349) = 213.349 \text{ Lt/m}^3$$

15. CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	368.705	Kg/m ³
Agua:	213.349	Lt/m ³
Agregado fino húmedo:	728.108	Kg/m ³
Agregado grueso húmedo:	956.078	Kg/m ³

Resumen:

VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS

Cemento:	368.71	Kg/m ³	a/c	0.556
Agua:	205.00	Kg/m ³		
Agregado fino seco:	725.35	Kg/m ³		
Agregado grueso seco:	951.70	Kg/m ³		
Peso unitario	2251	Kg/m ³		

CANTIDAD DE ADICIÓN DE ALCOHOL POLIVINILICO POR M³

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/m ³
0.24	0.9
0.48	1.8
0.72	2.7
0.96	3.5

CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	368.71	Kg/m ³	a/c	0.579
Agua:	213.35	Lt/m ³		
Agregado fino húmedo:	728.11	Kg/m ³		
Agregado grueso húmedo:	956.08	Kg/m ³		
Peso unitario	2266	Kg/m ³		

CANTIDAD DE ADICIÓN DE ALCOHOL POLIVINILICO POR M³

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/m ³
0.24	0.9
0.48	1.8
0.72	2.7
0.96	3.5

Comprobación: PU húmedo-PU seco = agua absorbida por los agregados: PS AG*%A-PS AF*%A
 2266.239-2250.756 = 951.7*1.04%+725.351*0.77%
15.483 = 15.483

16. PROPORCIONES EN PESO

Sin corregir (Peso seco): C : AF : AG / Agua

$$\frac{369}{369} : \frac{725.4}{369} : \frac{951.7}{369}$$

$$1 : 1.97 : 2.58 / 23.6 \text{ Lt/bolsa}$$

Cantidad de Alcohol polivinílico por bolsa:

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/bolsa
0.24	0.1
0.48	0.2
0.72	0.3
0.96	0.4

**Corregida
por
humedad:**

C : AF : AG / Agua

$$\frac{369}{369} : \frac{728.1}{369} : \frac{956.1}{369}$$

$$1 : 1.97 : 2.59 / 24.6 \text{ Lt/bolsa}$$

**Cantidad de Alcohol polivinílico
por bolsa:**

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/bolsa
0.24	0.1
0.48	0.2
0.72	0.3
0.96	0.4

MATERIALES POR TANDA DE UNA 17. BOLSA

Cemento:	42.5	Kg/bls
Agua:	24.6	Kg/bls
Agregado fino húmedo:	83.9	Kg/bls
Agregado grueso húmedo:	<u>110.2</u>	Kg/bls
Peso tanda:	261.2	Kg/bls

Peso específico del concreto: = peso tanda*(bolsas/m³)= 2266.24 Kg/m³

18. AJUSTE DE PROPORCIONES

Nota: * Incrementar o disminuir el contenido de agua estimado en 2 litros por m³ de concreto por cada incremento o disminución de 1 cm en el asentamiento deseado
* Incrementar o disminuir el contenido de agua estimado en 5 litros por m³ de concreto por cada incremento o disminución de 1" en el asentamiento deseado

Datos del diseño de mezclas:

	<u>Diseño</u>	<u>Corregido por humedad</u>
Cemento:	368.71 Kg/m ³	368.71 Kg/m ³
Agua:	205.00 Lt/m ³	213.35 Lt/m ³
Agregado fino:	725.35 Kg/m ³	728.11 Kg/m ³
Agregado grueso:	951.70 Kg/m ³	956.08 Kg/m ³

	<u>Agregado fino</u>	<u>Agregado grueso</u>
Humedad:	0.38 %	0.46 %
Absorción:	0.77 %	1.04 %

a) VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS

Cemento:	368.71	Kg/m ³
Agua:	205.00	Lt/m ³
Agregado fino:	725.35	Kg/m ³
Agregado grueso:	951.70	Kg/m ³

b) **Relación a/c=** 0.556

c) Volúmenes iniciales

Cemento:	0.12	m ³	0.32	m ³
Agua:	0.21	m ³		

Agregado fino:	0.28	m ³	0.66	m ³
Agregado grueso:	0.37	m ³		

d) **Nuevos pesos**

Asentamiento de diseño:	3-4	"	4	"
Asentamiento obtenido:	2	"		

Falta = 2 "

Adicionar = 10 Lt de agua

<u>Agua:</u>	205	+	10	=	215	Lt
<u>Cemento:</u>	215	/	0.556	=	386.69	Kg

Relación a/c= **0.556** **Se mantiene**

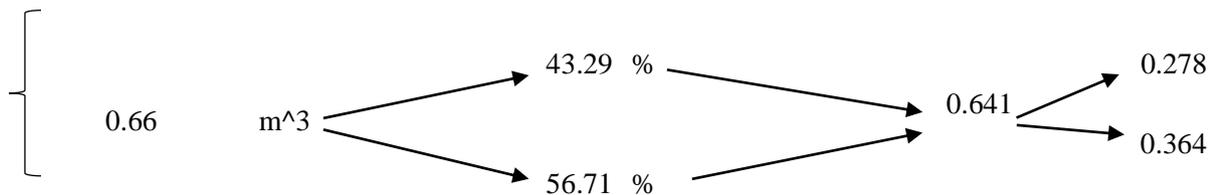
e) **Volúmenes corregidos**

Cemento:	0.124	m ³
Agua:	0.215	m ³
Contenido de aire:	0.020	m ³
	<u>0.359</u>	m ³

Volumen total del agregado:	0.641	m ³
-----------------------------	-------	----------------

Volúmenes originales:

Agregado fino:	0.28	m ³
Agregado grueso:	0.37	m ³



Agregado fino:	0.278	m ³
Agregado grueso:	0.364	m ³

f) **Condiciones secas:**

Cemento:	386.69	Kg/m ³	=	9.1	bolsas
----------	--------	-------------------	---	-----	--------

Agua:	215	Lt/m ³
Agregado fino:	707.9419769	Kg/m ³
Agregado grueso:	928.858024	Kg/m ³

g) CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO:

$$PH = PS * (1 + \% H)$$

PHAF=	707.942 * (1 + 0.38 %) =	710.632	Kg/m ³
PHAG=	928.858 * (1 + 0.46 %) =	933.131	Kg/m ³

h) APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS:

$$AP = PS * (\%H - \% A)$$

APAF=	707.942 * (0.38 % - 0.77 %) =	-2.761	Lt/m ³
APAG=	928.858 * (0.46 % - 1.04 %) =	-5.387	Lt/m ³
Aporte total			
(APT):		-8.148	Lt/m³

i) AGUA EFECTIVA:

$$AE = AD - (APT)$$

AE=	215 - (-8.148) =	223.148	Lt/m ³
-----	--------------------	---------	-------------------

j) CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	386.691	Kg/m ³
Agua:	223.148	Lt/m ³
Agregado fino húmedo:	710.632	Kg/m ³
Agregado grueso húmedo:	933.131	Kg/m ³

k) Resumen:

VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS.

