

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA.
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



INFLUENCIA DEL CURADO ARTIFICIAL DEL CONCRETO POR ROCIADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO PREMEZCLADO $F'C= 280 \text{ Kg/cm}^2$.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES

AUTORES:

BR. JONATHAN LUIS BURGOS GONZALES

BR. PAUL HUAYNATES ARAUJO

JURADO EVALUADOR:

PRESIDENTE: ING. GALICIA GUARNIZ, WILLIAM

SECRETARIO: ING. VARGAS LOPEZ, SEGUNDO ALFREDO

VOCAL: ING. GARCIA RIVERO, JUAN PABLO

ASESOR: ING. BURGOS SARMIENTO TITO ALFREDO

CODIGO Orcid: 0000-0003-2143-1566

TRUJILLO-PERÚ

2022

Fecha de sustentación: 2022/Diciembre/15

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA.
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



INFLUENCIA DEL CURADO ARTIFICIAL DEL CONCRETO POR ROCIADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO PREMEZCLADO $F'C= 280 \text{ Kg/cm}^2$.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONSTRUCCIÓN Y MATERIALES

AUTORES:

BR. JONATHAN LUIS BURGOS GONZALES

BR. PAUL HUAYNATES ARAUJO

JURADO EVALUADOR:

PRESIDENTE: ING. GALICIA GUARNIZ, WILLIAM

SECRETARIO: ING. VARGAS LOPEZ, SEGUNDO ALFREDO

VOCAL: ING. GARCIA RIVERO, JUAN PABLO

ASESOR: ING. BURGOS SARMIENTO TITO ALFREDO

CODIGO Orcid: 0000-0003-2143-1566

TRUJILLO-PERÚ

2022

Fecha de sustentación: 2022/Diciembre/15

MIEMBROS DEL JURADO

.....
Ing. William Galicia Guarniz
PRESIDENTE
CIP: 96091

Ing. Segundo Vargas Lopez
SECRETARIO
CIP: 18687

Ing. Juan Pablo García Rivera
VOCAL
CIP: 68614

Ing. Burgos Sarmiento Tito Alfredo
ASESOR
CIP: 82596

ACREDITACIONES

TÍTULO: INFLUENCIA DEL CURADO ARTIFICIAL DEL CONCRETO POR ROCIADO
SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO
PREMEZCLADO F'C= 280 Kg/cm².

AUTOR (ES)

BR. JONATHAN LUIS BURGOS GONZALES
BR. PAUL HUAYNATES ARAUJO

APROBADO POR:

Ing. William Galicia Guarniz
PRESIDENTE
CIP: 96091

Ing. Segundo Vargas Lopez
SECRETARIO
CIP: 18687

Ing. Burgos Sarmiento Tito Alfredo
ASESOR
CIP: 82596

Ing. Juan Pablo García Rivera
VOCAL
CPI: 68614

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Siguiendo los lineamientos del reglamento de grados y títulos de la facultad de Ingeniería en la Universidad Privada Antenor Orrego, se presenta el informe de tesis titulado **“INFLUENCIA DEL CURADO ARTIFICIAL DEL CONCRETO POR ROCIADO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO PREMEZCLADO F’C= 280 Kg/cm²”**, para su evaluación, con el objetivo de adquirir el título de Ingeniero civil.

Atentamente

Br. Jonathan Luis Burgos Gonzales.

Br. Paul Huaynates Araujo.

Trujillo, 03 de febrero del 2022.

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo de investigación ante todo a Dios por permitirme cumplir un sueño y empezar mi vida profesional en esta noble profesión que la ingeniería civil la que me permite trabajar por el progreso de mi País.

Doy mi más grande reconocimiento a las personas que hicieron de mí la persona que soy, hoy a mi Madre Sra. Gloria Margot Alfaro Cancino y a mi padre el Sr. Marco Antonio Burgos Cancino, a mi esposa Ruby Miranda Rabanal a mi hijo Mauricio por ser el núcleo de apoyo y amor incondicional.

A mis segundos padres a la Sra. Elvira Paredes Paredes y al Sr. Arturo Montoya Cancino por su apoyo incondicional, todo mi afecto y gratitud, por siempre.

Br. Jonathan Luis Burgos Gonzales

A Dios mi Creador
Le dedico el esfuerzo
Y sacrificio realizado en
El presente estudio.

A mi amada familia
Por Acompañarme en todos
Estos años de estudio

Br. Paul Huaynates Araujo.

AGRADECIMIENTO

Se hace un reconocimiento a la Universidad Privada Antenor Orrego, en especial dirigido a la escuela de ingeniería civil de, por los saberes y orientaciones transmitidas para conseguir una óptima formación profesional.

Un cordial agradecimiento a los asesores de la tesis, Ing. Rolando Ochoa Zevallos y al Ing. Tito Alfredo Burgos Sarmiento, quien nos supo guiar en la línea de investigación hasta concluir el estudio.

Al Ing. Gerardo Espínola, por la colaboración para realizar los ensayos requeridos en esta investigación, al permitir disponer de los laboratorios de Corporación A&J Construcción y Consultoría S.A.C

A la empresa Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L, por las facilidades que brindo para poder evaluar en concreto pre mezclado que despacho en la Obra “Proyecto Edificio Multifamiliar Sky Tower”, de la Constructora JHP S.A.C.

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue determinar el efecto del curado artificial del concreto comparando la efectividad de tres tipos de aditivos curadores, para esto se realizaron probetas de concreto premezclado empleando cemento Pacasmayo Tipo I y agregados de la cantera natural denominada Quebrada de León, ubicada en Río Seco, distrito del porvenir - Trujillo. Los cuales cumplieron los usos granulométricos de la NTP 400.012, con un contenido de humedad de 1.12%, un porcentaje de Adsorción promedio de 1.83%, peso específico de 2.44 g/cm³, Peso Unitario Suelto de 1689.19 Kg/m³ y Peso Unitario Compactado de 1929.6 Kg/m³.

Respecto al concreto Premezclado de cemento Tipo I, está caracterizado con un Peso Unitario de concreto fresco de 2353 Kg/m³, un slump de 4" a 6", con una Temperatura de concreto fresco de 21 °C y con una relación a/c de 0.58. Una vez realizados los ensayos entre los tres aditivos curadores artificiales de concreto y una de muestra patrón, se demostró en el análisis estadístico que no existe diferencia significativa entre las medias de los resultados del Aditivo Sikacemcurador y Membranil, pero si entre el Sikacemcurador y el Z Membrana blanco; por otra parte entre el Membranil y Z Membrana blanco la diferencia de medias tampoco es significativa; sin embargo, estos dos últimos aditivos curadores mencionados, no llegaron a la resistencia de diseño requerida ($f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$) a los 28 días, donde el menor valor lo obtuvo el curador Z Membrana Blanco con una reducción de 4.64% ($f'c = 267 \text{ Kg/cm}^2$) de la resistencia requerida de diseño del concreto, seguido del aditivo Membranil Reforzado con una disminución de 2.14% ($f'c = 274 \text{ Kg/cm}^2$).

Por otro lado, el uso del aditivo Sikacemcurador para el curado por aspersión, brindo el valor de 287 Kg/cm², esto demuestra que, aunque los aditivos curadores artificiales afectan disminuyendo el grado y la tasa de hidratación del cemento al compararlo con el curado por inmersión, la resistencia obtenida con los curadores artificiales proporciona una gran alternativa al cumplir en alcanzar la resistencia de diseño requerida a los 28 días.

ABSTRACT

The main objective of the present study was to determine the effect of artificial curing of concrete by comparing the performance of three types of curing additives, for which ready-mixed concrete specimens were made using Pacasmayo Type I cement and aggregates from the natural quarry called Quebrada de León, located in Río Seco. In the district of Huanchaco, Trujillo. Which met the granulometric spindles of the NTP 400.012, with a moisture content of 1.12%, an average Adsorption percentage of 1.83%, specific weight of 2.44 g/cm³, Loose Unit Weight of 1689.19 Kg /m³ and Compacted Unit Weight of 1929.6 Kg/m³.

Regarding ready-mix concrete of Type I cement; was characterized with a Unit Weight of fresh concrete of 2353 Kg/m³, a slump of 4" to 6", with a temperature of fresh concrete of 21 °C and with a w/c ratio of 0.58.

Once the tests were carried out between the three artificial concrete curing additives and one of the standard sample, it was demonstrated in the statistical analysis that there is no significant difference between the means of the results of the Sikacemcurator and Membranil Additive, but between the Sikacemcurator and the Z White membrane; On the other hand, between Membranil and Z Membrana white, the difference in means is not significant either. However, these last two mentioned curative additives did not reach the required design resistance ($f'c = 280 \text{ Kg /cm}^2$) at 28 days, where the lowest value was obtained by the curator Z Membrana Blanco with a reduction of 4.64% ($f'c = 267 \text{ Kg/cm}^2$) of the required concrete design strength, followed by the Reinforced Membranil additive with a decrease of 2.14%. ($f'c = 274 \text{ Kg /cm}^2$)

On the other hand, the use of Sikacemcurador additive for spray curing, provided the value of 287 Kg/cm², this shows that, although artificial curing additives affect by decreasing the degree and rate of cement hydration when compared to curing by immersion, the resistance obtained with artificial cures provides a great alternative to meet the required design resistance at 28 days.

INDICE

PRESENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática.	11
1.2. Formulación del Problema.....	12
1.3. Objetivos de la Investigación.....	12
1.3.1. Objetivo General.....	12
1.3.2. Objetivos Específicos	12
1.4. Justificación de la Investigación	13
CAPÍTULO II: MARCO DE REFERENCIA	14
2.1. Antecedentes del Estudio.....	14
2.2. Marco Teórico	17
2.2.1. Cemento	17
2.2.2. Cemento Portland.....	17
2.2.3. Concreto Premezclado	17
2.2.4. Algunas Ventajas.....	17
2.2.5. Características Físicas del Concreto	18
2.2.6. Componentes Físicos del Cemento Portland	19
2.2.7. Hidratación del Concreto	20
2.3. Marco Conceptual	22
2.3.1. El Curado del Concreto	22
2.3.2. ¿Por qué Curar?	22
2.3.3. Métodos para Curar el Concreto.....	23

2.3.3.1.	Métodos que mantienen el agua de mezcla (Aportadores de Agua)	23
2.3.3.2.	Métodos que reducen la evaporación del agua de mezcla sellando la superficie.....	24
2.3.4.	Resistencia a la Compresión.....	25
2.3.5.	Factores que afectan la resistencia del Concreto.....	26
2.4	Hipótesis: Hipótesis General y Hipótesis Específicos	28
2.5.	Operacionalización de las Variables	28
CAPÍTULO III: METODOLOGIA		30
3.1.	Tipo de investigación, Alcance o Nivel.....	30
3.1.1.	Descripción	30
3.2.	Población y Muestra	30
3.2.1.	Unidad de Análisis	30
3.2.2.	Muestras	31
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Investigación	32
3.4.	Diseño de Investigación	33
3.4.1.	Estudio de las Propiedades Físicas de los Agregados.....	33
3.4.1.1.	Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	33
3.4.1.2.	Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (NTP 400.021,2013) Materiales y Equipos.....	34
3.4.1.3.	Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino y Grueso.....	35
3.4.1.4.	Contenido de Humedad del agregado Fino y Grueso: NTP 339.185:2013 - ASTM C 70.	37
3.4.1.5	Análisis Granulométrico de los Agregados. NTP 400.012:2013 - ASTM C136.....	38
3.4.1.6	Cantidad de Agregados Finos que pasan por el tamiz N°200	39
3.4.2	Ensayos de Laboratorio del Concreto Fresco	40
3.4.2.1.	Muestreo de Mezclas de Concreto Fresco Premezclado: NTP 339.036, 201.	40
3.4.2.2.	Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto: NTP 339.034, 2008	41
3.4.2.3.	Asentamiento del Concreto con el Cono de Abrams: (NTP 339.035, 2015) ...	43

3.4.2.4.	Temperatura (NTP 339.184, 2013).....	45
3.4.2.5.	Peso Unitario del Concreto: (NTP 339.046, 2013).....	47
3.4.3.	Ensayos de Laboratorio del Concreto Endurecido	48
3.4.3.1	Resultados de los Ensayos de Laboratorio del Agregado Fino.	48
3.5	Procesamiento y análisis de datos.....	49
3.5.1.	Procedimiento de datos.....	50
3.5.1.1	Nivel de Significancia.	50
3.5.1.2	Criterio de Rechazo.....	50
3.5.1.3	Promedio.....	50
3.5.1.4	Varianza.....	51
3.5.1.5	Desviación Estándar.....	51
3.5.1.6	Coeficiente de Variación.....	52
4.0	Resultados.....	53
4.1.	Resultados de las Propiedades Físicas del Agregado Fino	53
4.1.1.	Análisis Granulométrico de Arena Gruesa.....	53
4.1.2.	Contenido de Humedad del Agregado Fino – NTP: 339.185,2016.....	54
4.1.3.	Peso Unitario Suelto del Agregado Fino- NTP: 400.017,2016.....	55
4.1.4.	Peso Unitario Compactado del Agregado Fino - NTP: 400.017,2016	55
4.1.5.	Peso Específico y Absorción del Agregado Fino - NTP: 400.022.....	56
4.2.	Resultados de las Propiedades Físicas del Agregado Grueso.....	57
4.2.1.	Análisis granulométrico de la Grava	57
4.2.2.	Contenido de Humedad del Agregado Grueso.....	58
4.2.3.	Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso	58
4.2.3.	Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso.....	58
4.2.3.	Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso	58
4.2.4.	Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso.....	59
4.2.5.	Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.....	59
4.3	Diseño de Mezclas	60

4.3.1.	Determinación de la consistencia del concreto Pre-Mezclado (Prueba de Slump).....	61
4.4.	Resultados de Ensayos del Curado Artificial	62
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		67
CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES		69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		70
APENDICE A		
Diseño de Mezcla concreto Premezclado.....		71
APÉNDICE B		
Resultados de los ensayos y las pruebas de normalidad en SPSS (Anova).....		73
ANEXO 1		
Especificaciones técnicas de los Aditivos Curadores.....		79
Ficha técnica Z-Membrana-Blanco		80
Ficha técnica Sika Cem Curador		82
Ficha técnica HT MEMBRANIL REFORZADO V02.2017		84
ANEXO 2		
Fotografías		86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01.- Cuadro de Operacionalización de Variables.....	29
Tabla N° 02.-. Codificación y dosificación de aditivos en las muestras experimentales.	30
Tabla N°03.- Matriz experimental, diseño de comparación simple, con 5 réplicas	32
Tabla N° 04.- Clasificación Granulométrica de la Arena gruesa	53
Tabla N° 05.- Contenido de Humedad de la Arena gruesa.....	53
Tabla N° 06.- Peso Unitario Suelto de la Arena Gruesa	55
Tabla N° 07.- Peso Unitario Compactado de la Arena Gruesa	55
Tabla N° 08.- Peso Específico y Absorción de la Arena Gruesa	56
Tabla N° 09.- Clasificación Granulométrica de la Grava.....	57
Tabla N° 10.- Contenido de Humedad de la Grava	58
Tabla N° 11.- Peso Unitario Suelto de la Arena Gruesa	58
Tabla N° 12.- Peso Unitario Compactado de la Grava	59
Tabla N° 13.- Peso Específico y Absorción de la Grava.....	59
Tabla N° 14.- Dosificación de Mezclas de Concreto - Planta Pre Mezclado Moche Conforme ASTM C94/ NTP 334.114	60
Tabla N° 15.- Resultados del asentamiento del concreto para 3, 7, 14, 21 y 28	61
Tabla N° 16.- Medición de la Temperatura del concreto fresco tomado para la elaboración de los testigos de concreto	61
Tabla N° 17.- Matriz experimental del diseño de comparación simple, con cinco réplicas.....	62
Tabla N° 18: Análisis de Varianza para comparar múltiples medias - Software IBM SPSS	65
Tabla N°19.- Resumen de procesamiento de casos	65
Tabla N°20.- Resúmenes de casos con el tamaño de testigos es el mismo	65
Tabla N°21.- Prueba Pos hoc – Método Tukey	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Análisis Granulométrico.....	43
Figura 2.- Toma de Muestra de Mixer.....	44
Figura 3.- Varilla de Acero.....	47
Figura 4.- Cono de Abrams.....	47
Figura 5.- Termómetro digital.....	48
Figura 6.- Medición de temperatura, recién descargado y a la intemperie.....	49
Figura 7.- Máquina de Ensayo de Compresión.....	51
Figura 8.- Contenido de Humedad de la Arena Gruesa.....	53
Figura 9.- Clasificación Granulométrica de la Grava y sus usos Granulométricos.....	57
Figura 10.- Clasificación Granulométrica de la Grava y sus usos Granulométricos.....	61
Figura 11.- Ensayo comparativo del curado artificial utilizando aditivos curadores del mercado nacional vs un curado patrón sumergido en agua.....	67
Figura 12.- Comparación de la resistencia del concreto a los 28 días de edad, con cada tipo de curador artificial y el curado sumergido en agua	69

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática.

Se contempló que, el concreto premezclado y entregado al comprador en estado fresco, es en la actualidad el modo de trabajo más común en el mundo de la construcción de estructuras de concreto, tanto en obras privadas, como públicas. Y este debe su éxito en demanda fundamentalmente a dos factores:

Conforme avanza la tecnología en el sector construcción se requieren de nuevas prestaciones de concreto como, por ejemplo, una alta resistencia inicial, alta resistencia final, características y propiedades particulares como concretos autocompactantes, impermeables, fluidos etc.; o también por temas arquitectónicos, concretos texturados o coloreados, es allí donde el concreto premezclado se transforma en un servicio fundamental e importante en el sector construcción. Otro factor sustancial es el coste del concreto premezclado, ya no necesitamos de espacio en obra, ni personal de mezclado, cero desperdicios, dando una mayor rapidez a las operaciones y al mismo tiempo brindándonos una certificación de calidad; todo esto ahorra tiempo, por lo tanto, reduce gastos generales.