Cemento:	386.69	Kg/m ³	a/c
Agua:	215.00	Kg/m ³	0.556
Agregado fino seco:	707.94	Kg/m ³	
Agregado grueso seco:	928.86	Kg/m ³	
Peso unitario	2238	Kg/m ³	

CANTIDAD DE ADICIÓN DE ALCOHOL POLIVINILICO POR M³

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/m ³
0.24	0.9
0.48	1.9
0.72	2.8
0.96	3.7

CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	386.69	Kg/m ³	a/c	0.577
Agua:	223.15	Lt/m ³		
Agregado fino húmedo:	710.63	Kg/m ³		
Agregado grueso húmedo:	933.13	Kg/m ³		
Peso unitario	2254	Kg/m ³		

CANTIDAD DE ADICIÓN DE ALCOHOL POLIVINILICO POR M³

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/m ³
0.24	0.9
0.48	1.9
0.72	2.8
0.96	3.7

Comprobación:	PU húmedo-PU seco	=	agua absorbida por los agregados: PS AG*%A-PS AF*%A
	2253.602-2238.491	=	928.858*1.04%+707.942*0.77%
	15.111	=	15.111

PROPORCIONES EN**1) PESO**

Sin
corregir
(Peso
seco):

C	:	AF	:	AG	Agua
					/
<u>386.7</u>	:	<u>707.94</u>	:	<u>928.86</u>	
386.7		386.69		386.69	
1	:	1.83	:	2.40	/ 23.6 Lt/bolsa

Cantidad de Alcohol polivinílico por bolsa:

DOSIFICACIÓN	
(%)	Kg/bolsa
0.24	0.1
0.48	0.2
0.72	0.3
0.96	0.4

Corregida por humedad:

C	:	AF	:	AG	Agua	/
386.7	:	710.63	:	933.13		
<u>386.7</u>	:	<u>386.69</u>	:	<u>386.69</u>		
1	:	1.84	:	2.41	/ 24.5	Lt/bolsa

Cantidad de Alcohol polivinílico por bolsa:

DOSIFICACIÓN	
(%)	Kg/bolsa
24	10.2
0.48	0.2
0.72	0.3
0.96	0.4

**MATERIALES POR
m) TANDA DE UNA BOLSA**

Cemento:	42.5	Kg/bls
Agua:	24.5	Kg/bls
Agregado fino húmedo:	78.1	Kg/bls
Agregado grueso húmedo:	102.6	Kg/bls
Peso tanda:	<u>247.7</u>	Kg/bls

Peso específico del concreto: = peso tanda*(bolsas/m³)= 2253.60kg/m³

DISEÑO TEÓRICO

VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS.

Cemento:	368.71	Kg/m ³
Agua:	205.00	Kg/m ³
Agregado fino seco:	725.35	Kg/m ³
Agregado grueso seco:	951.70	Kg/m ³
Peso unitario	2250.76	Kg/m ³

CANTIDAD DE ADICIÓN DE ALCOHOL POLIVINILICO POR M³

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/m ³
0.24	0.9
0.48	1.8
0.72	2.7
0.96	3.5

CONDICIONES HÚMEDAS

			a/c
Cemento:	368.71		0.579
Agua:	213.35	Kg/m ³	
Agregado fino húmedo:	728.11	Lt/m ³	
Agregado grueso húmedo:	956.08	Kg/m ³	
Peso unitario	2266.24	Kg/m ³	

CANTIDAD DE ADICIÓN DE ALCOHOL POLIVINILICO POR M³

DOSIFICACIÓN (%)	Kg/m ³
0.24	0.9
0.48	1.8
0.72	2.7
0.96	3.5

DISEÑO CORREGIDO

VALORES DE DISEÑO: CONDICIONES SECAS.

Cemento:	386.69	Kg/m ³	a/c
Agua:	215.00	Kg/m ³	0.556
Agregado fino seco:	707.94	Kg/m ³	
Agregado grueso seco:	928.86	Kg/m ³	
Peso unitario	2238.49	Kg/m ³	

CANTIDAD DE ADICIÓN DE ALCOHOL POLIVINILICO POR M³

<u>DOSIFICACIÓN (%)</u>	<u>Kg/m³</u>
0.24	0.9
0.48	1.9
0.72	2.8
0.96	3.7

CONDICIONES HÚMEDAS

Cemento:	386.69	Kg/m ³	a/c
Agua:	223.15	Lt/m ³	0.577
Agregado fino húmedo:	710.63	Kg/m ³	
Agregado grueso húmedo:	933.13	Kg/m ³	
Peso unitario	2253.60	Kg/m ³	

CANTIDAD DE ADICIÓN DE ALCOHOL POLIVINILICO POR M³

<u>DOSIFICACIÓN (%)</u>	<u>Kg/m³</u>
0.24	0.9
0.48	1.9
0.72	2.8
0.96	3.7

Anexo 02 – Informes de laboratorio

FERMATI
Consultoría y Servicios Generales

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2039

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1234-2021-L-04- FERMATI S.A.S
 Tercero : CASTRO CUNDOCHO, PEDRO
 Alcebin : UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MORGONIANO
 Obra : EVALUACION TECNICO ECONOMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO FID-810 RESINA CON ALCOHOL POLIVINILICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR
 Lugar : DISTR. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total expresado en porcentaje con respecto a materia seca - Norma N.T.F. 500 145 - 2004

Muestra : Agregado Fino
 Canchales : La Victoria-Pátapo

Número de determinación		1
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g	690.0
Peso muestra seca + peso de tara	g	486.1
Peso de agua	g	19
Peso de tara	g	0.9
Peso neto muestra seca	g	485.1
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.39

OBSERVACIONES :

- Muestra e identificación realizada por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.



Germán Oscar Cando Cárdenas
Consultor de Materiales





Juan Carlos Flores López
Ingeniero Civil
Reg. D.E. 11201

964423658 - 943011237 ffermatiaa@gmail.com
 C/ Av. José Gálvez N° 138 www.fermatiaa.com

Informe 01: Informe del ensayo de contenido de humedad del agregado fino de la canchales de La Victoria Pátapo.



FERMATI
Ingeniería y Servicios Generales

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

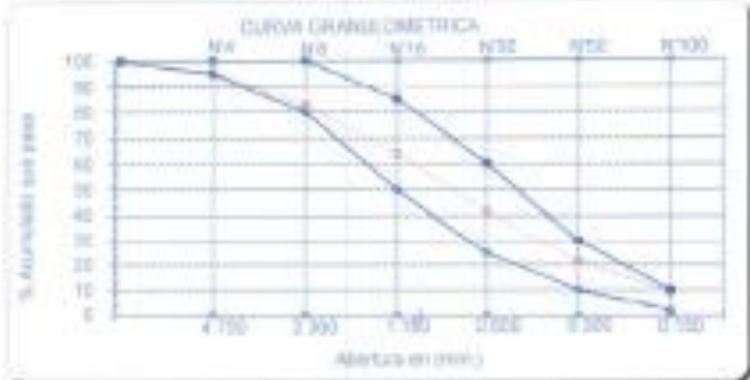
INFORME DE ENSAYO: N° 2936 (Pag. 1 de 1)

Expediente N° : 024 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Testada : CASTRO GUINCHO, PEDRO
 Atención : UNIVERSIDAD CATHOLICA SANTO TORIBIO DE MORA NOBLEJO
 Clínica : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO
 FC=210 KG/CM2 CON ALCOHOL POLIURETICO COMPARADO CON EL
 PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR
 Lugar : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

El ensayo: Análisis granulométrico por cribado del agregado fino
 Referencia: Norma ASTM C-136 S/N 7.P, 4th Ed.

Muestra : Agregado Fino
 Cantera : La Victoria-Pátapo

Malla	(mm.)	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que Pasa	Especificaciones	
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	4.5	4.5	95.5	85	100
N° 08	2.360	10.7	15.2	89.3	80	100
N° 16	1.180	29.1	36.3	63.7	60	85
N° 30	0.600	22.8	59.1	40.9	25	60
N° 50	0.300	19.9	79.2	20.8	10	30
N° 100	0.150	12.5	91.7	8.3	2	10
Fondo		0.3	100.0	0.0		
Módulo de Finura				2.851		
Abertura de malla de referencia				9.500		



CURVA GRANULOMÉTRICA

OBSERVACIONES:

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



Juan Oscar Casado
Ingeniero Civil





Juan Carlos Pineda
Ingeniero Civil

90423859 - 940011221

Ca. José Páez 107

laboratorio@fermat.com

www.fermat.com

Informe 02: Informe del ensayo de análisis granulométrico del agregado fino de la cantera de La Victoria Pátapo.



FERMATI
Construcción y Servicios Generales

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2226

Pág. 01 de 01

Expediente N° : 1234 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Titular : CASTRO GUINOHUO, PEDRO
 Alación : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MORGAVELLO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL ALTOCURADO DE CONCRETO F'CD 210 KOPOMO
 CON ALCOHOL POLIURETICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y AERITMO
 CURADOR.

Ubicación : DREI, CHILAYO, PROV. CHICLAO, REG. LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : AQUECIDA Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado
 REFERENCIAL : Norma ASTM C 29 / 41 T 1 - 06 2017

Muestra : Agregado Fino
 Canchales : La Victoria-Pátapo

RESUMEN DE RESULTADOS

Método de ensayo	
Número de determinación	A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g 2606.0
Peso de molde de ensayo vacío	g 632.0
Peso neto muestra contenida	g 2174.0
Volumen del molde de ensayo	m ³ 0.002114
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³ 1591
Peso unitario suelto seco	kg/m ³ 1545

Método de ensayo	
Número de determinación	A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g 3907
Peso de molde de ensayo vacío	g 632.0
Peso neto muestra contenida	g 3275
Volumen del molde de ensayo	m ³ 0.002111
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³ 1731
Peso unitario compactado seco	kg/m ³ 1726

OBSERVACIONES

- Muestra e identificación realizada por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.



JUAN CARLOS PINEDA
ELABORADO POR





Juan Carlos Pineda
ELABORADO POR
Reg. COT 122201

04423059 - 043511237

Cd. José Galvez N° 129

lambayec@fermati.com

www.fermatiac.com

Informe 03: Informe del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino de la cantera de La Victoria Pátapo.

INFORME DE ENSAYO N° 2936

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1234 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Solicitante : CASTRO GUINOCHIO PEDRO
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO FC=210
 KG/CM2 CON ALCOHOL POLIMÍNICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL
 Y ADITIVO CURADOR
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
 REFERENCIA : NTP 400.022

Muestra : Agregado Fino
 Cantero : La Victoria-Pátapo

A - Datos de la arena

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	985.7
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	g	681.7
4.- Peso del Agua.	g	304.0
5.- Peso del Frasco	g	181.7
6.- Peso de la Muest. secada ahomo + Peso del frasco.	g	677.9
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	495.2
8.- Volumen del frasco.	cm ³	500.0

B - Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	g/cm ³	2.532
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.551
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	g/cm ³	2.582
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	0.77

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.



Gerardo Oscar Gantán
 T.C. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES




Juan Carlos Forno
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP 123261

Informe 04: Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino de la cantera de La Victoria Pátapo.

		LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES	
INFORME DE ENSAYO N° 2938			
(Pág. 01 de 01)			
Expediente N°	:	1234 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C	
Testista	:	CASTRO GUINOCHO PEDRO	
Atención	:	UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO	
Proyecto	:	EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON ALCOHOL POLIMINÚICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR	
Ubicación	:	DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE	
Fecha de emisión	:	Chiclayo, 07 de Abril del 2021	
ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en agregados			
REFERENCIA : NORMA NTP 403.018 / ASTM C-117			
Muestra : Agregado Fino Cantera : La Victoria-Pátapo			
Número de determinación			1
Código de tara			T-1
Peso inicial muestra seca + peso de tara	g	500.0	
Peso final muestra seca + peso de tara	g	485.7	
Peso de finos = tamiz N°200	g	14.3	
Peso de tara	g	0.0	
Peso de muestra retenida en tamiz N°200	g	485.7	
Material más fino que pasa por el tamiz N°200	%	2.86	
OBSERVACIONES : - Muestreo e identificación realizado por el solicitante - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.			
 Gerardo Oscar García Torres TECNICO LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
		 Juan Carlos Fierro Ojeda Aguiar INGENIERO CIVIL Reg. CIP 123351	

Informe 05: Informe del ensayo de Material más fino que pasa por la malla N° 200 del agregado fino de la cantera de La Victoria Pátapo.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO N° 2937

(Pag. 01 de 01)

Expediente N° : 1234 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINCHO PEDRO
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Obra : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR
 Lugar : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 330.180 - 2002

Muestra : Agregado Grueso
 Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

Número de determinación		I
Código de tara		T-1
Peso muestra húmeda + peso de tara	g.	20040
Peso muestra seca + peso de tara	g.	19975.8
Peso de agua	g.	64.2
Peso de tara	g.	0.0
Peso neto muestra seca	g.	19975.8
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.32

OBSERVACIONES

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.