En el uso de concreto premezclado el contratista estudia las especificaciones técnicas de su proyecto, volúmenes a usar, el tipo, características y propiedades del concreto, responsabilizándose del proceso constructivo; donde se determina la colocación, el compactado y curado del concreto, recordando que el concreto se entrega en estado fresco y una de sus principales propiedades de compra es la resistencia a la compresión a obtener.

El curado del concreto es un proceso fundamental sobre la calidad en las propiedades del concreto endurecido, para lo cual, existen dos métodos comúnmente usados: El primer método trata del uso de agua y materiales humectados que cubren la superficie del concreto al ponerlos en contacto directo, y el segundo método es con el uso de materiales selladores o curadores químicos, que se aplican sobre la superficie del concreto y el uso de materiales impermeables como protección.

En la actualidad es muy común observar el uso de productos de curado de concreto, en lugar de usar el tradicional método de agregar agua cada cierto tiempo de manera

constante sobre las superficies de concreto recién coladas. Sin embargo, existen muchos productos y escasa información sobre el comportamiento y modo de actuar de estos, resultados a esperar en comparación a un curado ideal, en laboratorio, con probeta sumergida.

Una circunstancia en el concreto premezclado es el uso de aditivos plastificantes o superplastificantes, La razón de su uso, se debe a que la resistencia del hormigón es inversamente proporcional a la cantidad de agua añadida o al coeficiente de la relación agua cemento (a/c). Con el fin de producir hormigones más resistentes, se reduce la cantidad de agua añadida, lo que consigue mezclas de difícil manejo, haciendo necesario el uso de estos aditivos. Dejándonos una interrogante de la influencia de con la interacción de productos de curado artificial.

Es muy común el uso de curadores artificiales, existen varios productos con una amplia variabilidad de componentes químicos en venta en el mercado nacional, es por eso necesario evaluar el curado artificial del concreto, evaluar sus resultados, compararlos y así poder determinar la influencia de este método y la incidencia que tiene sobre la propiedad de resistencia a la compresión de un concreto premezclado.

1.2. Formulación del Problema.

¿Cuál es la influencia del curado artificial del concreto por rociado sobre la resistencia a la compresión en concreto premezclado $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$?

1.3. Objetivos de la Investigación.

Objetivos Generales.

- Determinar la influencia que ejerce el curado artificial sobre la resistencia a la compresión en un concreto premezclado $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.

Objetivos Específicos.

- Ejecutar ensayos de caracterización de los agregados.
- Determinar la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas curadas por inmersión en agua y con aditivos químicos a edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días.
- Realizar el análisis estadístico para determinar el efecto del curado artificial sobre la resistencia a la compresión del concreto.

- Determinar cuál curador artificial alcanza el 85% de la resistencia de diseño del concreto en el menor periodo de tiempo.

1.4. Justificación del Estudio.

El concreto a pesar de su peso y estructura es un material delicado; hay que tener mucha precaución en su vaciado, en las proporciones adecuadas de sus componentes y especialmente en su curado.

El proceso de curado es un factor importante y su función principal es precisamente evitar la pérdida de la humedad necesaria para su fraguado, por lo que es imprescindible mantenerla para que se complete la reacción química que provoca el endurecimiento y la evolución de su resistencia.

Si tiene poca o mucha agua la mezcla no alcanza su máxima eficiencia; actualmente en el mercado peruano podemos encontrar muchas clases de aditivos curadores de concreto, los cuales por su composición química y propiedades físicas poseen variedad de mecanismos de acción, aun así, existe desconocimiento en el nivel de calidad de estos aditivos; donde las dosificaciones recomendadas por las fichas técnicas proporcionadas por el productor encargado de realizar y justificar distintos tipos de ensayos y análisis fabricados con distintos componentes a los productos locales, por lo cual un estudio del curado artificial y el curado tradicional empleando agua, nos ofrecerá un panorama de resultados empíricos con el objetivo de obtener una certidumbre en los resultados esperados.

Los curadores a utilizar son productos distribuidos en el mercado nacional de las marcas: Sika, Chema, Z aditivos y Aditivos Especiales.

2. MARCO DE REFERENCIA.

2.1. Antecedentes del estudio.

- Aguilar (2019), en su informe de tesis “Influencia del curado del concreto con aditivos químicos en la resistencia a la compresión y permeabilidad de mezclas de concreto convencional” La Libertad, el cual, tuvo como objetivo determinar la influencia de los curadores: de la marca Sika Antisol S, Super Curador Chema y Per Kurevista sobre la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto convencional. Para la elaboración de las probetas se usó el cemento Pacasmayo Tipo I, para elaborar un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ aditivadas con los curadores mencionados por aspersion, excepto las de probetas de control que fueron curadas por inmersión en agua.

En los ensayos realizados de resistencia a la compresión, fueron ensayadas a los 3, 7 y 28 días de curado; obteniendo como resultado que las probetas patrón curadas por inmersión en agua son de 301 kg/cm^2 , mientras que el Super Curador Chema, obtuvo 270 kg/cm^2 , 90% del concreto patrón, Per Kurevista, con 266 kg/cm^2 , equivalente al 88% del concreto patrón y Sika Antisol S con 280 kg/cm^2 , que viene a ser el 93% del concreto patrón (p. 57).

Con lo cual esta investigación aporta valores cercanos a obtener en la resistencia a la compresión, apoyando el planteamiento de la hipótesis, rescatando el uso de aditivos de fácil obtención en el mercado nacional y aun cuando la muestra que usaremos es concreto premezclado, ambas son de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y cemento Tipo I.

- Jácomo (2019), en su Tesis de grado realizo la investigación titulada “Influencia del curado del concreto con agua y curado artificial en la resistencia a la compresión del concreto”- La Libertad, El objetivo que se planteo es determinar el efecto al comparar dos aditivos de curado artificial vs un curado con agua tradicional sobre la resistencia a la compresión a los 28 días de maduración de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y cemento Tipo I. Los aditivos que utilizo son Sikacemcurador y Membranil Vista. Obtuvo como resultados una resistencia a la compresión de 204 kg/cm^2 con el curado tradicional con agua, 180.25 kg/cm^2 para el curado con Sikacemcurador y 170.5 kg/cm^2 con el curador Membranil Vista, llegando a la conclusión que el método tradicional con agua logra otorgar una resistencia de compresión mayor del concreto (p. 48).

Esta investigación nos brinda un diseño de mezcla para el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado por el método ACI 211, el cual, arrojó una proporción por peso de 1:1.75:2.58 y 0.56 de agua.

- Loya (2018), realizó la “Evaluación de la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio, en el distrito de Yanacancha, Pasco” su objetivo fue comparar las diferencias obtenidas en los resultados de un concreto curado en laboratorio y en obra, por diferentes métodos de curado empleados: en base al aditivo Membranil, rociado, con una tela, a la intemperie y bajo inmersión en agua. Concluyeron que el curado realizado en el laboratorio alcanza resistencias superiores a los curados realizados en obra, sin embargo, el método de curado en base al aditivo curador Membranil no resultaron ser más efectivas que el método de curado a base agua (p.116).

Los métodos de curados utilizados en esta investigación nos ayudaron a definir la técnica y procedimientos necesarios para evaluar el curado de concreto en obra.

- Cuellar y Sequeiros (2017), investigaron sobre la “Influencia del curado en la resistencia a la compresión del concreto preparado con cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP en la ciudad de Abancay – Apurímac” tuvo como objetivo demostrar el efecto que tiene el curado en el concreto para lo cual se sometieron a tres condiciones diferentes; la primera (C1) será como normalmente se hace en los laboratorios, curados en pozos de agua sumergidos luego de ser desmoldados hasta la edad en que se harán las roturas (ASTM C31); el segundo método de curado (C2), será a través del riego cada cierto tiempo como normalmente se hace en cualquier tipo de obra (ASTM C150) y por último el tercer tipo (C3), será dejado a la intemperie (ASTM C525). De los resultados obtenidos concluyeron que la variación tomando como patrón el primer método de curado, varía con el segundo método presentando una reducción en la resistencia a la compresión en un rango de 3.57 % a 16% y con respecto al tercer método la reducción se encuentra en el rango de 17.19% a 26.14% ya que estos ensayos se realizaron en diferentes localidades para observar las variaciones a diferentes climas y también se usó dos tipos de Cemento (p.166).

Sin embargo, el aporte de esta investigación nos brinda un panorama de resultados a esperar, así luego, comparar el tradicional curado con agua en obra, con el curado artificial por el uso de aditivos.

- Medina y Quispe (2017), investigaron sobre la “protección óptima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo” tuvo como objetivo encontrar con ensayos experimentales el material necesario para la protección más óptima en el proceso de curado y brinde la mejor influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo. Los ensayos se dividieron en tres grupos: de control óptimo, congelado y experimental. Los grupos óptimos recibieron un curado de modo sumergido. Los grupos de congelado fueron curados en forma sumergida y aspersion, a su vez, expuestos a periodos de congelamiento y deshielo. Finalmente, El grupo experimental fue curado usando: polietileno con papel, polietileno con aserrín, lamina de poliestireno expandido (Tecnopor), lamina de polietileno con burbuja de aire, polietileno con espuma de poliuretano y con un aditivo curador (ANTISOL S) los cuales también fueron sometidos a periodos de congelamiento y deshielo. Llegando a la conclusión que el polietileno con aserrín ofrece la óptima protección para concretos expuestos a periodos de congelamiento y deshielo, el cual aseguro que la resistencia de diseño no sea afectada por las variaciones de temperatura; comprobando que: si existe una correspondencia directa entre la temperatura interna de la protección y la resistencia a la compresión del concreto. (p. 133)

Esta investigación nos brinda información valiosa en unos ensayos preliminares de su diseño patrón y, además, los datos del aditivo curador que brinda una película impermeable, tanto como dosificación, método y resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

2.2. Marco teórico.

2.2.1. El Cemento

Es un compuesto finamente pulverizado que contiene de óxido de calcio, sílice, alúmina y óxido de hierro como elementos principales y que, al combinarse con una cantidad requerida de agua, se transforma en una pasta que en un periodo de tiempo puede endurecerse tanto en el agua como en el aire. (Rivera, 2008)

2.2.2. Cemento Portland

Es el producto del proceso de pulverización del clinker Portland, al cual se le agrega sulfato de calcio en una o más formas. A este producto también se le agregan elementos adicionales con la finalidad de darle ciertas propiedades específicas o menguar otras. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados simultáneamente con el clinker. (Rivera, 2008)

2.2.3. Concreto premezclado

Cuando nos referimos al “concreto premezclado” debemos entender que se trata de un concreto preparado en una planta, en instalaciones equipadas con grandes maquinarias y equipos de mezclado y que son transportadas hasta la obra por camiones especiales, denominados mixer o mezcladores. Una vez en el lugar de destino se descarga generalmente por medio de bombas estacionarias o telescópicas, aunque en algunos casos por descarga directa.

2.2.4. Algunas ventajas

Entre las ventajas que posee el concreto premezclado, sobre aquel que se elabora en obra, podemos señalar:

- La capacidad del volumen producción de una planta de concreto premezclado es infinitamente superior a cualquier instalación tradicional de fabricación de concreto en obra, de esta manera se puede aumentar la producción diaria de concreto y reducir los tiempos de programación de obra.
- El constructor puede centrarse actividad fundamental: la construcción, sin necesidad de tener equipos, materiales, espacio y personal encargado del diseño y elaboración de concreto.

- El costo del m³ del concreto premezclado es plenamente conocido por el usuario, mientras del costo de fabricación del concreto producido en obra es muy complejo de estimar.
- Reducción en los materiales de fabricación, en almacenamiento y en gastos para mantenimiento del concreto en obra.
- Precisión en la dosificación de mezcla y regularidad de control de las materias primas y el concreto.

2.2.5. Características físicas del concreto

- **Densidad**

Esta medida que correlaciona el volumen y la masa del concreto es determinante en la porosidad. Esta característica de los agregados gruesos y finos son primordiales para el proceso de elaborar concretos de bajo o alto peso unitario.

En concretos de bajas densidades se tiene la expectativa de que el material sea poroso, frágil y de alta absorción. (Cuellar y Cerqueiros, 2017)

- **Porosidad**

Los poros son pequeñas áreas vacías sin materia sólida, están en la matriz y en las partículas de agregados, esta propiedad es primordial por su dominio sobre otras propiedades, puede tener un efecto en la estabilidad química, gravedad específica, resistencia a la abrasión, propiedades elásticas, resistencias mecánicas, permeabilidad y absorción.

- **Peso unitario Fresco**

El peso unitario fresco se puede expresar como el peso que tiene un volumen definido, es fundamental en el cálculo del rendimiento del concreto y también para realizar el diseño de mezcla es necesario usar esta magnitud. (Loya,2018)

- **Peso Unitario Endurecido**

El peso que tiene un volumen, es esencial a la hora de diseñar una estructura, dado que este define el peso final de la estructura. Un concreto convencional (para edificios,

pavimentos y en otras estructuras), se calcula que tiene un peso unitario entre 2,240 y 2,400 kg/m³.

El peso unitario para concreto esta función de de la densidad relativa de los agregados y sus cantidades, también de la cantidad del aire atrapado o incluido intencionalmente, de la cantidad de agua y de cemento. Para la elaboración de estructuras de concreto, usualmente se cree que al combinar el concreto convencional y de las barras de refuerzo (concreto reforzado), se tiene un peso unitario de 2400 kg/m³.

- **Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua retenida superficialmente, la cual es calculada sobre la base de análisis volumétricos o gravimétricos. su importancia está en la mayor o menor cantidad de agua requerida en la mezcla para el proceso de hidratación del cemento.

- **Porcentaje de vacíos**

Es el volumen de los espacios producidos en el procedimiento de hidratación del cemento, en otras palabras, es el volumen de la red porosa y espacios entre las partículas de agregados, su valor se expresa en porcentaje, dependiendo de como las partículas se acomodan de acuerdo a su procedimiento siendo de esta manera relativo, como en el caso del peso unitario. (Cuellar y Cerqueiros, 2017)

2.2.6. Componentes Químicos del cemento Portland

Existen 4 componentes que forman más de 90% del peso del cemento, asimismo de óxido de magnesio (MgO), Cal libre (CAO) y sulfatos de Álcalis. Estos ayudan al comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación, y son:

Silicato tricálcico (C₃S). Es el componente que crea una alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado. El agua al reaccionar con C₃S emana abundante calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento se da de manera directamente proporcional con el calor de hidratación.

Silicato dicálcico (C₂S). Es la parte esencial de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

Aluminato tricálcico (C₃A). Es el catalizador del proceso de hidratación, el yeso añadido al cemento Portland a lo largo del procedimiento de chancado y molienda, durante la preparación del concreto, este se combina con C₃A para poder manejar el tiempo de fraguado.

Aluminoferrita tricálcica (C₄AF). Se hidrata con rapidez y sólo desarrolla baja resistencia, similar al C₃A.

2.2.7. Hidratación del concreto

La hidratación del cemento se da a la hora de mezclar los agregados, el cemento, aditivos y agua; estos actúan y comienzan a producir enlaces o estructuras cristalinas, que lo transforman en un material aglutinante hasta endurecerse. Estos elementos indicados, al actuar con el agua forman hidróxidos e hidratos de calcio complejos.

La hidratación del cemento es un proceso que ocurre rápidamente si se aumenta el grado de finura del cemento, es decir, es directamente proporcional a esta e inversamente proporcional al tiempo, vale decir que inicialmente la velocidad es mayor y va disminuyendo gradualmente con él con el paso del tiempo, aun así, nunca se detiene. El método es exotérmico, por lo tanto, causa un flujo de calor hacia el externo llamado calor de hidratación. (Pasquel Carvajal, 1998)

Este proceso se puede definir en 4 etapas:

Plástico

Al mezclar agua y cemento para preparar una pasta moldeable. Pasado algunos minutos se diluyen rápidamente los sulfatos y aluminatos. Se hidrata el C₃S y se forma el compuesto químico la etringita. En este proceso las temperaturas aumentan muy rápido y resulta en una variación en la conformación de la fase líquida. El yeso trabaja limitando el ritmo de las reacciones y en esta etapa se genera un tiempo de reposo en que las reacciones reducen la velocidad, por un tiempo entre 40 y 120 minutos en

función de la temperatura ambiente y el cemento en partícula. En esta etapa se forma hidróxido de calcio, el cual aporta elevando el pH en un valor promedio de 13.

Fraguado Inicial

En este estado, la pasta de cemento activa las reacciones químicas, iniciando un endurecimiento y a su vez una pérdida de la plasticidad, en cual se evalúa midiendo la resistencia a imperfeccionarse. Se desarrolla entre las primeras cuatro horas del fraguado fase donde se reduce la concentración de silicatos, pero incrementa la de iones Ca hasta alcanzar un nivel de supersaturación. En esta etapa se produce calor como parte de un procedimiento exotérmico (calor de hidratación), que es producto de las reacciones químicas manifestadas; entonces se forma un gel de Hidratos de Silicatos de Calcio (CHS o Torbemorita), el cual es una estructura llena de poros, con un estrato coloidal intermedio entre el líquido y el sólido que va endureciéndose constantemente conforme se siguen hidratando los silicatos y van haciendo al gel CHS más estable con el paso del tiempo según continúan las reacciones químicas.

En este estado la pasta puede re-mezclarse sin reaccionar a distorsiones constantes y sin variaciones en la estructura matriz en creación.

Fraguado Final

Se lleva a cabo al final de la fase de fraguado inicial, de 3 a 12 horas debido a la violenta reacción química de los silicatos de Ca que forman C-S-H y CH, reduciendo así la concentración de calcio. Esta agresiva formación de hidratos causa una reducción en la porosidad y se caracteriza por un endurecimiento considerable y deformidad permanentes. La masa pasa de estar en estado plástico a estado rígido en un proceso en el cual las temperaturas se aumentan rápidamente.