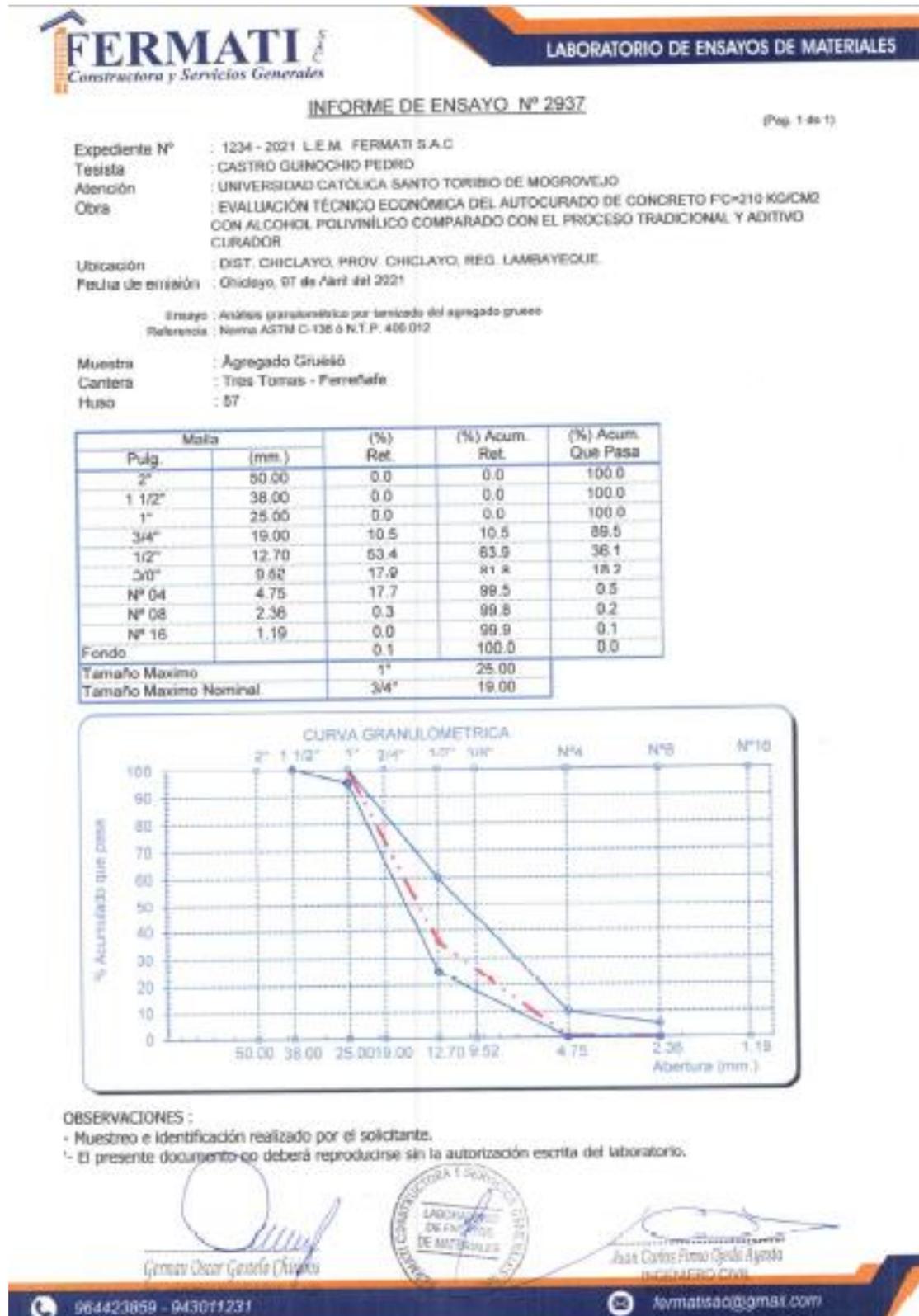
Germán Oscar Germán Cármon
T.C. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES





Juan Carlos Fierro Ojeda Agostini
Ingeniero Civil
Reg. CIP 123351

Informe 06: Informe del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la cantera de Tres Tomas-Ferreñafe.



Informe 07: Informe del ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera de Tres Tomas-Ferreñafe.

INFORME DE ENSAYO N° 2937

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1204 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINCHO PEDRO
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO FC=210 KG/CM2
 CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO
 CURADOR
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : AGREGADO Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado
 REFERENCIA : Norma ASTM C-29 e N.T.P. 450.017

Muestra : Agregado Grueso
 Cantero : Tres Tomas - Ferreñafe

PESO UNITARIO SUELTO

Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra contenida	g	18653.5
Peso de molde de ensayo vacío	g	9084
Peso neto muestra contenida	g	7569.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario suelto húmedo	kg/m ³	1390
Peso unitario suelto seco	kg/m ³	1370

PESO UNITARIO COMPACTADO

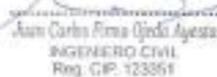
Molde de ensayo		
Número de determinación		A
Peso de molde de ensayo vacío + peso muestra húmeda	g	17644.5
Peso de molde de ensayo vacío	g	9084
Peso neto muestra contenida	g	8560.5
Volumen del molde de ensayo	m ³	0.00544
Peso unitario compactado húmedo	kg/m ³	1573
Peso unitario compactado seco	kg/m ³	1550

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 Genaro Oscar Castro Chiribos
 TECNICO LABORATORIO DE MATERIALES




 Juan Carlos Fina Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Informe 08: Informe del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso de la cantera de Tres Tomas-Ferreñafe.

INFORME DE ENSAYO N° 2937

(Pág. 01 de 01)

Expediente N° : 1234 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C.
 Solicitante : CASTRO GUINCHICO PEDRO
 Atención : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO FC-210 KG/CM2
 CON AL COHOL POLIURETÁNICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO
 CURADOR
 Ubicación : DIST. CHICLAYO, PROV. CHICLAYO, REG. LAMBAYEQUE.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 07 de Abril del 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
 REFERENCIA : NTP 400.022

Muestra : Agregado Grueso
Cantera : Tres Tomas - Ferreñafe

A - Datos de la Grava

1. Peso de la muestra seca al horno	g	1535
2. Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1551
3. peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	1718
4. Peso de la canastilla	g	774
5. Peso de la muestra saturada dentro del agua	g	944

B - Resultados

A. PESO ESPECÍFICO DE LA GRAVA.	g/cm ³	2.529
B. PESO ESPECÍFICO DE LA MASA S.S.S.	g/cm ³	2.556
C. PESO ESPECÍFICO APARENTE	g/cm ³	2.597
D. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	%	1.04

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.


 Gerardo Oscar Castro Cordero
 Ing. Agrónomo en el área de Agronomía




 Juan Carlos Fierro Ojeda Aguirre
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 111201

Informe 09: Informe del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera de Tres Tomas-Ferreñafe.