Endurecimiento

Se obtiene a partir del fraguado final y se siguen formando los productos de hidratación CH y C-S-H y en teoría de cierto modo indefinida. La etringita produce la cristalización en monosulfatos, generando la repetición de largas cadenas de posibles silicatos. El incremento de temperatura se contiene y provoca un progresivo aumento

de la resistencia, que viene ligado a la aparición de adherencia entre la pasta y los agregados. La resistencia y propiedades mecánicas finales, se basarán en la morfología del sistema hidratado. (Pasquel Carvajal, 1998)

2.3. Marco Conceptual.

2.3.1. El Curado del Concreto

El curado es la preservación de un conveniente contenido de humedad y temperatura del concreto por un lapso de tiempo que comienza después de la colocación (vaciado) y acabado; con el fin de proporcionar la reacción química entre el cemento y el agua.

El concreto se endurece por una reacción llamada hidratación, el cemento se mezcla con el agua para fabricar una masa similar a una piedra. El secado puede sacar el agua que falta para esta reacción causando que el concreto no alcance la resistencia indicada y aumentando la contracción y agrietamiento del concreto. Si se seca con mucha rapidez causan rajaduras superficiales donde los agentes que más perjudican son el sol y el viento.

El concreto alcanza el 70% de su resistencia de diseño a los 7 días del vaciado. La resistencia final depende en gran parte de las condiciones de humedad y temperatura a lo largo este periodo inicial. La temperatura del ambiente que rodea la estructura es un factor fundamental ya que, el 30% o más de la resistencia, puede perderse por un secado prematuro del concreto o si la temperatura baja a 5°C o menos por los primeros días; por eso debe ser mantenida generalmente por encima de los 10°C.

Para prevenir estos problemas, el concreto debe evitar pérdidas de humedad durante los 7 días iniciales y, en trabajos de mayor envergadura hasta 14 días. (Abanto, 2009)

2.3.2. ¿Por qué curar?

Se lleva a cabo el curado para adquirir las propiedades del concreto y mortero endurecido que se muestran a continuación:

- **Mayor resistencia:** Está probado que el concreto o mortero puede disminuir un 50% de su resistencia si dejamos que su estructura se deshidrate, equivalentemente, si este es expuesto a temperaturas muy bajas durará mucho tiempo para alcanzar su

resistencia, prolongando el desencofrado y la continuidad en el proceso de construcción.

- **Baja Permeabilidad:** Si el concreto o mortero está correctamente curado, este permite optimización de la impermeabilidad impidiendo que penetren en su interior sustancias químicas nocivas, que puedan dañar al concreto o al acero de refuerzo.
- **Mayor resistencia a abrasión:** Se obtendrá una elevada dureza superficial y mucho mayor resistencia al desgaste por abrasión con un buen curado del concreto o mortero; Debido a una estructura más compacta por la reducción de poros.
- **Mínima variación de volumen:** El concreto o mortero correctamente curado posee menor posibilidad de una reducción de volumen minimizando los agrietamientos.
- **Mejores condiciones de servicio y apariencia:** Con un correcto curado, las superficies de concreto o de mortero, disminuyen el descascaramiento, agrietamiento o erosión.

2.3.3. Métodos para curar el concreto:

En el mercado nacional podemos encontrar varios aditivos, técnicas y procesos para el curado del concreto, sin embargo, el objetivo es el mismo: mantener la humedad y temperatura en la superficie del concreto mientras se desarrollan las propiedades esperadas. Con el uso de aditivos se puede paralizar la disminución de humedad, además también se puede aplicar agua adicional a la superficie del concreto:

Protección inicial: Evitar la disminución de humedad durante el proceso de solidificación hasta darle el acabado final al elemento, es el objetivo para lo cual podemos dar uso a cortavientos, láminas plásticas como coberturas, rociadores de agua, etc.

Para mantener la Humedad en la superficie del concreto podemos hacer uso de técnica y métodos siguientes:

2.3.3.1. Métodos que mantienen el agua de mezcla (Aportadores de agua):

- a. **Encharcamiento o inmersión:** Es la aplicación de agua con el método de arrocetas (montículos de tierra para retener el agua), que consiste en tapar el área en contacto

con el sol, tratando de obtener una capa de 3 cm de agua como mínimo. En su mayoría el curado húmedo se lleva a cabo en periodos de 06 y 12 horas luego del llenado del concreto, se agrega una solución química selladora o una película de polipropileno. Es el procedimiento más óptimo en losas.

- b. Rociado, aspersión o niebla:** aplicar agua constantemente, por rociado, aspersión o niebla evitando el secado de la superficie entre humedecimientos, ya que esta intermitencia de seco y húmedo podría dañar al concreto.
- c. Coberturas húmedas:** Utiliza mantas húmedas de algodón o yute, tierra mojada, etc. Siendo vital mantenerlos húmedas por el periodo de tiempo de curado.

2.3.3.2. Métodos que reducen la evaporación del agua de mezcla sellando la superficie:

Es común el uso de láminas, membranas, películas etc. de materiales selladores de superficie sobre el elemento de concreto a curar, para evitar que el agua se evapore. emplear materiales selladores en el curado nos proporciona ciertas ventajas que hacen adecuado el curado. Por ejemplo, cuando rociamos agua periódicamente la superficie del concreto para mantener la humedad, algunas veces por falta de control exponemos a la superficie de concreto a pérdidas de humedad, esto se evita al aplicar un aditivo sellador manteniendo la humedad adecuada. Por otra parte, estos aditivos son más fáciles de emplear y pueden usarse tempranamente, hasta sin curado inicial. (ASTM, 2003)

- a. Láminas plásticas:** La película plástica es de peso ligero, el cual debe estar en concordancia con los requisitos de la norma ASTM C171 que especifica un espesor mínimo de 0.10 mm, sugiriendo las blancas para climas cálidos y las de color negro para climas fríos. Debe colocarse sobre la superficie mojada del concreto y fijarse tan rápido para no dañarla, se puede usar sobre un cobertor húmedo que contenga la humedad.
- b. Compuestos de curado formadores de membrana:** Estos elementos constan fundamentalmente en resinas naturales o sintéticas, ceras, así como solventes de volatilidad aumentada a la temperatura atmosférica y deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C309.

Se rocían rápidamente después del acabado, en el momento que se haya perdido el brillo de la superficie, es común el uso de un rociador mecánico de color blanco, que son reflectivos y de una inspección rápida.

Papel impermeable: El rol debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C171. Este compuesto de 02 hojas de papel Kraft unidas entre sí a través un adhesivo bituminoso, e impermeabilizadas con fibras y debidamente transportados para reducir su grado de expansión y contracción al mojarse y secarse. Las hojas pueden adherirse entre sí mediante un material bituminoso.

2.3.4. Resistencia a la compresión

La calidad del concreto en su mayoría es establecida por su resistencia a la compresión, esta descripción se debe a que la estructura del concreto será sometida a cargas y esfuerzos tanto estáticos, como dinámicos. Además, puede haber otros indicadores importantes, los cuales se basarán en las sollicitaciones y en la función del elemento estructural de concreto.

La resistencia a la compresión se determina a partir de ensayos de laboratorio en probetas estándar cargadas axialmente. Se hacen para controlar la resistencia del concreto como medida de control. El ensayo se lleva a cabo con probetas cilíndricas elaboradas en moldes con dimensiones de 150 o 100 mm de diámetro y 300 o 200 mm de altura, según el requerimiento. La norma NTP 339.034 indica los procedimientos para la elaboración de las probetas cilíndricas y también rige los ensayos de resistencia a la compresión, en los cuales la norma específica:

- La elaboración de las probetas cilíndricas.
- La dimensión de las probetas.
- Aplicar el curado en probetas de obra o de laboratorio permiten identificar la efectividad del curador usado, los periodos de encofrado y desencofrado, puesta en servicio del elemento de concreto elaborado.
- La operación del ensayo a compresión puede ser controlado por deformación o por carga; cuando es controlado por deformación, la velocidad de deformación unitaria es de 0.001 por minuto aproximadamente y cuando el ensayo es controlado por carga, el

tiempo hasta que se lleva a cabo la falla de la probeta en 2 a 3 minutos, lo cual indica un incremento de esfuerzo entre 2.1 y 2.8 kg/cm² por segundo aproximadamente. (Loya, 2018)

2.3.5. Factores que afectan la resistencia del concreto

- **Contenido de cemento**

El cemento es el material más activo de la mezcla de concreto, por tanto, sus características y sobre todo su proporción en el diseño de mezcla es determinante en la resistencia del concreto a cualquier edad. A mayor contenido de cemento se obtendrá una mayor resistencia y a menor contenido la resistencia del concreto va a ser menor.

- **Los agregados**

La distribución granulométrica continua permite la máxima capacidad del concreto en estado fresco y una mayor densidad en estado endurecido, lo que se traduce en una mayor resistencia.

En un concreto de calidad, la resistencia y rigidez de las partículas del agregado también influyen en la resistencia del concreto, de modo que los elementos importantes en la resistencia del concreto son, la resistencia del propio cemento hidratado (matriz) y la resistencia de la interface matriz - agregado.

Los Agregados de forma cúbica y de textura rugosa permiten mayor adherencia de la interface matriz-agregado respecto de los agregados redondeados y lisos, aumentando la resistencia del concreto. (Osorio, 2013)

- **La relación agua - cemento (a/c).**

Para reducir la porosidad del concreto es necesario una relación baja de a/c, esto aumenta el entrapamiento de los sólidos aumentando así la resistencia de la estructura de la matriz o la pasta de cemento. Del mismo modo, una alta relación de a/c reduce la resistencia debido al aumento de la porosidad en la matriz, en especial en la zona de transición entre los agregados y la matriz.

- **Tamaño máximo del agregado**

En las últimas investigaciones acerca de la influencia del tamaño máximo del agregado en la resistencia del concreto concluyeron lo siguiente:

- Para concretos de alta resistencia, cuanto mayor sea la resistencia requerida, menor será el tamaño del agregado para que la eficacia del cemento sea mayor.
- Para concretos de resistencia intermedia y baja, mientras mayor sea el tamaño del agregado, mayor es la eficiencia del cemento.

- **Fraguado del concreto**

La velocidad de endurecimiento que presenta la mezcla al pasar del estado plástico al estado endurecido, es decir el tiempo de fraguado, influye significativamente en la resistencia, por lo tanto, es muy importante su determinación. (Osorio, 2013)

- **Edad del concreto**

A partir del momento en que se inicia el fraguado final del concreto, comienza realmente el proceso de desarrollo de la resistencia, el cual va aumentando con el tiempo, conforme se van completando las reacciones de hidratación del cemento.

Con el objetivo de que la resistencia del concreto sea un parámetro que caracterice sus propiedades mecánicas, se utiliza una edad de maduración de 28 días en la que se debe especificar el valor de resistencia del concreto.

- **El curado del concreto**

Controlar la pérdida de agua de la masa de concreto por acción de la temperatura, sol, viento, humedad relativa, para garantizar la totalidad de las reacciones de hidratación de cemento; pues si en está no llega a completar la resistencia final del concreto, se reducirá.

- **La temperatura**

Es uno de los elementos externos que altera la resistencia del concreto, y su incidencia es la siguiente:

- Durante los procesos de colocación y fraguado del concreto, temperaturas muy altas incrementan la resistencia a muy temprana edad, pero afectan negativamente la

resistencia a edades posteriores, especialmente después de los 7 días, debido a que se da una hidratación superficial de los granos de cemento que producen una estructura físicamente más pobre y porosa. (Osorio, 2013)

– Durante el curado, altas temperaturas agilizan las reacciones químicas de la hidratación incrementando la resistencia del concreto a edades tempranas, sin producir efectos negativos en la resistencia posterior.

2.4. Hipótesis: Hipótesis general e hipótesis específicas

El curado del concreto realizado con los aditivos curadores artificiales Sikacem Curador y Membranil tienen un desarrollo de la resistencia a la compresión mayor que el curador Z Membrana Blanco a los 28 días de maduración, debido a que los curadores a base de polímeros acrílicos brindan una película de mayor impermeabilidad para la retención de agua.

El método de curado utilizando curadores artificiales presentan una diferencia significativamente a la resistencia a la compresión del concreto, en comparación con un curado ideal por inmersión en agua a 28 días de maduración, porque el agua necesaria para completar todas las reacciones químicas de hidratación del cemento en los poros solo es posible en un espacio saturado; con agua por encima de lo requerido, condición que no se puede satisfacer con un curado artificial.

2.5. Operacionalización de las variables

Variables Independientes.

Curadores artificiales por rociado de un concreto pre-mezclado $f''c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

- Membranil reforzado - (Chema)
- Sikacem Curador - (Sika)
- Z membrana blanco - (Z aditivos)

Variables dependientes.

Granulometría y propiedades físicas de los agregados:

- Análisis Granulométrico
- Humedad
- Grado de Absorción
- Peso unitario
- Peso Específico

Propiedades Físicas de un concreto pre- mezclado:

- Resistencia a la Compresión.

Variables fijas.

- Concreto premezclado $f'c$ 280 Kg/cm² elaborado con cemento Tipo Ms, proporcionado por Distribuidora Norte Pacasmayo SRL. (DINO).

Tabla 1:

Cuadro de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Concreto Pre-Mezclado $F'c = 280$ Kg/cm ² Curado con aditivos por rociado.	Capacidad del concreto para resistir esfuerzos de compresión uniaxial alrededor del 280 Kg/cm ² a los 28 días de maduración.	Capacidad del concreto para resistir esfuerzos de compresión uniaxial mayores al 85% de la resistencia de diseño (280 Kg/cm ²) a los 28 días de maduración.	Aditivo Curador Artificial	✚ Tipo
			Propiedades Físicas	✚ Granulometrías
				✚ Humedad
✚ Grado de absorción				
✚ Peso Unitario Suelto				
✚ Peso unitario Compactado				
✚ Peso específico				
Propiedades Mecánicas	✚ Resistencia a la compresión.			

Fuente: Elaboración Propia.

3. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo de Investigación, alcance o nivel.

Nuestra investigación por su forma y fondo es experimental y aplicada, con diseño estadístico de comparación de medias simple.

3.1.1. Descripción.

Se tendrán cuatro grupos de probetas de ensayos, de los cuales un grupo control será elaborado con un curado inmerso en agua y los otros tres grupos serán los experimentales, en los cuales se tendrán diferentes curadores químicos.

Tabla 2

Codificación y dosificación de aditivos en las muestras experimentales.

Código	Descripción	Metros cuadrados por litro de curador m ² /litro
M0	Curado por Inmersión en agua	0
M1	Membranil reforzado	4
M2	Sikacem Curador	5
M3	Z membrana blanco	8

Nota. Se muestra los rendimientos de cada aditivo curador recomendado por su fabricante. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Población y Muestra.

3.2.1. Unidad de Análisis

Cada una de las probetas de concreto premezclado

Universo o Población

Todos los concretos premezclado $f'c$ 280 kg/cm² fueron elaborados con cemento Tipo MS.

3.2.2. Muestra.

La muestra se obtendrá de los despachos de concreto premezclado preparado con cemento Tipo MS por Distribuidora Norte Pacasmayo SRL. (DINO) destinados a la obra vivienda multifamiliar – proyecto California SkyTower de la empresa JHP S.A.C.

Los moldes para los especímenes en contacto con el concreto, fueron de plástico, material no absorbente que no reaccione con el concreto de Cemento Portland u otros cementos hidráulicos. Sus dimensiones fueron de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro y forma cilíndrica bajo todas las condiciones de uso. Estos eran herméticos, para retener el agua contenida en ellos y cumplieron con la NTP 339.209. Los moldes también fueron reutilizados, para lo cual fueron recubiertos ligeramente con un material desmoldante adecuado (no reactivo) en toda la superficie de contacto con el concreto antes de ser utilizados.

Las probetas de concreto de las muestras tomadas, fueron sometidos a pruebas de compresión a los 3, 7, 14, 21 y 28 días de maduración con 5 repeticiones para cada nivel.

Como se consideró 3 grupos experimentales de curadores y estos a su vez se evaluaron en 5 periodos diferentes con un numero de réplicas igual a cinco, así pues, el número total de pruebas experimentales fue igual a:

$$N = 3 \times 5 \times 5 = 3 \times 25 = 75$$

La variable respuesta fue la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 3

Matriz experimental del diseño de comparación simple, con cinco réplicas.

N°	Curador Químico	Edad (días)	Réplicas					Y _{promedio}
			Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	
1	M ₁	d ₁	Y ₁₁₁	Y ₁₁₂	Y ₁₁₃	Y ₁₁₄	Y ₁₁₅	
2		d ₂	Y ₁₂₁	Y ₁₂₂	Y ₁₂₃	Y ₁₂₄	Y ₁₂₅	
3		d ₃	Y ₁₃₁	Y ₁₃₂	Y ₁₃₃	Y ₁₃₄	Y ₁₃₅	
4		d ₄	Y ₁₄₁	Y ₁₄₂	Y ₁₄₃	Y ₁₄₄	Y ₁₄₅	
5		d ₅	Y ₁₅₁	Y ₁₅₂	Y ₁₅₃	Y ₁₅₄	Y ₁₅₅	
6	M ₂	d ₁	Y ₂₁₁	Y ₂₁₂	Y ₂₁₃	Y ₂₁₄	Y ₂₁₅	
7		d ₂	Y ₂₂₁	Y ₂₂₂	Y ₂₂₃	Y ₂₂₄	Y ₂₂₅	
8		d ₃	Y ₂₃₁	Y ₂₃₂	Y ₂₃₃	Y ₂₃₄	Y ₂₃₅	
9		d ₄	Y ₂₄₁	Y ₂₄₂	Y ₂₄₃	Y ₂₄₄	Y ₂₄₅	
10		d ₅	Y ₂₅₁	Y ₂₅₂	Y ₂₅₃	Y ₂₅₄	Y ₂₅₅	
11	M ₃	d ₁	Y ₃₁₁	Y ₃₁₂	Y ₃₁₃	Y ₃₁₄	Y ₃₁₅	
12		d ₂	Y ₃₂₁	Y ₃₂₂	Y ₃₂₃	Y ₃₂₄	Y ₃₂₅	
13		d ₃	Y ₃₃₁	Y ₃₃₂	Y ₃₃₃	Y ₃₃₄	Y ₃₃₅	
14		d ₄	Y ₃₄₁	Y ₃₄₂	Y ₃₄₃	Y ₃₄₄	Y ₃₄₅	
15		d ₅	Y ₃₅₁	Y ₃₅₂	Y ₃₅₃	Y ₃₅₄	Y ₃₅₅	

Nota. La matriz del diseño para los ensayos con 5 réplicas para cada ocurrencia, con la finalidad de disminuir el error. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

M₁: Membranil Reforzado

M₂: Sikacem Curador

M₃: Z membrana blanco

d₁, d₂, d₃, d₄ y d₅: Periodos de maduración del concreto. 3, 7, 14, 21 y 28 días respectivamente.

Y₁, Y₂, Y₃, Y₄, Y₅: Son el resultado de cada combinación de los niveles de las variables estudiadas, y va de 1 a 5 debido a que representan 5 repeticiones o réplicas de cada ensayo experimental.

Y_{promedio}: Es la media aritmética de las tres repeticiones de ensayos en cada combinación de los niveles de las variables estudiadas.

3.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Técnicas de Recolección de datos.

Las técnicas de recolección de información básica para la presente investigación serán obtenidas de los ensayos experimentales de laboratorio con la metodología planteada, cumpliendo con las normas para cada ensayo que nos ayudará a asegurar una adecuada investigación.

Las muestras se recolectaron durante los despachos de requerimiento de concreto, por descarga directa de los mixers, debido a que no se llena con bomba, sino con un cubilote de descarga de concreto de 0.55 m³ de volumen, izado por una Torre Grúa, estos fueron programados al azar durante la construcción de la edificación según la NTP 339.036 HORMIGÓN *Práctica Normalizada para Muestreo de Mezclas de Concreto Fresco*.

Posteriormente se realizaron los ensayos de curado químico de las probetas obtenidas cumpliendo con la NTP 039.033 CONCRETO. *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*.

Para los ensayos de resistencia del concreto del presente estudio se realizaron según la NTP 339.034 CONCRETO *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*, en el laboratorio particular de suelos en la empresa Corporación A&J Construcción y Consultoría S.A.C. Las probetas fueron trasladadas con sus respectivos códigos asignados para su rompimiento.

Instrumentos de recolección de datos:

Se utilizaron para la elaboración de la investigación los instrumentos siguientes:

- Ficha de Experimentación: Hoja en la cual se detalla, fecha de muestreo, el curador químico usado, el concreto premezclado, fecha de ensayo, pesos, dimensiones, tiempos y observaciones especiales que puedan surgir.
- Cámara Fotográfica. Hacer un registro fotografías que facilite reportar los ensayos y poder evaluar visualmente los detalles de los ensayos.

3.4. Diseño de Investigación.

3.4.1. Estudio de las Propiedades Físicas de los Agregados.

El agregado que utiliza la empresa Dino Pacasmayo S.A.C. en la elaboración de concreto premezclado proviene de la cantera natural denominada Quebrada de León, ubicada en Río Seco, distrito de Huanchaco, Trujillo. Ergo se llevaron a cabo pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas del agregado, cumpliendo las normas técnicas peruanas:

3.4.1.1. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino: NTP 400.022, 2013 - ASTM C128.

Materiales y Equipos

- Picnómetro o fiola: $500 \text{ cm}^3 \pm 0.1 \text{ cm}^3$
- Un Horno Secador $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$
- Balanza Electrónica: $3 \text{ kg.} \pm 0.1 \text{ gr.}$
- Secador con aire caliente.
- Molde Metálico Cónico
- Estufa eléctrica
- Varilla de acero lisa

Procedimiento

- Mezclar el agregado fino (arena) y obtener un producto uniforme, luego dividir la muestra en cuatro partes iguales, descartando 2 partes extremas del cuadrante hasta adquirir 1 kg. de muestra aproximadamente, después de haber realizado varias divisiones por cuarteo, introducir en el horno la muestra para secado durante 24 horas; después dejar se enfríe a temperatura ambiente, hasta obtener una temperatura que haga factible su manipulación ($T < 50^\circ\text{C}$).
- Adicionamos agua al agregado fino para obtener una humedad de por lo menos 6 % y dejamos reposar por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$. Vertemos la arena sobre en un área plana permeable y con el uso de un bastidor removemos cada tanto y utilizamos un secador de aire caliente, para obtener una muestra saturada superficialmente seca.

- Hacemos la prueba del cono, con el objetivo de verificar la muestra y su estado saturado superficialmente seco. Para esto, ponemos la muestra en un cono metálico y lo compactamos con 25 golpes, luego lentamente, pero sin pausa, levantamos el cono metálico, tratando de que no se desmorone la arena contenida en su interior, para conseguir una muestra saturada superficialmente seca, si ocurre lo contrario, entonces la arena aún estaría húmeda.
- Llenamos parcialmente de agua al picnómetro y adicionamos 500 gr \pm 5 gr. de muestra saturada superficialmente seca, agregamos el agua hasta alcanzar una capacidad de 90% de calibración del picnómetro, tapar y agitar el contenido para erradicar las burbujas de aire de la muestra, después se debe llenar con agua el picnómetro hasta llegar al volumen de aforo. Pesamos y adquirimos la masa total del picnómetro, la muestra y agua.
- Vaciamos el contenido que está en el picnómetro a un recipiente metálico sin derramar y permitimos decantar la muestra, con cuidado de sacar la mayor porción de agua sin perder partículas del agregado fino en el proceso.
- Ponemos la muestra en el horno secador a una temperatura de 110°C \pm 5 °C por 24 hr. Dejamos enfriar en un secador a temperatura ambiente durante ½ a 1 ½ hora para luego pesarla.

3.4.1.2. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (NTP 400.021,2013)

Materiales y Equipos

- Canastilla
- Balanza Hidrostática
- Franelas
- Recipientes metálicos
- Brocha

Procedimiento

- Primero realizamos el cuarteo del material, tendiendo el material en el suelo para luego dividirlo en cuatro partes con una palana, escogiendo solo dos partes del cuarteo, cantidad necesaria para el ensayo.
- Seguimos con el tamizado de agregado grueso, eliminando todo el material que pase por el tamiz N° 4.
- Lavamos la muestra seca, retirando el polvo e impurezas y ubicándolo en el horno por 24 horas, posteriormente dejamos enfriar la muestra por 1 a 3 horas.
- Remojamos la muestra en agua por 24 ± 4 horas a temperatura ambiente.
- Después de las 24 horas secamos la muestra con una franela. Después de secar la muestra la esparcimos cuidadosamente en la franela y con otro secador comenzamos a quitarle el brillo a las piedras para así tenerla superficialmente secas. Luego esta se deja en la canastilla metálica para pesar dicho agregado en la balanza hidrostática.
- Luego ponemos la muestra saturada con superficie seca en la canastilla de alambre de la balanza hidrostática para determinar su peso sumergido en agua a temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Finalmente, dejar enfriar a temperatura ambiente por 1 a 3 horas y pesar la muestra, ubicando las pesas de manera adecuada en la balanza hidrostática.

3.4.1.3. Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Fino y Grueso: NTP

400.017:2013 – ASTM C 29

Peso Unitario Suelto (PUS)

Materiales y Equipos

- Recipiente cilíndrico de metal
- Varilla de acero lisa.
- Muestra de la arena fina.
- Cucharón
- Espátula.
- Balanza de capacidad: 3 kg. \pm 0.1 gr.

Procedimiento

- Llenar el recipiente hasta el tope con un cucharón, haciendo la descarga de la muestra de agregado a una altura no mayor de 5 cm, encima del borde superior del recipiente.
- Nivelamos el agregado en el recipiente, al ras con una espátula, con la finalidad de que el agregado ocupe el volumen del recipiente.
- Hallamos la masa del recipiente más el contenido de la masa del recipiente vacío y anotamos los valores con una variación de 0,05 kg.

Peso Unitario Compactado (PUC)

Materiales y Equipos

- Recipiente de
- Barra compactadora.
- Muestra del agregado fino
- Pala de acero.
- Balanza de capacidad: 3 kg. \pm 0.1 gr.

Procedimiento

- Dividir en tres tercios el recipiente, luego con la muestra cubrimos un tercio y nivelamos la superficie con los dedos. Para luego apisonar con 25 golpes uniformemente sobre la superficie. Seguido cubrir a 2 tercios el recipiente para nivelar y apisonar. Luego llenar el recipiente, apisonar y nivelar la superficie del agregado con una espátula.
- Identificar la masa del recipiente más su contenido, la masa del recipiente vacío, y anotar los valores con una variación máxima de 0,05 kg.

3.4.1.4. Contenido de Humedad para el agregado Fino y Grueso: NTP 339.185:2013 - ASTM C 70

Materiales y Equipos

- Horno de secado 110 °C ± 5°C
- Recipiente cilíndrico metálico.
- Espátula metálica.
- Balanza electrónica: 3 kg. ± 0.1 gr.

Procedimiento

- Utilizar 500 g ± 10 g de muestra húmeda y colocarla en un recipiente metálico, determinamos la masa del recipiente con el contenido de la muestra, con una balanza electrónica de 0.01 g de precisión.
- Introducir la muestra en el recipiente metálico al horno a una temperatura de 110°C ± 5°C por 24 hr para su secado, evitar perder partículas de muestra al realizar la tarea.
- Cuando la muestra está totalmente seca, sacar del horno y determinar su masa, realizar la operación hasta que la variación con la medición anterior sea un 0,1 % de masa, si la variación es mayor, nuevamente introducimos la muestra al horno para seguir con el secado, por un periodo de tiempo, hasta lograr el objetivo.
- Se procede a hallar la masa de la muestra, después de algunos minutos de enfriamiento para que el recipiente metálico no dañe la balanza.
- Se calcula el contenido de humedad total evaporable usando la siguiente formula:

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

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

3.4.1.5. Análisis Granulométrico de los Agregados. NTP 400.012:2013 - ASTM C136

Materiales y Equipos

- Equipo vibrador Ro-tap.
- Tamices 2"- 1 ½"- 1"- ¾" – ½" – 3/8"- ¼" - N°4, 8, 16, 30, 50, 80, 100 y 200 - Agregado Grueso
- Tamices N°4, 8, 16, 30, 50,100 y 200 - Agregado Fino
- Balanza de capacidad 3 kg. ± 0.1 gr.
- Horno secador Temperatura uniforme de 110 °C ± 5°C

Procedimiento

- Tomamos 4 kg de muestra aproximadamente de agregado fino, en cumplimiento de la NTP 400.010. Mezclamos para homogenizar la muestra, cuarteamos la muestra hasta disminuir su cantidad a una cuarta parte de la masa original, es decir, no se permite la disminución a una cantidad específica.
- Continuamos secando la muestra a una temperatura constante de 110 °C ± 5° C como mínimo por 24 horas hasta tener una pérdida de masa menor al 0.1 g.
- Enfriamos la muestra a temperatura ambiente (T = 25°C) por ½ o 1 hr, para pesarla y hallar su masa.
- Lavar la muestra seca y pasar por el tamiz N° 200, quitando los finos menores con un chorro de agua.
- El espécimen retenido en el tamiz N° 200 debe secarse en el horno, por menos de 24 horas, hasta una disminución de masa menor al 0.1 g.
- Utilizamos los tamices de tamaño apropiado para el ensayo de análisis granulométrico de un agregado Grueso y fino según NTP. Ubicamos los tamices de mayor a menor abertura para colocar la muestra en el tamiz superior.
- Agregamos la muestra seca en el tamiz superior, tapar y asegurar; después colocar el juego de tamices en el equipo vibrador Ro-tap lo encendemos para su agitación por vibrado por un tiempo mínimo de 5 min.
- Determinar la masa de muestra retenida en cada tamiz.
- Realizamos los cálculos matemáticos.

- El Análisis Granulométrico sirvió para obtener los módulos de fineza y los tamaños máximos nominales tanto para el agregado fino, el agregado grueso y agregado global.

3.4.1.6. Cantidad de Agregados Finos que pasan por el tamiz N°200: NTP 400.018, 2013
- ASTM C 117

Materiales y Equipos

- Tamices Taylor N° 200
- Balanza de capacidad 3 kg. \pm 0.1 gr.
- Balde de plástico
- Recipiente metálico
- Horno secador Temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Procedimiento

- Aproximadamente tomamos un 1 kg de muestra de agregado fino según con la NTP 400.010. Mezclar para homogenizar, reducimos la muestra con un cuarteo y obtenemos una cantidad de peso necesario para el ensayo.
- Secamos la muestra una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 horas como mínimo, hasta obtener una disminución de masa en cada operación de pesaje, menor al 0.1 g. con la pesada anterior.
- Enfriar la muestra a temperatura ambiente, luego determinar su masa.
- En un balde plástico colocamos la muestra de agregado fino, adicionamos agua inundando la muestra y mezclándola, con el objetivo de apartar las partículas más finas de las gruesas.
- Homogenizada la muestra vaciamos todo el contenido del balde en el tamiz N° 200 y con un chorro fino de agua con poca presión, lavamos la muestra evitando la pérdida de partículas. Se procede a lavar los finos a través de la malla.
- En un recipiente metálico lavamos el tamiz N° 200 con el material, conteniendo todo el material lavado dentro del recipiente con un chorro de agua constante a poca presión, después dejar decantar inclinando el recipiente para quitar la mayor porción de agua.
- La muestra resultante, secar a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 h, hasta tener una disminución de peso no mayor de 0.1g.

- Pesar la muestra para determinar su masa.
 - **Figura 01**

Análisis de granulometría



Fuente propia: Análisis de granulometría.

3.4.2. Ensayos de Laboratorio del Concreto Fresco

3.4.2.1. Muestreo de Mezclas de Concreto Fresco Premezclado: NTP 339.036, 2017.

- El tamaño de muestra para ensayos de resistencia a la compresión del concreto debe ser como mínimo 28 L (1 pie³).
- El tiempo transcurrido entre la obtención de la porción inicial y final de la muestra compuesta no debe exceder en ningún caso los 15 minutos, protegiéndola de vibraciones, sol, viento y otras fuentes de rápida evaporización y contaminación.
- Al transportar las muestras al lugar donde los especímenes de ensayo serán moldeados, estas deberán ser combinadas y remezcladas con una pala asegurando su uniformidad.

Materiales y Equipos

- Una carretilla Buggie de 5.5 pies cúbicos.
- Una pala cuchara.
- Una cuchara de aluminio de 38 Onz.

Procedimiento

Muestreo de camiones con depósitos giratorios (Mixer):

- Muestreé el concreto con dos o más porciones, tomando a intervalos espaciados durante la descarga del medio de la tanda. no tomar muestras de la primera o de la última de las porciones de las tandas en descarga, tome la muestra dentro del tiempo límite especificado y componga una muestra para los ensayos.
- El concreto utilizado para realizar especímenes moldeados debe ser muestreado después de que hayan sido hechos todos los ajustes in situ de la dosificación de la mezcla, incluyendo la adición de agua de mezclado y aditivos para aumentar la fluidez del concreto fresco. Esta práctica no es satisfactoria para preparar especímenes a partir de concreto que no tenga un asentamiento mensurable o que requiera otros tamaños o formas de especímenes.
- Muestree repetidamente pasando un receptáculo a través de la corriente de descarga desviándola al contenedor de la muestra.

Figura 02

Toma de muestra por descarga de mixer concreto premezclado f''c 280



Fuente propia: Toma de muestra de concreto fresco a la descarga del Mixer.

3.4.2.2. Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto: NTP 339.034, 2015.

Materiales y Equipos

- Moldes de plástico de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.
- Barra de acero liso y circular, de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud, con extremo redondeado.
- Cucharón metálico.
- Martillo con cabeza de goma con un peso aproximado de 600 gramos.
- Plancha de Superficie horizontal, plana y rígida.
- Tina de 50 cm de altura, 50 cm de ancho y un 100 cm de largo.
- 1 kg de Cal.
- Curadores Químicos (Membranil reforzado, Sikacem Curador, Z membrana blanco)
- 03 envases de plástico de 1 litro con atomizadores.

Procedimiento:

- Se escoge un lugar apropiado en la obra para hacer las probetas con una superficie horizontal, plana y rígida; libre de vibraciones, viento y bajo la sombra.
- Antes de iniciar el moldeado, revisar el buen estado de los moldes, asegurar la verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento y la superficie interior de los moldes debe estar recubierta por una ligera capa de desmoldante.
- Se vierte la muestra de concreto en el recipiente plástico (molde) con la ayuda del cucharón de forma bien distribuida y pareja, en tres capas, cada una de ellas de 10 cm de altura.
- Compactamos la primera capa penetrándola completamente, mediante 25 inserciones de la varilla lisa por el extremo redondeado, distribuidas de manera uniforme en la mezcla. Luego golpeamos ligeramente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo de goma para liberar las burbujas de aire atrapadas en el interior de la mezcla.
- Colocamos la segunda capa de mezcla en el molde y con el cucharón la distribuimos de manera uniforme, compactamos con 25 inserciones de la varilla lisa, con la diferencia que esta vez ingresamos la varilla lisa 1 pulgada en la primera capa,

finalmente para liberar las burbujas de aire golpea suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo.