INFORME DE ENSAYO N° 3029

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1305 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINOCHIO PEDRO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO $f_c=210$ KG/CM² CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2021

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 N°	Denominación ó descripción del vaciado		Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f_c kg/cm ²
01	CONCRETO PATRON	$f_c= 210$ kg/cm ²	10/04/2021	17/04/2021	7	175
02	CONCRETO PATRON	$f_c= 210$ kg/cm ²	10/04/2021	17/04/2021	7	179
03	CONCRETO PATRON	$f_c= 210$ kg/cm ²	10/04/2021	24/04/2021	14	202
04	CONCRETO PATRON	$f_c= 210$ kg/cm ²	10/04/2021	24/04/2021	14	203
05	CONCRETO PATRON	$f_c= 210$ kg/cm ²	10/04/2021	08/05/2021	28	226
06	CONCRETO PATRON	$f_c= 210$ kg/cm ²	10/04/2021	08/05/2021	28	243

OBSERVACIONES :

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



German Gastelo Chirinos
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C

FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Informe 10: Resultados de ensayo a compresión para las edades de 7, 14 y 28 Días del concreto patrón.

INFORME DE ENSAYO N° 3030

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1305 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINOCHIO PEDRO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO $f'c=210$ KG/CM²
 CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO
 CURADOR
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2021

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 N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	$f'c$ kg/cm ²
01	PVA 0.24% $f'c= 210$ kg/cm ²	13/04/2021	20/04/2021	7	74
02	PVA 0.24% $f'c= 210$ kg/cm ²	13/04/2021	20/04/2021	7	122
03	PVA 0.24% $f'c= 210$ kg/cm ²	13/04/2021	27/04/2021	14	133
04	PVA 0.24% $f'c= 210$ kg/cm ²	13/04/2021	27/04/2021	14	113

OBSERVACIONES :

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



German Gastelo Chirinos
LABORATORISTA-FERMATI S.A.C

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

Informe 11: Resultados de ensayo a compresión de concreto con adición de 0.24% de PVA en peso del cemento.

INFORME DE ENSAYO N° 3034

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1305 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINOCHIO PEDRO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO F'c=210 KG/CM2 CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2021

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 N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f'c kg/cm ²
01	PVA 0.48 % f'c= 210 kg/cm2	30/04/2021	07/05/2021	7	116
02	PVA 0.48 % f'c= 210 kg/cm2	30/04/2021	07/05/2021	7	118
03	PVA 0.48 % f'c= 210 kg/cm2	30/04/2021	14/05/2021	14	204
04	PVA 0.48 % f'c= 210 kg/cm2	30/04/2021	14/05/2021	14	162

OBSERVACIONES :

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



German Gastelo Chirinos
LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.

FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

Informe 12: Resultados de ensayo a compresión de concreto con adición de 0.48% de PVA en peso del cemento.

INFORME DE ENSAYO N° 3033

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1305 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINOCHIO PEDRO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO $f'c=210$ KG/CM2 CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2021

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 N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	$f'c$ kg/cm ²
01	PVA 0.72 % $f'c= 210$ kg/cm2	23/04/2021	30/04/2021	7	111
02	PVA 0.72 % $f'c= 210$ kg/cm2	23/04/2021	30/04/2021	7	125
03	PVA 0.72 % $f'c= 210$ kg/cm2	23/04/2021	07/05/2021	14	173
04	PVA 0.72 % $f'c= 210$ kg/cm2	23/04/2021	07/05/2021	14	179

OBSERVACIONES :

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



German Gastelo Chirinos
LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.

FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 123351

Informe 13: Resultados de ensayo a compresión de concreto con adición de 0.72% de PVA en peso del cemento.

INFORME DE ENSAYO N° 3035

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1305 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINOCHIO PEDRO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO $f_c=210$ KG/CM2
 CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO
 CURADOR
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2021

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 N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f_c kg/cm ²
01	PVA 0.96 % $f_c= 210$ kg/cm2	30/04/2021	07/05/2021	7	96
02	PVA 0.96 % $f_c= 210$ kg/cm2	30/04/2021	07/05/2021	7	92
03	PVA 0.96 % $f_c= 210$ kg/cm2	30/04/2021	14/05/2021	14	119
04	PVA 0.96 % $f_c= 210$ kg/cm2	30/04/2021	14/05/2021	14	107

OBSERVACIONES :

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



German Gastelo Chirinos
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C

FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Informe 13: Resultados de ensayo a compresión de concreto con adición de 0.96% de PVA en peso del cemento.

INFORME DE ENSAYO N° 3032

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1305 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINOCHIO PEDRO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO $f_c=210$ KG/CM²
 CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO
 CURADOR
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2021

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 N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f_c kg/cm ²
01	SIKA $f_c= 210$ kg/cm ²	23/04/2021	30/04/2021	7	171
02	SIKA $f_c= 210$ kg/cm ²	23/04/2021	30/04/2021	7	164
03	SIKA $f_c= 210$ kg/cm ²	23/04/2021	07/05/2021	14	181
04	SIKA $f_c= 210$ kg/cm ²	23/04/2021	07/05/2021	14	186

OBSERVACIONES :

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



German Gastelo Chirinos
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.

FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Informe 14: Resultados de ensayo a compresión de concreto con aditivo Sika antisol para recrear un curado por membrana.

INFORME DE ENSAYO N° 3031

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1305 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINOCHIO PEDRO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO $f_c=210$ KG/CM² CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2021

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 N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f_c kg/cm ²
01	SIN CURAR $f_c= 210$ kg/cm ²	20/04/2021	27/04/2021	7	147
02	SIN CURAR $f_c= 210$ kg/cm ²	20/04/2021	27/04/2021	7	125
03	SIN CURAR $f_c= 210$ kg/cm ²	20/04/2021	04/05/2021	14	155
04	SIN CURAR $f_c= 210$ kg/cm ²	20/04/2021	04/05/2021	14	143

OBSERVACIONES :

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



German Gastelo Chirinos
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.

FERMATI CONSTRUCTORA Y SERVICIOS GENERALES S.A.C.
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Informe 15: Resultados de ensayo a compresión de concreto sin experimentar ningún tipo de curado y a la intemperie.

INFORME DE ENSAYO N° 3036

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1305 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C.
 Tesista : CASTRO GUINOCHIO PEDRO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO $f_c=210$ KG/CM² CON ALCOHOL POLIVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2021

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 N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Dias	f_c kg/cm ²
01	PVA 0.24 % $f_c= 210$ kg/cm ²	13/04/2021	11/05/2021	28	177
02	PVA 0.24 % $f_c= 210$ kg/cm ²	13/04/2021	11/05/2021	28	185
03	PVA 0.48 % $f_c= 210$ kg/cm ²	30/04/2021	28/05/2021	28	216
04	PVA 0.48% $f_c= 210$ kg/cm ²	30/04/2021	28/05/2021	28	199
05	PVA 0.72 % $f_c= 210$ kg/cm ²	23/04/2021	21/05/2021	28	195
06	PVA 0.72 % $f_c= 210$ kg/cm ²	23/04/2021	21/05/2021	28	204

OBSERVACIONES :

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




 German Gastelo Chirinos
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C.