- Colocamos la última capa de mezcla en el molde con la suficiente cantidad para que el molde quede lleno con algo de exceso; compactamos esta tercera capa también mediante 25 inserciones ingresando la varilla lisa 1 pulgada en la segunda capa. Se golpea suavemente alrededor del molde 10 veces con el martillo para eliminar el aire, nivelamos el exceso de mezcla con la varilla lisa de compactación, obteniendo una superficie lisa y plana.
- Colocar la etiqueta de codificación en la parte externa del molde para su identificación.
- Después de su elaboración, llevamos las probetas al área de almacenamiento.
- Liberamos la probeta del molde a las 24 horas de su elaboración.
- Luego, todos los datos de la etiqueta de papel se deben escribir sobre la probeta empleando un plumón indeleble y teniendo cuidado de no malograr su superficie.

Curado por inmersión

Después de haber sido desmoldadas las probetas, se curan inmediatamente, colocándolas en el interior de la tina con agua potable alcalinizada con Cal (3 gr/lts de agua), esta solución debe tapar totalmente todas las caras de las probetas por el periodo asignado hasta su fecha de rotura.

Curado Químico

Desmoldadas las probetas se aplicó el curador químico asignado, utilizando el envase de plástico con atomizador, rociando uniformemente toda el área superficial de las probetas, luego se mantuvo estas en un ambiente con un rango de temperatura entre 20 °C y 26 °C, protegiendo de la exposición de la luz directa al sol; hasta su fecha de rotura asignada.

3.4.2.3. Asentamiento del Concreto con el Cono de Abrams: (NTP 339.035, 2015)

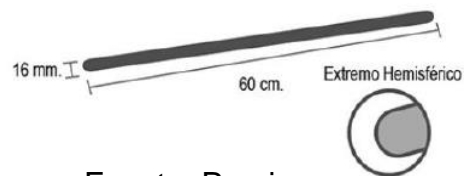
La primera propiedad medida en obra cuando se utiliza concreto pre-mezclado es la consistencia del concreto que nos permite de manera práctica estudiar la trabajabilidad y fácilmente dar un veredicto de aceptación o rechazo de la mezcla diseñada.

Materiales y Equipos

- Wincha de 3 m.
- Cono de Abrams de 4"x 8"x12"
- Plancha Metálica Rígida
- Barra de acero liso y circular, de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud, con extremo redondeado.
- Cucharón metálico.

Figura 03

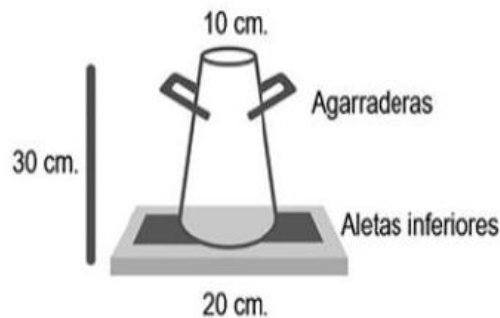
Varilla de Acero



Fuente: Propia

Figura 04

Cono de Abrams



Fuente: Propia

Procedimiento

- El mezclado del concreto se lleva a cabo según las especificaciones técnicas recomendadas por el fabricante y siguiendo los tiempos de mezclado, con el objetivo de obtener un mezclado homogéneo.
- Vaciamos en una carretilla libre de impurezas la mezcla.

- Humedecemos el cono de Abrams y lo colocamos en una superficie plana horizontal, no absorbente y húmeda. Apisonamos firmemente con los pies para sujetarlo y evitar que el material se salga, con una pala de mano, llenamos de muestra de concreto el cono hasta aproximadamente un tercio de su volumen.
- Son tres capas cada tercio y cada una debe compactarse con 25 golpes con la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal, esto se repite en cada una de las 3 capas. La capa del fondo, en el primer tercio, es necesario inclinar la varilla ligeramente para dar golpes cerca del perímetro y aproximadamente la mitad avanzando con golpes verticales en forma de espiral en dirección al centro. La penetración de la varilla en las capas intermedia y superior deben profundizar de manera que ligeramente penetren en la capa inmediatamente inferior.
- Al compactarse la última capa, se enraza el cono para su levantamiento lento en un tiempo aproximado de 5 a 10 segundos, con un movimiento uniforme hacia arriba sin movimiento lateral o de torsión al molde.
- Al final medimos el asentamiento, el cual es la diferencia de altura del molde y la medida sobre el centro original de la base superior del espécimen, proyectándonos con la varilla.

3.4.2.4. Temperatura (NTP 339.184, 2013)

Materiales y Equipos

- Termómetro digital de 0°C a 50 ° C, precisión de ± 0.5 ° C

Figura 05

Termómetro digital



Fuente: Huachaca, W. (2015). Control de Calidad del Concreto según Normas Peruanas. Pág 6

Procedimiento

- Se realiza el mezclado del concreto según las especificaciones técnicas del fabricante, este se realiza siguiendo los tiempos de mezclado, con el objetivo de que el mezclado sea homogéneo.
- Se vierte la mezcla en una superficie libre de impurezas en este caso una carretilla.
- Se coloca el termómetro digital en la muestra y se espera un tiempo de 2 a 3 min para comprobar que no haya alteración en la medida de temperatura que indique el termómetro.

Figura 06

Medición de temperatura, recién descargado y a la intemperie.



Fuente: Propia

3.4.2.5. Peso Unitario del Concreto: (NTP 339.046, 2013)

Materiales y Equipos

- Balanza
- Recipiente (Olla de Washington)
- Regla metálica
- Mazo de goma
- Varilla de acero
- Pala de mano.

Procedimiento

- Se realizó la homogenización del concreto con un contundente mezclado siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante; para lo cual se batió por varios minutos la mezcla
- Vertemos la mezcla de concreto en una carretilla, limpia libre de impurezas.
- Pesamos la olla de Washington y determinamos su volumen.
- Procedemos a llenar la olla de Washington, humedecida previamente, colocamos el concreto en el interior de la olla en tres capas usando la pala de mano; al realizar el llenado de la muestra de concreto garantizamos su correcta distribución e impidiendo siempre la segregación del concreto en el interior del molde.
- Se compacta la muestra mediante apisonado, realizado en tres capas, apisonando de manera uniforme por capa dando 25 golpes con la varilla de acero.
- Golpear con un mazo de goma con el objetivo de eliminar el aire de la muestra contenida, luego enrazamos con una regla metálica, así la mezcla quede bien compacta.
- Se pesa la olla de Washington conteniendo la muestra de concreto para calcular el peso unitario.

3.4.3. Ensayos de Laboratorio del Concreto Endurecido

3.4.3.1. Ensayo a la Resistencia a la Compresión: (NTP 339.033, 2008)

Realizar el transporte de los especímenes al laboratorio. durante el transporte, proteja los especímenes con un material adecuado de amortiguación para evitar daño por sacudidas. Evite la pérdida de humedad durante el transporte envolviendo los especímenes en plástico, arpillera mojada, rodeándolos de arena húmeda, o ajustándolos firmemente con cabezales plásticos sobre moldes plásticos. El tiempo de transporte no debe exceder las 4 horas.

Para los ensayos de compresión de probetas cilíndricas de concreto 280 kg/cm^2 de concreto Tipo MS, se realizaron a las edades de 3, 7, 14, 21 y 28 días a través de una máquina hidráulica de compresión.

Materiales y Equipos

- Probetas cilíndricas de 6" x 12"
- Máquina de ensayos

Figura 07

Máquina de Ensayo de Compresión.



Fuente: Propia

Procedimiento

- Pasado el periodo asignado a la probeta, retirada de la poza de fraguado y transportado con las medidas indicadas anteriormente, se procede a realizar el ensayo de resistencia a la compresión.
- Limpiamos con un paño las superficies de los bloques superiores e inferiores de la máquina de compresión y colocamos la probeta en el equipo, esta se coloca con el bloque de carga inferior sobre el soporte de la máquina de compresión y directamente debajo del bloque superior.
- Procedemos a aplicar la carga hasta que falle y se registra la carga máxima soportada por la probeta durante el ensayo. Anótese el tipo de falla y la apariencia del concreto.

3.5. Procesamiento y análisis de datos.

Se llevará a cabo el procesamiento de datos a través de un software de análisis estadístico, con el método de comparación simple de medias y correlación de las variables estudiadas, para ello se usará el programa Excel 2021 con sus complementos estadísticos.

En el proceso de datos se aplicarán las siguientes técnicas:

Cálculo de estimadores estadísticos, Regresión, intervalos de Confianza y prueba de hipótesis.

Se procederá a la interpretación y determinación de los resultados en tablas comparativas de los datos obtenidos en laboratorio.

Identificación de las conclusiones. La información recolectada está dispuesta en tablas de doble entrada, gráficos, diagramas explican el comportamiento de las variables investigadas

3.5.1. Procesamiento de datos

3.5.1.1. Anova

Denominado el análisis de varianza, es un método para el análisis de datos experimentales, Por lo general, el interés del experimentador está centrado en comparar los tratamientos en cuanto a sus medias poblacionales, sin olvidar que también es importante compararlos con respecto a sus varianzas. Así, desde el punto de vista estadístico, la hipótesis fundamental a probar cuando se comparan varios tratamientos es:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$$

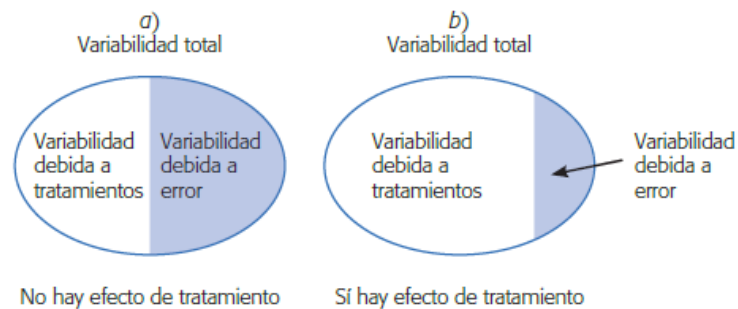
$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

Con la cual se quiere decidir si los tratamientos son iguales estadísticamente en cuanto a sus medias, frente a la alternativa de que al menos dos de ellos son diferentes. La estrategia natural para resolver este problema es obtener una muestra representativa de mediciones en cada uno de los tratamientos, construir un estadístico de prueba para decidir el resultado de dicha comparación.

El objetivo general es dividir la variación total en partes con las que colabora cada fuente de variación experimental. Cuando el diseño es completamente aleatorio se dividen la variabilidad causados por el tratamiento y los causados por el error, entonces cuando la variabilidad de los tratamientos es mayor a la causa por el error se concluye que las medias son diferentes (figura 6b) y cuando las variabilidades de los tratamientos contribuyen igual o menos que el error se concluye que las medias son iguales (figura 6a). (Gutiérrez P. & De la Vara S., 2008, p 62-65)

Figura 08

Dividiendo la variación total en sus componentes en un DCA



Fuente: Gutiérrez P. & De la Vara S. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*, p. 65

3.5.1.2. Método Tukey

Un método más conservador para comparar pares de medias de tratamientos es el método de Tukey, el cual consiste en comparar las diferencias entre medias muestrales con el valor crítico dado por:

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{CM_E/n_i}$$

Donde:

CME = Cuadrado medio del error,

n = Número de observaciones por tratamiento,

k = Número de tratamientos,

N - k = Grados de libertad para el error,

α = Nivel de significancia prefijado y el estadístico

$q_{\alpha}(k, N - k)$ = Puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado, que se obtienen de la correspondiente tabla en el apéndice.

Se declaran significativamente diferentes los pares de medias cuya diferencia muestral en valor absoluto sea mayor que T_{α} . (Gutiérrez P. & De la Vara S., 2008, p 76)

3.5.1.3. Nivel de significancia

El valor del nivel de significancia que se designó en el análisis estadístico fue de $\alpha = 0.05$ con un nivel de confianza del 95%. Se evaluó por medio del valor F del análisis de varianza para comparar múltiples medias ANOVA, si el valor F resulta inferior al nivel de significancia (α), es decir: **($F < \alpha$)**, se concluye que es significativa, es decir que el resultado no es al azar, rechazando la hipótesis nula del ensayo.

3.5.1.4. Criterio de rechazo

Hipótesis:

H₀: El promedio de la resistencia a la compresión en probetas de concreto, usando diferentes de curadores artificiales con un mismo periodo de maduración, son iguales.

H_A: El promedio de la resistencia a la compresión en probetas de concreto, usando diferentes curadores artificiales con un mismo periodo de maduración, no son iguales.

En el Análisis de Varianza interesa no rechazar la hipótesis nula, es decir, interesa que el valor de F sea mayor de 0,05 para no rechazar la hipótesis nula (queremos que $F > 0,05$).

3.5.1.5. Promedio.

También recibe el nombre de media aritmética; que viene a ser la suma de todas las observaciones y/o resultados divididos entre el número total de datos obtenidos, como lo indica la fórmula que se muestra a continuación:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n X_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} = Promedio

Σ = Sumatoria

x_i = Observación de la muestra.

n = Tamaño de la muestra.

3.5.1.6. Varianza

Representa la variabilidad que se da en una serie de datos con respecto a su media. Se halla como la suma de todos los residuos elevados al cuadrado dividiéndolos entre el total de observaciones o también, esta también se expresaría como la desviación típica al cuadrado.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde:

σ^2 = Varianza

\bar{x} = Promedio.

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra.

n = Tamaño de la muestra.

3.5.1.7. Desviación estándar

Se usa para cuantificar la variación de un conjunto de datos numéricos, señalando así la dispersión media de un conjunto de datos; por lo tanto, a mayor sea la desviación estándar, mayor es la dispersión de datos.

Con el dato de la varianza, se determinaría la desviación estándar:

$$DS = \sqrt{\sigma^2}$$

Dónde:

σ^2 = Varianza

3.5.1.8.

3.5.1.9. Coeficiente de variación

Es la relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable, su fórmula expresa a la desviación estándar como un porcentaje de la media aritmética, mostrando una interpretación relativa de la magnitud de variabilidad, eliminando la dimensionalidad de la escala de la variable, a diferencia de la desviación estándar.

$$CV = \frac{DS}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

DS = Desviación estándar

\bar{X} = Promedio o Media Aritmética

Interpretación del coeficiente de variación

Es la calificación para evaluar la calidad estadística de las estimaciones.

Para la muestra se considera una estimación con un coeficiente de variación:

- Si se da hasta del 7%, se determina que es preciso;
- En cambio, si este se da entre el 8 y el 14% significaría que existe una precisión aceptable;
- Y si oscila entre el 15% y 20% se estima que es precisión regular y por lo tanto se debe utilizar con precaución.
- En cuanto sea mayor del 20% nos indica que la estimación es poco precisa y por lo tanto se recomienda usarla con fines descriptivos (tendencias no niveles).

3.5.2. Análisis de los datos

En la Tabla 18 se exponen todos los resultados promedio para ser evaluados estadísticamente por el método de ANOVA, con un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS

3.6. Resultados de las Propiedades Físicas del Agregado Fino.

3.6.1. Análisis granulométrico de la Arena Gruesa.

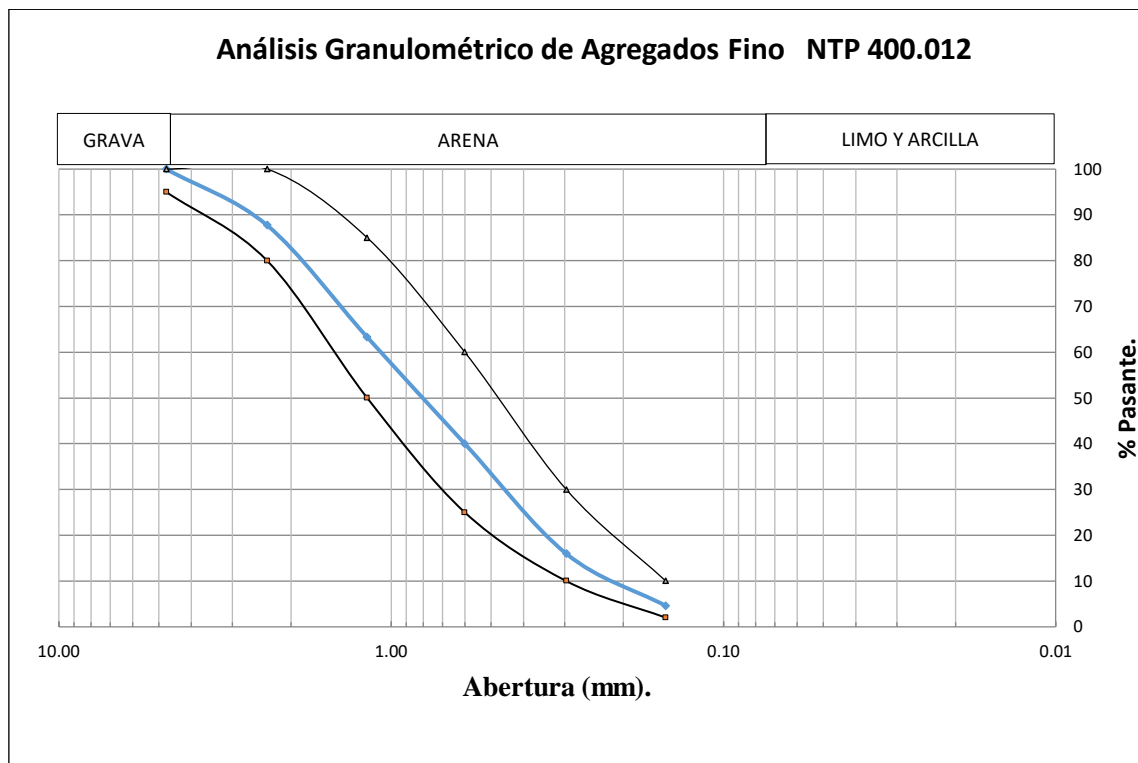
Tabla 4

Clasificación Granulométrica de la Arena gruesa.

Tamiz N°	□□ (mm)	Límites Granulométricos NTP 400.012		Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	
		Mínimo	Máximo					
4	4.75	95	100	0.0	0.0	0.0	100.0	
8	2.36	80	100	74.5	12.3	12.3	87.7	
16	1.18	50	85	148.5	24.5	36.7	63.3	
30	0.60	25	60	141.3	23.3	60.0	40.0	
50	0.30	10	30	145.9	24.0	84.0	16.0	
100	0.15	2	10	69.1	11.4	95.4	4.6	
-100	Bandeja			27.9	4.6	100.0	0.0	
				<u>607.2</u>				

Fuente: Elaboración Propia

Figura 09.- Clasificación Granulométrica de la arena y sus Husos Granulométricos.



Fuente: Elaboración Propia.

D ₆₀ : 1.03	C.c. (Coeficiente de Curvatura) : 1.1	% Arena: 100
D ₃₀ : 0.48	C.u. (Coeficiente de Uniformidad) : 4.9	% Finos : 1.8
D ₁₀ : 0.21	Módulo de Finura : 2.88	

La Tabla N° 03 presenta los datos del análisis granulométrico usando los tamices para agregado fino y los representa en la Figura 6. Abertura de los tamices (mm) Vs el % pasante acumulado, donde la curva granulométrica resultante se encuentra dentro del rango de los husos granulométricos de la NTP 400.012,2013 obteniendo el módulo de finura 2.88, el cual se encuentra entre el rango de 2.50 a 3 ideal para la arena gruesa.

3.6.2. Contenido de Humedad del Agregado Fino – NTP: 339.185,2016

Tabla 5

Contenido de Humedad de la Arena Gruesa.

Contenido de Humedad	Agregado Fino
Peso tazón (gr)	290.0
Peso tazón + material húmedo (gr)	830.5
Peso tazón + material seco (gr)	824.5
Peso material húmedo (gr)	540.5
Peso material seco (gr)	534.5
Contenido de humedad (gr)	6.0
Contenido de Humedad (%)	1.12%

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla N° 05, el contenido de agua superficial y la atrapada en los poros de la arena gruesa, representa una humedad del 1.12%.

3.6.3. Peso Unitario Suelto del Agregado Fino- NTP: 400.017,2016

Tabla 06

Peso Unitario Suelto de la Arena Gruesa.

Agregado Fino	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + material (kg)	12.789	12.847	12.687	
Peso recipiente (kg)	0.950	0.950	0.950	
Peso neto muestra (kg)	11.839	11.897	11.737	
Volumen recipiente (m3)	0.007	0.007	0.007	
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1691.29	1699.57	1676.71	1689.19

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 06, El resultado del promedio de tres repeticiones. del ensayo de peso unitario suelto del agregado fino es el valor de 1689.19 Kg/m³. El método de ensayo determina la densidad de la masa suelta no seca la muestra en estufa.

3.6.4. Peso Unitario Compactado del Agregado Fino - NTP: 400.017,2016

Tabla 07

Peso Unitario Compactado de la Arena Gruesa.

Agregado Fino	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + material (kg)	14.425	14.500	14.446	
Peso recipiente (kg)	0.950	0.950	0.950	
Peso neto muestra (kg)	13.475	13.496	13.550	
Volumen recipiente (m3)	0.007	0.007	0.007	
Peso Unitario Compactado (Kg/m³)	1,925	1,928	1,936	1929.6

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla N° 07, el resultado de la media aritmética del ensayo de peso unitario compactado del agregado fino con tres repeticiones es el valor de 1785.9 Kg/m³; igualmente se obtuvo densidad de masa compactada sin secar la muestra en el horno.

3.6.5. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino - NTP: 400.022

Tabla 08

Peso Específico y Absorción de la Arena Gruesa.

Agregado Fino		Und.	E1	E2
A	Masa de Muestra (SSD)	g	501.3	502.7
B	Masa del Picnómetro aforado con agua	g	685.2	692.4
C	[A + B]	g	1186.5	1195.1
D	Masa de muestra en Picnómetro aforado en agua	g	984.9	992.1
E	[C – D]	cm ³	201.6	203.0
F	Masa de muestra seca al horno	g	495.0	491.0
Resultados			R1	R2
Peso Específico: (F/E)		g/cm ³	2.46	2.42
		Promedio g/cm ³	2.44	
% De Absorción: 100 [(A-F)/F]		%	1.27	2.38
		Promedio %	1.83	

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 08, Muestra el peso de la unidad de Volumen, del agregado compactado, si poros ni vacíos, con el valor de 2.44 g/cm³, Además el % de incremento de la masa debido a la penetración del agua es de 1.83%.

3.7. Resultados de las Propiedades Físicas del Agregado Grueso.

3.7.1. Análisis granulométrico de la Grava.

Tabla 9

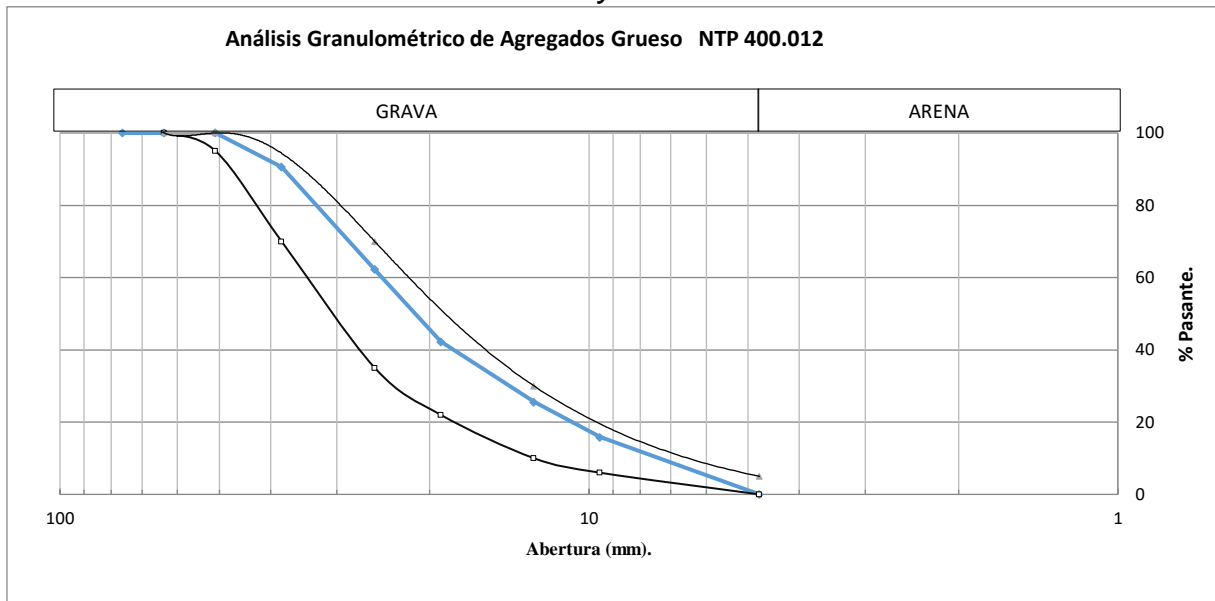
Clasificación Granulométrica de la Grava.

Tamiz N°	□ (mm)	Límites Granulométricos NTP 400.012		Peso Retenido (g.)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
		Mínimo	Máximo				
3"	76.2			0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.5	100	100	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.8	95	100	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.1	70		1751.3	9.4	9.4	90.6
1"	25.4	35	70	5272.7	28.3	37.7	62.3
3/4"	19.05	22		3725.4	20.0	57.7	42.3
1/2"	12.7	10	30	3116.7	16.7	74.5	25.5
3/8"	9.525	6		1808.6	9.7	84.2	15.8
N° 4	4.76	0	5	2949.8	15.8	100	0.0
				<u>18624.5</u>			

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10

Clasificación Granulométrica de la Grava y sus Husos Granulométricos.



Fuente: Elaboración Propia

D ₆₀ : 23	C.c. (Coeficiente de Curvatura)	: 1.1	% Grava: 100
D ₃₀ : 14	C.u. (Coeficiente de Uniformidad)	: 2.9	TM: 2"
D ₁₀ : 8	Modulo de Finura	: 7.51	TMN: 1 1/2"

La Tabla N° 09, presenta los datos del análisis granulométrico usando los tamices para agregado grueso y los representa en la Figura 7. Abertura de los tamices (mm) Vs el % pasante acumulado, donde la curva granulométrica resultante muestra que el agregado está bien gradado por encontrarse dentro de los límites husos.

3.7.2. Contenido de Humedad del Agregado Grueso – NTP: 339.185,2016

Tabla 10

Contenido de Humedad de la Grava.

Contenido de Humedad	Agregado Fino
Peso tazón (gr)	310.0
Peso tazón + material húmedo (gr)	5510.0
Peso tazón + material seco (gr)	5475.0
Peso material húmedo (gr)	5200.0
Peso material seco (gr)	5165.0
Contenido de humedad (gr)	35.0
Contenido de Humedad (%)	0.68%

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 10, el grado de humedad contenido en los poros de la gravilla muestra un valor de 0.68 %.

3.7.3. Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso- NTP: 400.017,2016

Tabla 11

Peso Unitario Suelto de la Arena Gruesa.

Agregado Grueso	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + material (kg)	13.939	13.954	13.926	
Peso recipiente (kg)	3.438	3.438	3.438	
Peso neto muestra (kg)	10.501	10.516	10.488	
Volumen recipiente (m3)	0.007	0.007	0.007	
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1500.14	1502.29	1498.29	1500.24

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla N° 11, muestra la relación de la masa de la grava que ocupa un volumen patrón determinado sin acomodar el material, con el valor de 1500.24 Kg/m³.

3.7.4. Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso - NTP: 400.017,2016

Tabla 12

Peso Unitario Compactado de la Grava.

Agregado Fino	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + material (kg)	14.685	14.705	14.690	
Peso recipiente (kg)	3.438	3.438	3.438	
Peso neto muestra (kg)	11.247	11.252	11.267	
Volumen recipiente (m3)	0.007	0.007	0.007	
Peso Unitario Compactado (Kg/m³)	1,607	1,607	1,610	1607.9

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla N° 12, La masa de la grava que ocupa un volumen con un grado de acomodamiento de las partículas, con el valor de 1607.9 Kg/m³.

3.7.5. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso - NTP: 400.022

Tabla 13

Peso Específico y Absorción de la Grava.

Agregado Fino		Und.	E1	E2
A	Masa de Muestra (SSD)	g	5510.5	5512.0
B	Masa del Picnómetro aforado con agua	g	1820.0	1820.0
C	[A + B]	g	7330.5	7332
D	Masa de muestra en Picnómetro aforado en agua	g	5501.0	5499.0
E	[C – D]	cm ³	1829.5	1833.0
F	Masa de muestra seca al horno	g	5465.3	5455.5
Resultados			R1	R2
Peso Específico: (F/E)		g/cm ³	2.99	2.98
		Promedio g/cm ³	2.98	

% De Absorción: 100 [(A-F)/F]	%	0.83	1.04
	Promedio %	0.93	

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 13 el peso de la unidad de Volumen, del agregado compactado, si poros ni vacíos, con el valor de 2.98 g/cm³, Además el % de incremento de la masa debido a la penetración del agua es de 0.93%.

3.8. Diseño de Mezcla.

En un esfuerzo por la caracterización de la Mezcla se obtuvo el diseño del concreto premezclado:

Tabla 14

Dosificación de Mezclas de Concreto - Planta Pre Mezclado Moche Conforme ASTM C94/ NTP 334.114

MATERIAL	NORMA	ID MATERIAL	PÁRAMETROS DE DOSIFICACIÓN	MASA
Cemento	ASTM C 1157	Cemento Tipo I		341 Kg
Agua	ASTM C 1602	VI-Agua (P)-S-(N)-ETR	Máximo 204 L	198 L
Agregado Grueso H67, QL	ASTM C 33	VI-H67-M-QLE-V	47.0% ± 3%	864 kg
Agregado Natural, QL	ASTM C 33	VI-F(0/4.75)-Z-QLE-(R)-V	53.0% ± 3%	975 kg
Aditivo Tipo F	ASTM C 494	Sikament® TM190	Máx 2.00%	4.77 kg
Aditivo Tipo D/B	ASTM C 494	Plastiment® TM12	Máx 0.40%	0.34 kg
Masa Total Materiales por m³				2383 kg/m³
P.U. del concreto fresco	ASTM C138			2353 kg/m ³
Rendimiento	ASTM C138		0.99 - 1.02	1.01
Relación a/mc de diseño			0.58	
Relación a/mc máxima			0.60	

Fuente: Elaboración Propia.

La presente Tabla 14, muestra el diseño de mezcla del concreto Pre Mezclado elaborado con cemento Pacasmayo Tipo I, usando los agregados obtenidos de la cantera natural denominada Quebrada de León caracterizada por las propiedades

físicas en los ensayos anteriormente mostrados; También el uso de los reactivos superplastificantes reductores de agua para obtener una consistencia súper fluida, además muestra el peso unitario del concreto fresco de 2353 Kg/m³ con una relación a/c de 0.58.

3.8.1. Determinación de la consistencia del concreto Pre-Mezclado (Prueba de Slump)

Tabla 15

Resultados del asentamiento del concreto para 3, 7, 14, 21 y 28 días.

Fecha de Muestra	Código	Repeticiones					Slump Promedio
		1	2	3	4	5	
18/01/2021	MOC-005136-P	4.94	4.97	5.03	4.88	4.38	4.84
8/01/2021	MOC-004990-P	4.56	4.63	5.09	5.16	4.53	4.79
4/01/2021	TRU-026833-P	4.75	4.84	5.09	5.25	5.34	5.06
23/12/2020	MOC-004834-P	4.50	4.31	4.16	4.41	4.50	4.38
19/12/2020	MOC-004758-P	5.44	5.47	5.38	5.19	5.16	5.33

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 15.- Se aprecia las pruebas de asentamiento realizadas al concreto Pre-Mezclado tomados aleatoriamente de los mixers, durante los despachos diarios de concreto proveniente de la Empresa Dino Pacasmayo confirmando que el asentamiento solicitado del concreto, se encuentra en el rango de 4" a 6".

Tabla 16

Medición de la Temperatura del concreto fresco tomado para la elaboración de los testigos de concreto.

Código	Fecha	T (°C)
MOC-005136-P	18/01/2021	21.3
MOC-004990-P	8/01/2021	21.2
TRU-026833-P	4/01/2021	21.8
MOC-004834-P	23/12/2020	21.4
MOC-004758-P	19/12/2020	21.4

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 16, nos muestra que la temperatura promedio del concreto Fresco resulto alrededor de los 21 °C.

3.9. Resultados de Ensayos de Curado artificial.

Tabla 17

Matriz experimental del diseño de comparación simple, con cinco réplicas.

N°	Curador Químico	Edad (días)	Réplicas					Y promedio
			Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	
1	Sumergido en Agua	3	126	129	131	124	120	126
2		7	244	241	234	238	237	239
3		14	269	255	260	265	264	263
4		21	275	287	278	283	289	282
5		28	315	317	307	300	314	311
6	Membranil Reforzado	3	108	102	98	106	100	103
7		7	206	198	192	204	195	199
8		14	234	226	220	232	223	227
9		21	246	248	242	244	245	245
10		28	269	283	279	282	258	274
11	Sikacem Curador	3	126	86	100	118	127	111
12		7	228	212	232	217	231	224
13		14	248	232	252	237	251	244
14		21	268	252	272	257	271	264
15		28	280	291	293	287	282	287
16	Z membrana blanco	3	75	68	79	82	78	76
17		7	196	182	197	201	183	192
18		14	209	214	213	218	212	213
19		21	239	231	240	234	232	235
20		28	266	270	274	260	265	267

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 17; muestra los ensayos de resistencia de compresión de los testigos obtenidos de diferentes edades de curado artificial del concreto y de una corrida de

ensayos con curado sumergido en agua, se observan 5 niveles de maduración del concreto, 4 tratamientos de curado y 5 réplicas de cada ensayo.

Tabla 18

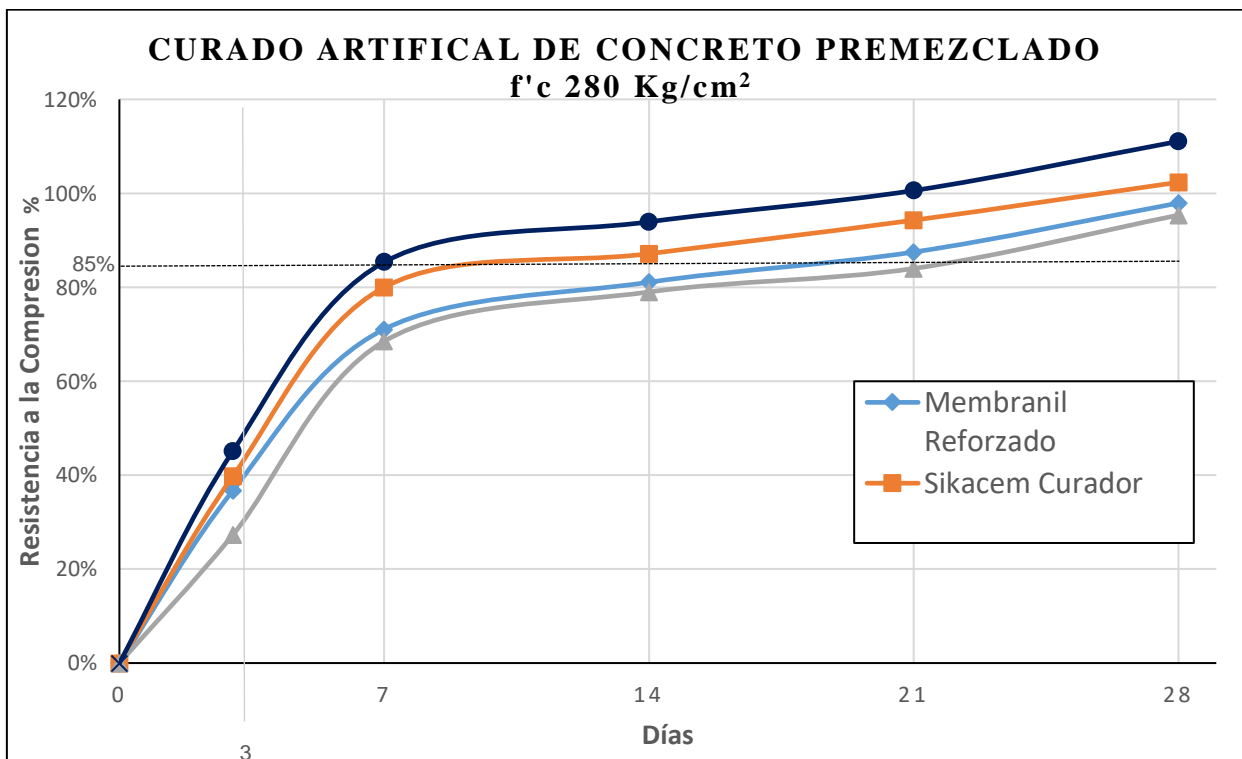
Porcentaje de la resistencia a la compresión de diseño alcanzada por días de maduración.