 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Informe 16: Resultados de ensayo a compresión de concreto adicionado con PVA en distintas dosificaciones para una edad de 28 días.

INFORME DE ENSAYO N° 3037

(PÁGINA 01 de 01)

Expediente N° : 1305 - 2021 L.E.M. FERMATI S.A.C
 Tesista : CASTRO GUINCHIO PEDRO
 Proyecto : EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON ALCOHOL POLVINÍLICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
 Fecha de emisión : Chiclayo, 31 de Mayo del 2021

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 N°	Denominación ó descripción del vaciado	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Días	f _c kg/cm ²
01	PVA 0.96 % f _c = 210 kg/cm ²	30/04/2021	28/05/2021	28	132
02	PVA 0.96 % f _c = 210 kg/cm ²	30/04/2021	28/05/2021	28	153
03	SIN CURAR f _c = 210 kg/cm ²	20/04/2021	18/05/2021	28	192
04	SIN CURAR f _c = 210 kg/cm ²	20/04/2021	18/05/2021	28	181
05	SIKA f _c = 210 kg/cm ²	23/04/2021	21/05/2021	28	208
06	SIKA f _c = 210 kg/cm ²	23/04/2021	21/05/2021	28	215

OBSERVACIONES :

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


 German Gastelo Chirinos
 LABORATORISTA-FERMATI S.A.C




 Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 123351

Informe 18: Resultados de ensayo a compresión de concreto adicionado con PVA y con otros tipos de curado para una edad de 28 días.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Page 01 of 01

SOLICITANTE: PEDRO JOSE CASTRO GRANDINO
PROYECTO: TERMINACION TRAMO ECONOMICA DEL AUTODUARDO DE CONCRETO F-118 FIGURA CON ALCONES REAJUSTADO CUMPLIENDO CON EL PRECIO TRADICIONAL Y ADTIVO DURABLE
UBICACION: Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Region de Lambayeque
FECHA RECEPCION: viernes, 24 de febrero de 2023 **FECHA EMISION:** viernes, 23 de mayo de 2023

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NORMA: MTC E 709 / ASTM C-78 / ASSHTO T-87

DATOS DE LA MUESTRA: f_c de Diseño: 21.0 kg/cm² Longitud de la Luz: 45.00 cm Cemento: Tipo I

N° MUESTRA	ELEMENTO	FECHA		ESPAZAMIENTO	ANCHO MEDIO (cm)	ALTO PROM. (cm)	DICT. A (cm)	CANTIDAD DE CEMENTO (Kg/m ³)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/cm ²)	OBSERVACION
		PREPARACION	ENSAYO							
1	APUNTA DE CUBA 300	15/04/21	17/05/21	30	17.0	15.4	—	167	31.87	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.
2	APUNTA DE CUBA 300	15/04/21	17/05/21	30	16.2	13.3	—	129	26.45	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.
3	APUNTA DE CUBA 300	15/04/21	17/05/21	30	15.0	15.8	—	141	30.28	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.
4	APUNTA DE CUBA 300	15/04/21	17/05/21	30	15.0	13.0	—	137	30.33	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.
5	CUBA PVA 250	15/04/21	17/05/21	30	17.0	13.0	—	200	34.40	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.
6	CUBA PVA 250	15/04/21	17/05/21	30	16.1	10.6	—	138	31.89	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.
7	CUBA PVA 300	15/04/21	17/05/21	30	17.1	13.5	—	169	24.40	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.
8	CUBA PVA 300	15/04/21	17/05/21	30	17.1	10.5	—	164	27.44	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.
9	CUBA PVA	15/04/21	17/05/21	30	16.1	14.0	—	174	30.23	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.
10	CUBA PVA	15/04/21	17/05/21	30	15.1	13.8	—	164	27.44	La fractura se inicia, dentro del tercer tramo de la luz libre.

OBSERVACIONES:
 - Muestreo e identificación realizadas por el solicitante.

1. Fórmula: La resistencia a flexión en la zona de ensayo, dentro del tercer tramo de la luz libre, el módulo de elasticidad de la siguiente forma:

$$R = \frac{F \cdot x \cdot l}{b \cdot x \cdot d^2}$$

2. Fórmula: La flexión máxima en la zona de ensayo, fuera del tercer tramo de la luz libre, se usa el módulo de elasticidad de la siguiente forma:

$$R = \frac{3P \cdot a}{b \cdot x \cdot d^2}$$

3. Si: a) El valor obtenido en la zona de ensayo, fuera del tercer tramo de la luz libre, es mayor del 90% de la luz libre, se usará la zona de ensayo de la luz libre de 1/3 de la luz.



PEDRO JOSE CASTRO GRANDINO
INGENIERO CIVIL
MTC. CIP. N° 147058



JESSICA MARCELO TORRES BELLONIS
INGENIERO CIVIL
MTC. CIP. N° 147058

Informe 19: Resultados de ensayo a flexión mediante probetas prismáticas a una edad de 28 días.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, EMULSIONES Y ASFALTOS CHICLAYO E.I.R.L.



INFORME DE ENSAYO

Pag: 01 de 01

SOLICITANTE: PEDRO JESÚS CASTRO GUPOCHO

PROYECTO: "EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL AUTOCURADO DE CONCRETO Fc= 310 Kg/cm² CON ALCOPOL POLIUNILICO COMPARADO CON EL PROCESO TRADICIONAL Y ADITIVO CURADOR".

UBICACIÓN: Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Región de Lambayeque.

FECHA RECEPCIÓN: viernes, 14 de Mayo de 2021

FECHA EMISIÓN: sábado, 22 de Mayo de 2021

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

NORMA: MTC E 709 / ASTM C-78 / ASSHTO T-97

N° MUESTRA	ELEMENTO	FECHA		EDAD (Días)	ANCHO PROM. (cm)	ALTO PROM. (cm)	DIST. a (cm)	LECTURA (Kg.)	MÓDULO DE ROTURA (kg/cm ²)	OBSERVACIÓN
		MOLDEO	ROTURA							
1	PATÓN C-1	14/04/21	17/05/21	28	15.3	15.3	—	7714	36.20	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
2	PATÓN C-2	14/04/21	17/05/21	28	15.2	15.3	—	7586	35.97	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
3	PVA C-3A	14/04/21	17/05/21	28	15.4	15.9	—	1652	22.83	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.
4	PVA C-3B	14/04/21	17/05/21	28	15.5	15.3	—	1675	25.41	La fractura se inicia, dentro del tercio medio de la luz libre.