Curador Químico	% Resistencia de Compresión de Diseño ($F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$)				
	3 días	7 días	14 días	21 días	28 días
Membranil reforzado	63.5%	76.4%	86.4%	90.7%	101.8%
Sikacem curador	66.6%	85.4%	92.5%	99.6%	107.7%
Z membrana blanco	54.1%	73.9%	84.8%	89.4%	100.7%

Nota. Los datos son el cálculo del porcentaje alcanzado de la resistencia de diseño en función a los días de maduración transcurridos. Fuente: Elaboración propia.

Figura 11

Ensayo comparativo del curado artificial utilizando aditivos curadores del mercado nacional vs un curado patrón sumergido en agua.



Nota. La figura muestra el corte al 85% de la resistencia a la compresión alcanzada según el avance de la maduración del concreto. Fuente: Elaboración Propia.

La figura 08 muestra el desarrollo de porcentaje de resistencia a la compresión de un concreto pre mezclado tipo I de $f'c$ 280 Kg/cm² de tres aditivos curadores y el clásico curado por inmersión en agua.

Los resultados de ensayo por inmersión sirven de comparación para medir la eficiencia de los curadores artificiales, mostrando que 2 de ellos, el Membranil reforzado y el Z Membrana blanco no logran alcanzar a los 28 días de maduración de concreto la resistencia requerida, por otra parte, el aditivo curador Sikacem Curador si logra la resistencia requerida y durante su desarrollo de resistencia es el aditivo que muestra los valores más óptimos.

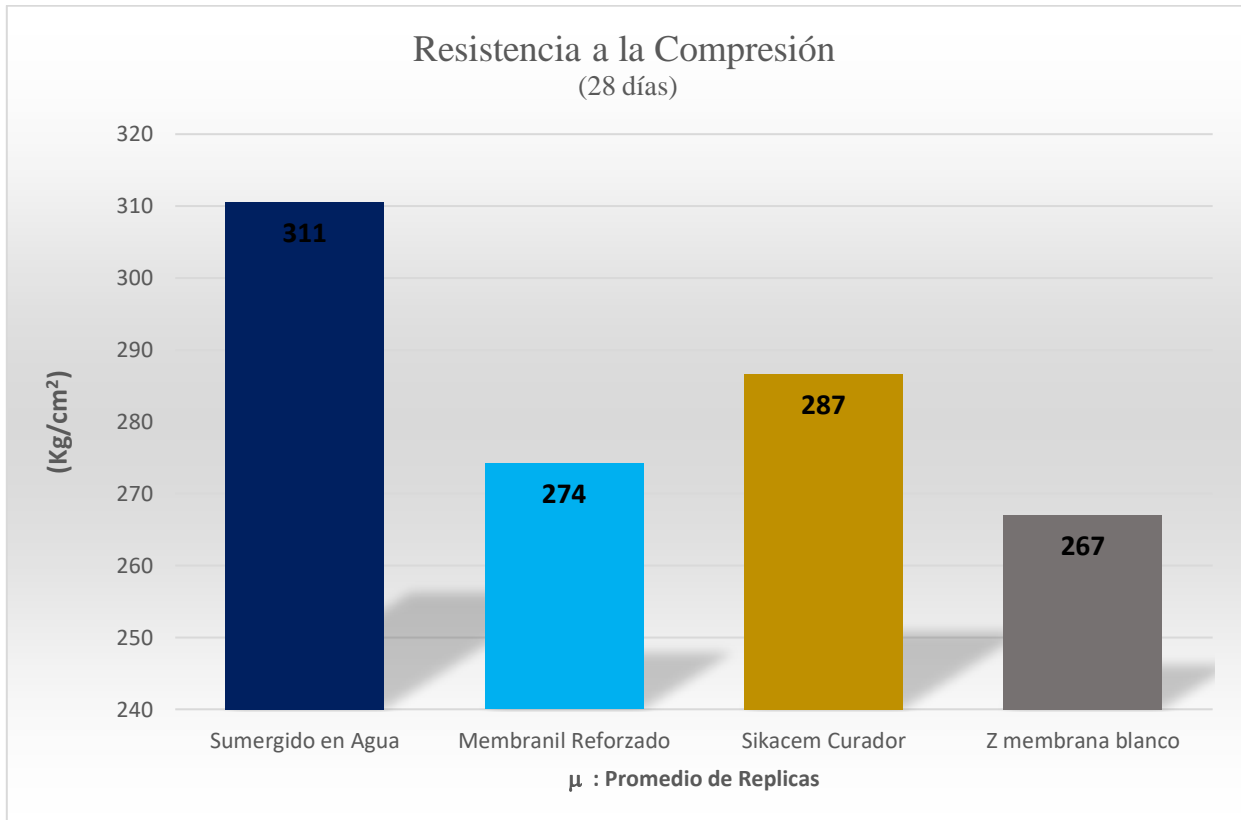
La edad teórica determina el tiempo de curado, desencofrado y puesta en carga que necesita el hormigón bajo las condiciones reales de una obra en particular.

Se encuentra asociada al concepto de madurez del hormigón y señala el tiempo equivalente para el cual dicho hormigón alcanzara ciertas características que tendría bajo determinadas condiciones ambientales conocidas. Si el hormigón está sometido a temperaturas ambientales normales, es decir alrededor de los 20°C, la edad teórica coincide con la edad real. Si no es así, se tomará como edad teórica t_a a la dada por la expresión.

De la tabla 18, se observa que con el aditivo curador Sikacem curador a los 9 días ya se supera más del 85% de la resistencia de diseño, seguido por el aditivo curador Membranil reforzado que se puede proyectar que pasado los 18 días supera el 85%, mientras que el aditivo curador Z membrana blanco se estima que pasado los 22 días de maduración recién alcanza el a superar el 85% de la resistencia del diseño, sin embargo, todos llegan al 100% a los 28 días, considerando que la muestra es concreto pre mezclado $f'c = 280$ Kg/cm², el servicio considera un factor de seguridad en el diseño de mezcla para asegurar la resistencia a la compresión de diseño.

Figura 12

Comparación de la resistencia del concreto a los 28 días de edad, con cada tipo de curador artificial y el curado sumergido en agua.



Fuente: Elaboración Propia.

La figura 09, muestra una gran diferencia en la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de maduración entre la muestra patrón con curado sumergido en agua vs los curadores artificiales, sin embargo, entre los curadores artificiales, el de mayor rendimiento es el producto Sikacem, mientras que los aditivos curadores Membranil y Z Membrana no presentan una diferencia significativa.

Tabla 19*Análisis de Varianza para comparar múltiples medias - Software IBM SPSS.*

ANOVA					
Resistencia del Concreto a los 28 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5489,600	3	1829,867	33,075	,000
Dentro de grupos	885,200	16	55,325		
Total	6374,800	19			

Fuente: Software IBM SPSS Statistics Version 26

Tabla 20*Resumen de procesamiento de casos.*

	Incluido		Excluido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Resistencia del Concreto * Tipo de Curado	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%

Fuente: Software IBM SPSS Statistics Version 26

Tabla 21*Resúmenes de casos con el tamaño de testigos es el mismo.*

Tipo de Curado	Resistencia del Concreto
Sumergido en Agua	5
Membranil Reforzado	5
Sikacem Curador	5
Z membrana blanco	5
Total	20

Fuente: Software IBM SPSS Statistics Version 26

Como la Tabla 21, Indica que las muestras tienen el mismo tamaño, entonces realizaremos el análisis posterior de Anova con el método de Tukey.

Tabla 22

Prueba Pos hoc – Método Tukey.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia del Concreto a los 28 días						
HSD Tukey						
(I) Tipo de Curado	(J) Tipo de Curado	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Sumergido en Agua	Membranil Reforzado	36,40000*	4,70425	,000	22,9410	49,8590
	Sikacem Curador	24,00000*	4,70425	,001	10,5410	37,4590
	Z membrana blanco	43,60000*	4,70425	,000	30,1410	57,0590
Membranil Reforzado	Sumergido en Agua	-36,40000*	4,70425	,000	-49,8590	-22,9410
	Sikacem Curador	-12,40000	4,70425	,076	-25,8590	1,0590
	Z membrana blanco	7,20000	4,70425	,443	-6,2590	20,6590
Sikacem Curador	Sumergido en Agua	-24,00000*	4,70425	,001	-37,4590	-10,5410
	Membranil Reforzado	12,40000	4,70425	,076	-1,0590	25,8590
	Z membrana blanco	19,60000*	4,70425	,004	6,1410	33,0590
Z membrana blanco	Sumergido en Agua	-43,60000*	4,70425	,000	-57,0590	-30,1410
	Membranil Reforzado	-7,20000	4,70425	,443	-20,6590	6,2590
	Sikacem Curador	-19,60000*	4,70425	,004	-33,0590	-6,1410

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Software IBM SPSS Statistics Version 26

En la Tabla 22, nos muestra la columna de diferencias de medias, en los valores donde aparece los asteriscos nos indica los curadores en el cual hay diferencias de medias entre el tipo de curador.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la caracterización de los agregados provenientes de la Cantera Quebrada de León, ubicada en Río Seco, Distrito de Huanchaco-Trujillo; muestra que el agregado fino (Arena Gruesa) presenta un módulo de finura de 2.88, cumpliendo los usos granulométricos de la NTP 400.012, con un contenido de humedad de 1.12%, un porcentaje de Adsorción promedio de 1.83%, peso específico de 2.44 g/cm³, Peso Unitario Suelto de 1689.19 Kg/m³ y Peso Unitario Compactado de 1929.6 Kg/m³.

Con respecto a el agregado grueso (grava) presenta las siguientes propiedades: Tamaño máximo 2", Tamaño máximo nominal de 1 ½", un módulo de finura 7.51, cumpliendo con los usos granulométricos de la NTP 400.012, de peso específico de 2.98 g/cm³, contenido de humedad de 0.68% y grado de absorción de 0.93%, con un Peso unitario suelto de 1500.24 Kg/m³ y Peso Unitario compactado de 1607.9 Kg/m³.

Observamos que las características físicas y la granulometría encontradas en los agregados, son muy cercanos a los valores obtenidos en dos investigaciones de tesis locales, Ana Jacobo A. y José Aguilar M., ambas realizadas en el año 2019; tanto para el agregado fino, como para el agregado grueso; donde su material de estudio también se encuentra dentro del encauzamiento de la cuenca quebrada El León, al igual que la presente investigación, cumpliendo los Husos y rango de valores expuestos en las Normas técnicas peruanas vigentes.

Respecto al concreto Premezclado de cemento Tipo MS, está caracterizado con un Peso Unitario de concreto fresco de 2353 Kg/m³, un slump de 4" a 6", con una Temperatura de concreto fresco de 21 °C y con una relación a/c de 0.58.

Como se planteó en la Hipótesis, el curado sumergido en agua brinda los resultados más óptimos comparado con los tres curadores artificiales ensayados en esta investigación. Sin embargo, todos los aditivos curadores artificiales evaluados alcanzan el 85% de la resistencia de diseño requerida antes de los 18 días de maduración del concreto, sin embargo, en la tesis de investigación de Ana Jacobo Alcántara, recién a los 28 días el curador Sikacem alcanza este objetivo y el aditivo Membranil reforzado no lo alcanza.

Respecto a la tesis local de investigación realizado por y José Aguilar Moscoso (2019), que usaron los aditivos Súper curador Chema, Sika Antisol S y Per Kurevista; los cuales pasaron el 85% de la resistencia de la compresión de diseño a los 18.5 días en promedio. Probablemente esto se deba a que el diseño de mezcla del concreto premezclado, muy diferente a los diseños de mezcla tradicionales, utiliza dos aditivos reductores de agua de alto rendimiento, brindando un efecto considerable en la resistencia a la compresión de las probetas.

Son las propiedades y tipo de cada uno de los aditivos curadores de concreto lo que hace la diferencia en el desarrollo de la resistencia a la compresión obtenidos, aun cuando todos cumplen las especificaciones de las normas ASTM C 309 y forman membranas liquidas capaces de conseguir altas retenciones de agua en la superficie del concreto; los aditivos curadores Sikacem y Membranil a base de polímeros acrílicos (macromoléculas) no presentan una diferencia significativa en sus resultados, por otra parte el aditivo curador Z membrana blanca líquido que no contiene polímeros, provee un curado de menor eficiencia respecto a los dos anteriormente mencionados debido a su mayor permeabilidad de la membrana protectora de perdida de agua.

CONCLUSIONES

1. Se realizaron ensayos para determinar las propiedades físicas de los agregados, obteniendo como resultados del agregado fino (arena gruesa), un 2.88 para el módulo de finura, un contenido de humedad del 1.12 %, un peso unitario suelto de 1689.2 Kg/m³, un peso unitario compactado de 1929.6 Kg/m³, un peso específico de 2.44 g/cm³, un grado de absorción de 1.83 % y para el agregado grueso (grava) se obtuvo un Tamaño máximo de 2", un tamaño máximo nominal de 1 ½", un contenido de humedad del 0.68%, un peso unitario suelto de 1500.2 Kg/m³, un peso unitario compactado de 1607.9 Kg/m³, un peso específico de 2.98 g/cm³, un grado de absorción de 0.93 %; cumpliendo con los Husos granulométricos de materiales bien graduados, así como características físicas ideales para la preparación de concreto.
2. Del análisis estadístico (ANOVA) de las medias de la resistencia a la compresión alcanzada a los 28 días de maduración de concreto, resultó que si existe una disminución significativa de la resistencia entre el curado sumergido en agua y los tres curadores artificiales a un intervalo de confianza del 95%.
3. Al hacer las comparaciones múltiples entre los tres aditivos curadores artificiales, Prueba Pos hoc por el Método Tukey; Nos clarifica que no existe diferencia de medias significativa entre los resultados del Aditivo Sikacemcurador y Membranil, pero si entre el Sikacemcurador y el Z Membrana blanco; por otra parte entre el Membranil y Z Membrana blanco la diferencia de medias tampoco es significativa; sin embargo, estos dos últimos aditivos curadores mencionados, no llegaron a la resistencia de diseño requerida ($f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$) a los 28 días, donde el menor valor lo obtuvo el curador Z Membrana Blanco con una reducción de 4.64% ($f'c = 267 \text{ Kg/cm}^2$) de la resistencia requerida de diseño del concreto, seguido del aditivo Membranil Reforzado con una disminución de 2.14% ($f'c = 274 \text{ Kg/cm}^2$).
4. Los ensayos de resistencia de concreto Pre-mezclado ($f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$) mediante el curado por inmersión en agua saturada de cal a los 28 días de maduración alcanzaron el valor promedio de 311 Kg/cm² y el uso de aditivo Sikacemcurador para curado por

aspersión el valor de 287 Kg/cm², esto demuestra que, aunque los aditivos curadores artificiales afectan disminuyendo el grado y la tasa de hidratación del cemento, la resistencia obtenida proporciona una gran alternativa por cumplir en alcanzar la resistencia de diseño requerida a los 28 días.

5. Del análisis comparativo de los curadores artificiales, se observó que el aditivo curador Sikacem logra obtener el 85% de la resistencia requerida de diseño a los 9 días de maduración, valor muy favorable para una optimización de los periodos de encofrado. El aditivo Membranil reforzado y Z Membrana Blanco alcanzan este valor a los 18 y 22 días respectivamente valores comunes recomendados por CAPECO alrededor de los 21 días.

RECOMENDACIONES

- Investigar el efecto de estos aditivos curadores artificiales en concretos elaborados con los diferentes tipos de cemento, debido que las variantes en sus componentes químicos pueden tener influencia en el grado y la tasa de hidratación del cemento.
- Evaluar diferentes propiedades del concreto como la resistencia a la tracción, la durabilidad, abrasión entre otras.
- Realizar una investigación con un enfoque económico de los beneficios que brinda este curado con aditivos artificiales en la optimización de los tiempos de encofrado.