OBSERVACIONES:

Muestreo e identificación realizados por el solicitante.

- R = Módulo de rotura (kg/cm²)
- P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo (kgf)
- l = Longitud libre entre apoyos (cm)
- b = Ancho promedio de la muestra (cm)
- d = Altura promedio de la muestra (cm)
- a = Distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano medido sobre la zona de tensión de la viga (cm).

1. Siempre si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{P \cdot x \cdot l}{b \cdot x \cdot d^2}$$

2. Siempre si la fractura ocurre en la zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor del 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente forma:

$$R = \frac{3P \cdot a}{b \cdot x \cdot d^2}$$

3. Si la fractura ocurre en la zona de tensión fuera del tercio medio de la luz libre es más del 5% de la luz libre, no se deberá tener en cuenta los resultados del ensayo.

LMSCEACH

 JEFE DE LABORATORIO

DISEÑADOR RAFAEL BENAVALDES MILLONES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 147808

Informe 20: Resultados de ensayo a flexión mediante probetas prismáticas a una edad de 28 días.

	FICHA TECNICA ALCOHOL POLIVINILICO	Página 1 de 2
		Fecha Actualización: Marzo 02 de 2017

1. DATOS GENERALES

- Fórmula química [-CH₂CHOH-]_n
- Número CAS 25213-24-5

2. USOS Y APLICACIONES

- Fabricación de adhesivos (adhesivos hidrosolubles, recubrimientos adhesivos rehumectables, prolongación del tiempo abierto de colas para madera y adhesivos a base de dispersiones de espesantes.
- Recubrimientos rehumectables (para papeles engomados que presentan la particularidad de no arquearse)
- Industria química y farmacéutica (coloide protector y agente emulsionante de polimerización, coloide protector y espesante en productos agroquímicos, espesante y auxiliar de brillo en detergentes y limpiadores)
- Auxiliares textiles (materia prima en la elaboración de encolantes para fibras naturales y sintéticas, aprestos y acabados textiles)
- Fabricación de pinturas (espesante en pinturas y revestimientos plásticos)
- Industria plástica (recubrimientos resistentes a los solventes, esponjas de alta absorción, películas sopladas, desmoldante, prendas resistentes a los solventes, por ejemplo: guantes, delantales, etc.).

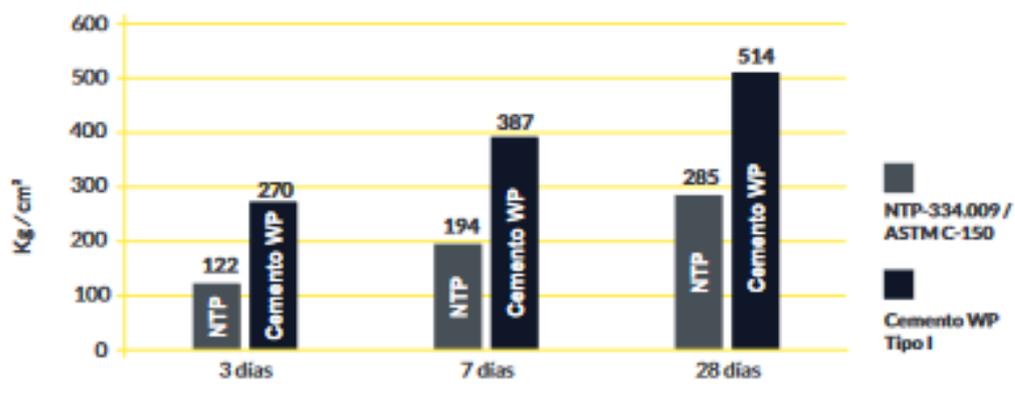
3. PROPIEDADES TÍPICAS

ITEM	ESPCIFICACIÓN
PH	5.00 – 7.00
Viscosidad (cps)	44.0 – 50.00
Hidrolisis (mole)	86.00% – 89.00%
Volátiles (wt)	≤ 5.00%
Ceniza (wt)	≤ 0.50%

Informe 20: Ficha técnica del alcohol polivinílico adquirido.

Requisitos Mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.009-2016 / ASTM C-150 vs. Cemento WP Tipo I



Propiedades Físicas/Químicas

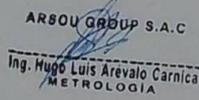
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Cemento WP Tipo I	REQUISITOS NTP-334.009-2016 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	5.30	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	398	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	270	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	387	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	514	Mínimo 285
Tiempo de Fraguado			
Fraguado Vicat inicial	min	136	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	172	Máximo 375
Composición Química			
MgO	%	1.80	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.43	Máximo 3.0
Pérdida por ignición	%	3.08	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.28	Máximo 1.5
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	%	4.60	No específica
Óxido Férrico (Fe ₂ O ₃)	%	3.24	No específica
Alcalis Equivalentes			
Total Alkalí	%	0.44	Máximo 0.60

CEMENTO WP TIPO I

Informe 21: Ficha técnica del cemento usado en todos los ensayos, en este caso fue uno de la marca WP Tipo I.

Anexo 03 – Fichas de Calibración de equipos.

Ficha 01: Certificados de calibración de la máquina de compresión y la máquina para el ensayo de flexión del concreto

		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1066-105-2020	Página 1 de 3
Arsou Group Laboratorio de Metrología			
Fecha de emisión	2020/09/20	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p>	
Solicitante	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.		
Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO		
Instrumento de medición	BALANZA		
Identificación	1066-105-2020		
Intervalo de indicación	5000 g		
División de escala Resolución	0.1 g		
División de verificación (e)	0.1 g		
Tipo de indicación	Digital		
Marca / Fabricante	ELECTRONIC SCALE		
Modelo	NO INDICA		
N° de serie	NO INDICA		
Procedencia	CHINA		
Lugar de calibración	Laboratorio de LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO E.I.R.L.		
Fecha de calibración	2020/09/17		
Método/Procedimiento de calibración "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrología Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)			
			
			
ARSOU GROUP S.A.C. Asoc. Vv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Peru Telf: +51 901 1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437 ventas@arsougroup.com www.arsougroup.com			



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1066-105-2020

Página 2 de 3

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0828-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0826-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0827-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 25 kg	0170-CLM-2019

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 2500 g			Carga L1= 5000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2500.0	0.05	-0.09	5000	0.05	-0.1
2	2500.0	0.04	-0.1	5000	0.07	-0.06
3	2500.0	0.04	-0.05	5000	0.05	-0.08
4	2500.0	0.05	-0.09	5000	0.03	-0.1
5	2500.0	0.06	-0.04	5000	0.06	-0.11
6	2500.0	0.04	-0.06	5000	0.07	-0.12
7	2500.0	0.04	-0.09	5000	0.05	-0.11
8	2500.0	0.05	-0.08	5000	0.05	-0.1
9	2500.0	0.04	-0.08	5000	0.05	-0.11
10	2500.0	0.05	-0.1	5000	0.04	-0.1
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
2500	0		1			
5000	0		2			

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Peru
Telf: +51 301 1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1066-105-2020

Página 3 de 3

Arso Group
Laboratorio de Metrología

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	l (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0.04	-0.01	500	500	0.06	-0.01	0.01
2		1	0.06	-0.02		500	0.04	-0.01	0
3		1	0.04	0		500	0.05	-0.02	-0.02
4		1	0.03	0.01		500	0.04	0.04	0.03
5		1	0.05	-0.02		500	0.04	0.03	0.02

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1.0	1.0	0.05	-0.01						1
5.0	5.0	0.06	0.03	0.03	5.0	0.06	0.01	0.01	1
10.0	10.0	0.04	-0.04	0.02	10.0	0.05	-0.04	-0.04	1
50.0	50.0	0.03	0	0.04	50.0	0.05	-0.03	-0.03	1
100.0	100.0	0.05	0.01	0.03	100.0	0.06	-0.01	0.02	1
500.0	499.9	0.04	0.09	0.02	499.9	0.04	-0.01	0.02	1
1000.0	999.9	0.03	0.08	0.04	999.9	0.03	0	0.01	1
2000.0	1999.8	0.05	0.08	0.03	1999.8	0.05	-0.1	-0.07	2
3000.0	2999.9	0.09	0.09	0.02	2999.9	0.06	-0.09	-0.05	2
4000.0	3999.9	0.09	0.09	0.04	3999.9	0.05	-0.11	-0.04	2
5000.0	4999.8	0.08	0.05	0.05	4999.8	0.04	-0.12	-0.13	2

Leyenda

l: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U_R = 2 \cdot \sqrt{0.00195 \text{ g}^2 + 0.000000088381 \text{ R}^2}$$

$$\text{Lectura Corregida } R_{\text{corregida}} = R + 7.010588872 \text{ R}$$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.
Asoc. Vv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1068-105-2020

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2020/09/20

Solicitante **LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO**

Dirección AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO

Instrumento de medición **BALANZA**

Identificación 1068-105-2020

Intervalo de indicación 30000 g

División de escala Resolución 1 g

División de verificación (e) 1 g

Tipo de indicación Digital

Marca / Fabricante OHAUS

Modelo EB30

N° de serie 8033071912

Procedencia USA

Lugar de calibración Laboratorio de LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO-CHICLAYO E.I.R.L.

Fecha de calibración 2020/09/17

Método/Procedimiento de calibración
"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metroológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0828-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0826-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0827-LM-2019
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 25 kg	0170-CLM-2019

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000.0	0.07	-0.12	30000	0.05	-0.1
2	15000.0	0.07	-0.15	30000	0.04	-0.12
3	15000.0	0.08	-0.12	30000	0.05	-0.13
4	15000.0	0.06	-0.11	30000	0.04	-0.1
5	15000.0	0.07	-0.12	30000	0.03	-0.11
6	15000.0	0.07	-0.13	30000	0.05	-0.12
7	15000.0	0.06	-0.11	30000	0.04	-0.13
8	15000.0	0.07	-0.12	30000	0.05	-0.1
9	15000.0	0.09	-0.12	30000	0.04	-0.11
10	15000.0	0.08	-0.1	30000	0.05	-0.12

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
15000	0	1
30000	0	5

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGIA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz. C. Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Mín ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E0 (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0.04	-0.09	500	500	0.07	-0.02	0.07
2		1	0.07	-0.02		500	0.07	-0.02	0
3		1	0.05	0		500	0.08	-0.03	-0.03
4		1	0.02	0.03		500	0.07	0.08	0.05
5		1	0.07	-0.02		500	0.06	0.19	0.21

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	1	0.07	-0.02						1
5	5	0.04	0.01	0.01	5	0.04	0.01	0.03	1
10	10	0.03	-0.01	0.01	10	0.04	-0.03	-0.05	1
500	500	0.05	0	0	500	0.02	-0.07	-0.05	1
1000	1000	0.06	0	0	1000	0.06	-0.04	0.01	1
2500	2500	0.04	0.01	0.01	2500	0.06	-0.01	0.01	1
5000	5000	0.06	-0.02	0.02	5000	0.05	0	0.02	1
10000	10000	0.07	-0.05	0.03	10000	0.06	-0.3	-0.05	1
15000	14999	0.15	0.01	0.01	14999	0.15	0.43	0.18	5
20000	20000	0.05	0.09	0.03	20000	0.07	-0.12	-0.02	5
30000	29999	0.09	0.15	0.18	29999	0.09	-0.28	-0.24	5

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

$$\text{Incertidumbre expandida de medición } U_p = 2 \cdot \sqrt{0.16706 \text{ g}^2 + 0.0000000008320 \text{ R}^2}$$

$$\text{Lectura Corregida } R_{\text{corregida}} = R + 0.844152519 \text{ R}$$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
- La Incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
- Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. VV. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Peru
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1072-105-2020

Página 1 de 3

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2020/09/20
Solicitante	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO- CHICLAYO
Dirección	AV. AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 287 P.J. SIMON BOLIVAR LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
Instrumento de medición	PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO
Identificación	1072-105-2020
Marca	CYM
Modelo	PM-20
Serie	202002
Capacidad	100,000 kg
Indicador	FORNEY
Serie	NO INDICA
Bomba	ELÉCTRICA
Procedencia	USA
Lugar de calibración	Laboratorio de LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, EMULSIONES Y ASFALTO-CHICLAYO E.I.R.L.
Fecha de calibración	2020/09/17

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines". Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1072-105-2020

Página 2 de 3

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 TN	192-19 con trazabilidad INF-LE 250-18.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 18,3 °c	Final: 18,0 °C
Humedad Relativa	Inicial: 87 %hr	Final: 87 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

SISTEMA DIGITAL "A" Kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" Kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) Kg	SERIE (2) Kg	ERROR %	ERROR (2) %			
10000	10002	9999	0.02	-0.01	10000.5	0.005	0.02
20000	19990	19990	-0.05	-0.05	19990.0	-0.05	0.00
30000	29998	29980	-0.01	-0.07	29989.0	-0.04	0.04
40000	39930	39920	-0.18	-0.2	39925.0	-0.19	0.02
50000	50010	49995	0.02	-0.01	50002.5	0.01	0.02
60000	59950	59960	-0.08	-0.07	59955.0	-0.08	0.01
70000	69980	69990	-0.03	-0.01	69985.0	-0.02	0.01
80000	80041	80040	0.05	0.05	80040.5	0.05	0.00

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- 1.- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$
- 3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
 ventas@arsougroup.com
 www.arsougroup.com