APENDICE A

Diseño de Mezcla concreto Premezclado

 Gestión de calidad	INFORME DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO	Código: D-CC-F-125 Versión: 02 / 10 Abril 2019 Página 1/1
	Conforme a ASTM C94 / NTP 339.114	

PLANTA PREMEZCLADOS MOCHE

DATOS GENERALES

Cliente	: CUPESAC	Lugar	: URB. LAS HORTENCIAS DE CALIFORNIA
Obra	: "MULTIFAMILIAR TORRE BLANCA"	Fecha	: 18/01/2019
Tipo de concreto	: C280-MS-H67-A5	Tipo de suministro	: BOMBEADO
Requerimiento del Cliente	: 14777	Diseño por resistencia	
Requisitos especiales	: N/E		

DOSIFICACIÓN PARA 1 M³ DE CONCRETO

MATERIAL	NORMA	ID MATERIAL	PARAMETROS DE DOSIFICACIÓN	MASA /m ³ [SSS]
Cemento	ASTM C1157	Cemento Tipo MS - Pacasmayo		341 kg
Agua	ASTM C1602	VI-Agua (P)-S-(N)-ETR	Máximo 204 L	198 L
Agregado grueso H67, Quebrada de León	ASTM C33	VI-H67-M-QLE-V	47.0% ± 3%	864 kg
Arena Natural, Quebrada de León	ASTM C33	VI-F(0.4.75)-Z-QLE-(R)-V	53.0% ± 3%	975 kg
Aditivo Tipo F	ASTM C494	Sikament® TM190	Máx 2.00%	4.77 kg
Aditivo Tipo D/B	ASTM C494	Plastiment® TM12	Máx 0.40%	0.34 kg
Masa total materiales por m³				2383 kg/m³
Peso unitario del concreto fresco	ASTM C138			2353 kg/m ³
Rendimiento	ASTM C138		0.99 - 1.02	1.01
Relación a/mc de diseño			0.58	
Relación a/mc máxima			0.60	
Resistencia especificada a compresión	a 28 días		280 kg/cm ²	
Resistencia especificada a flexión	a 28 días		N/E kg/cm ²	

Nota: Dosificación máxima de agua incluye el hielo que opcionalmente será utilizado para cumplir requisitos de temperatura.

OBSERVACIONES


- Durante el suministro se harán ajustes menores a la dosificación, por granulometría, por humedad, por rendimiento, por consistencia, etc; para asegurar un desempeño sostenido en su aplicación y el cumplimiento de los parámetros de dosificación.
- DINO SRL. podrá optimizar las dosificaciones conforme a lo citado en el ACI 318S-14, ítem 26.4.4.1(c): *En la medida que se disponga de más datos durante la construcción, se permite reducir la cantidad por la cual la resistencia promedio requerida (f'cr) excede al f'c, siempre que con la nueva dosificación se siga cumpliendo con los requisitos del cliente.*
- Según lo prescrito por la ASTM C94/NTP 339.114 el asentamiento o flujo de asentamiento que no cumple con las tolerancias por defecto, puede aplicarse un retemplado único, sin superar el agua y relación a/mc máxima.
- Esta dosificación de concreto ha sido validada por nuestra jefatura de Gestión de Calidad, en base a la verificación de su conformidad con los requisitos del cliente y con los requisitos de norma, es responsabilidad del usuario cumplir con las condiciones mínimas y buenas prácticas descritas en el registro de Requerimiento del Cliente, para evitar defectos que afecten la estética o el desempeño del concreto.

DESARROLLO DE RESISTENCIA

Edad	Compresión (kg/cm ²)	Flexión (kg/cm ²)
7 d	239	N/E
28 d	311	N/E



Fuente: Carta Control del concreto C280-MS-H67-A5


 Ing. Juan Carlos Lopez Morales
 Supervisor de Optimización y Desarrollo

APENDICE B

Análisis de Varianza para Comparar
Múltiples Medias
(Software IBM SPSS Statistics)

Descriptivos

Resistencia del Concreto a 3 Días	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre-componente
					Límite inferior	Límite superior			
Membranil Reforzado	5	102.8000	4.14729	1.85472	97.6505	107.9495	98.00	108.00	
Sikacem Curador	5	111.4000	17.85497	7.98499	89.2301	133.5699	86.00	127.00	
Z membrana blanco	5	76.4000	5.31977	2.37908	69.7946	83.0054	68.00	82.00	
Total	15	96.8667	18.48500	4.77281	86.6300	107.1033	68.00	127.00	
Modelo	Efectos fijos		11.01968	2.84527	90.6674	103.0660			
	Efectos			10.53017	51.5590	142.1743			308.37

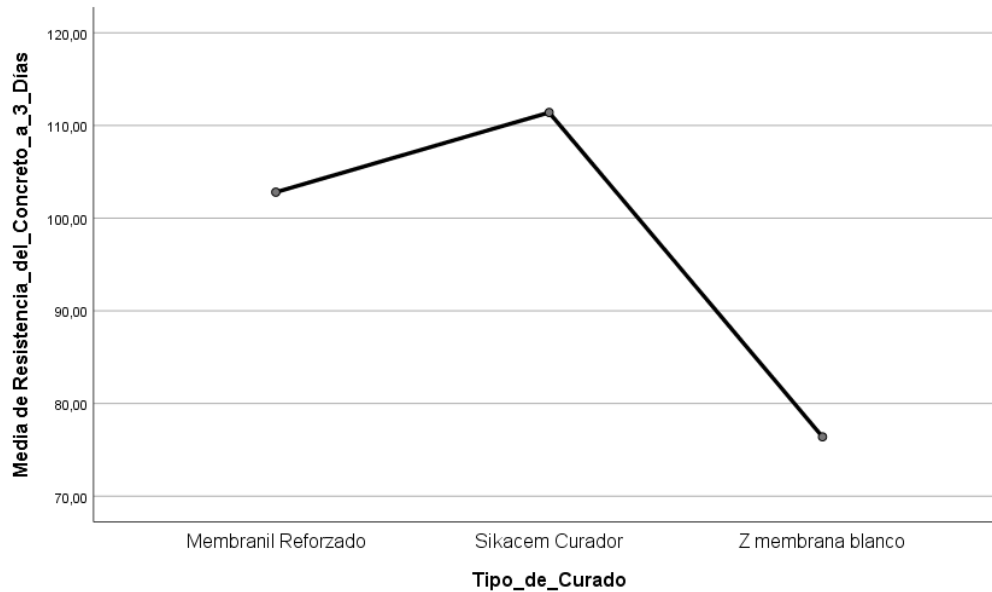
Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia del Concreto a 3 Días	Se basa en la	10.228	2	12	0.003
	Se basa en la	2.957	2	12	0.090
	Se basa en la mediana y con gl	2.957	2	5.118	0.140
	Se basa en la media recortada	9.324	2	12	0.004

ANOVA

Resistencia del Concreto a 3 Días	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3326.53	2	1663.27	13.70	0.001
Dentro de grupos	1457.20	12	121.43		
Total	4783.73	14			

Gráficos de medias



Descriptivos

Resistencia del Concreto a 7 Días	N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre-componente
					Límite inferior	Límite superior			
Membranil Reforzado	5	199.00	5.92	2.65	191.65	206.35	192.00	206.00	
Sikacem Curador	5	224.00	8.97	4.01	212.86	235.14	212.00	232.00	
Z membrana blanco	5	191.80	8.70	3.89	181.00	202.60	182.00	201.00	
Total	15	204.93	16.08	4.15	196.03	213.84	182.00	232.00	
Modelo	Efectos fijos		7.98	2.06	200.44	209.42			
	Efectos aleatorios			9.76	162.95	246.92			272.87

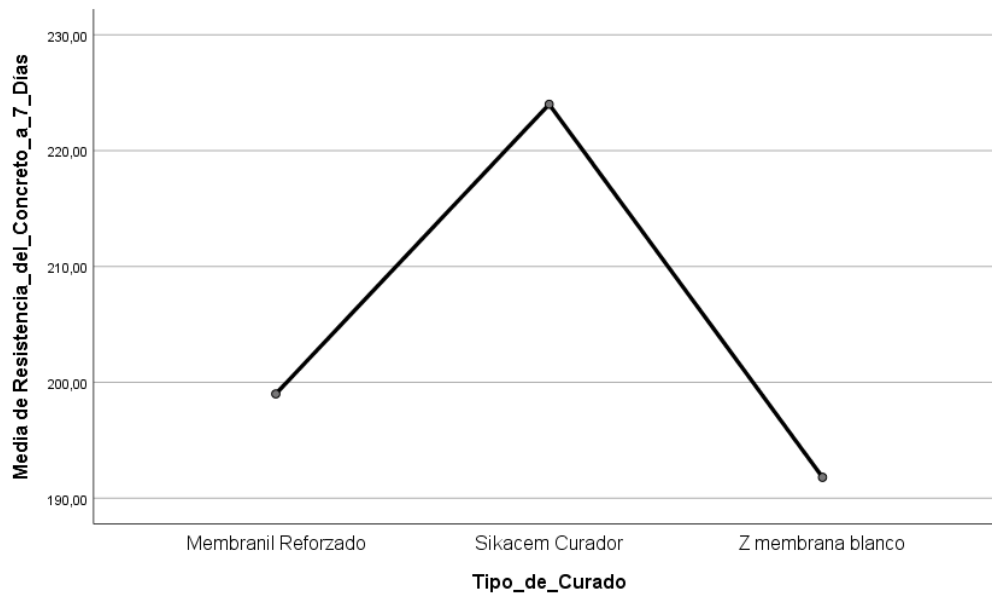
Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia del Concreto a 7 Días	Se basa en la	1.765	2	12	0.213
	Se basa en la	0.232	2	12	0.797
	Se basa en la mediana y con gl	0.232	2	9.675	0.797
	Se basa en la media recortada	1.650	2	12	0.233

ANOVA

Resistencia del Concreto a 7 Días	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2856.133	2	1428.067	22.407	0.000
Dentro de grupos	764.800	12	63.733		
Total	3620.933	14			

Gráficos de medias



Descriptivos

Resistencia del Concreto a 14 Días	N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre-componente
					Límite inferior	Límite superior			
Membranil Reforzado	5	227.00	5.92	2.65	219.65	234.35	220.00	234.00	
Sikacem Curador	5	244.00	8.97	4.01	232.86	255.14	232.00	252.00	
Z membrana blanco	5	213.20	3.27	1.46	209.14	217.26	209.00	218.00	
Total	15	228.07	14.36	3.71	220.12	236.02	209.00	252.00	
Modelo	Efectos fijos		6.49	1.67	224.42	231.72			
	Efectos aleatorios			8.91	189.74	266.39			229.60

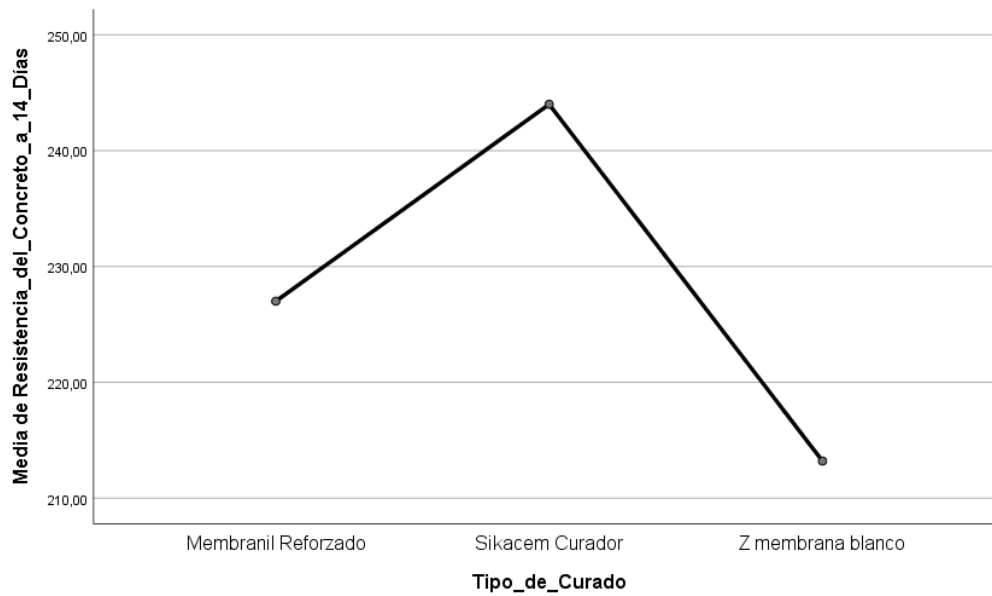
Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia del Concreto a 14 Días	Se basa en la	5.696	2	12	0.018
	Se basa en la	1.388	2	12	0.287
	Se basa en la mediana y con gl	1.388	2	6.741	0.313
	Se basa en la media recortada	5.348	2	12	0.022

ANOVA

Resistencia del Concreto a 14 Días	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2380.133	2	1190.067	28.290	0.000
Dentro de grupos	504.800	12	42.067		
Total	2884.933	14			

Gráficos de medias



Descriptivos

Resistencia del Concreto a 21 Días	N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre-componente
					Límite inferior	Límite superior			
Membranil Reforzado	5	245.00	2.24	1.00	242.22	247.78	242.00	248.00	
Sikacem Curador	5	264.00	8.97	4.01	252.86	275.14	252.00	272.00	
Z membrana blanco	5	235.20	4.09	1.83	230.13	240.27	231.00	240.00	
Total	15	248.07	13.50	3.49	240.59	255.54	231.00	272.00	
Modelo	Efectos fijos		5.84	1.51	244.78	251.35			
	Efectos aleatorios			8.45	211.69	284.44			207.60

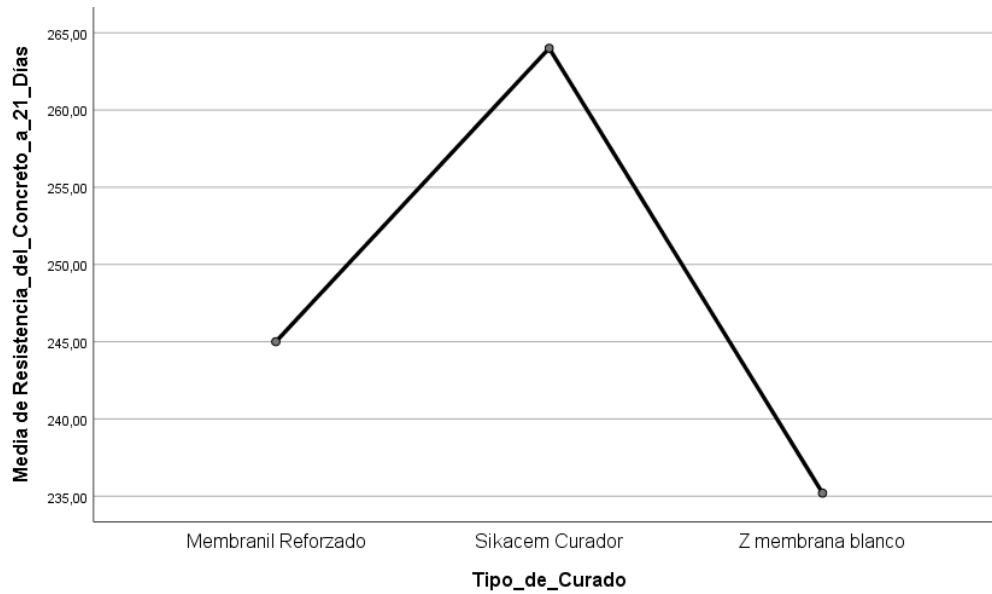
Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia del Concreto a 21 Días	Se basa en la Varianza	11.803	2	12	0.001
	Se basa en la Desviación	2.120	2	12	0.163
	Se basa en la mediana y con gl ajustados	2.120	2	5.422	0.209
	Se basa en la media recortada	10.760	2	12	0.002

ANOVA

Resistencia del Concreto a 21 Días	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2144.13	2.00	1072.07	31.47	0.000
Dentro de grupos	408.80	12.00	34.07		
Total	2552.93	14.00			

Gráficos de medias



Descriptivos

Resistencia del Concreto a 28 Días	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre-componente
					Límite inferior	Límite superior			
Membranil Reforzado	5	274.2000	10.61603	4.74763	261.0185	287.3815	258.00	283.00	
Sikacem Curador	5	286.6000	5.59464	2.50200	279.6533	293.5467	280.00	293.00	
Z membrana blanco	5	267.0000	5.29150	2.36643	260.4297	273.5703	260.00	274.00	
Total	15	275.9333	10.92485	2.82078	269.8834	281.9833	258.00	293.00	
Modelo	Efectos fijos		7.57188	1.95505	271.6736	280.1930			
	Efectos aleatorios			5.72402	251.3048	300.5618			86.82667

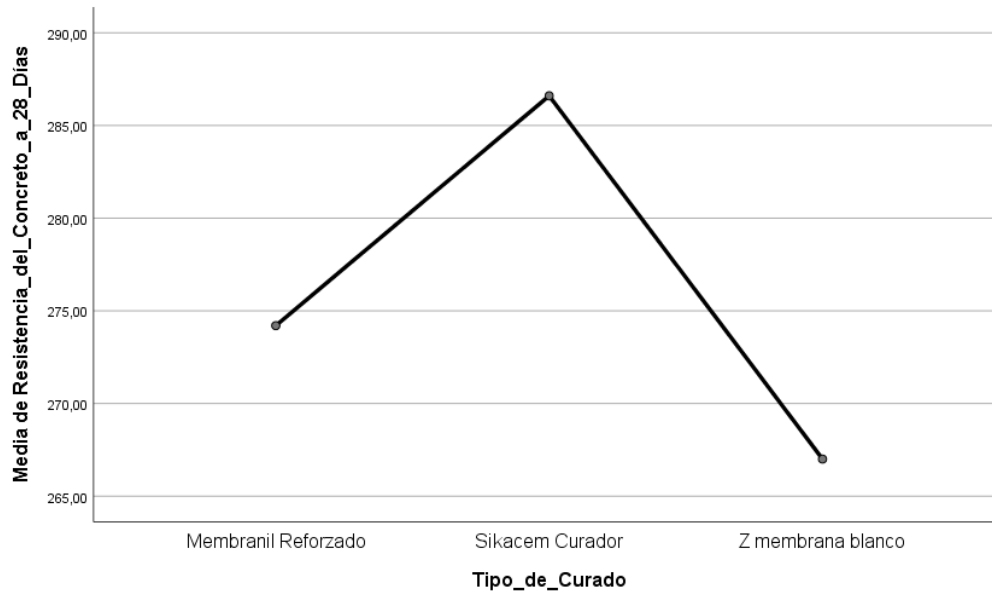
Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia del Concreto a 28 Días	Se basa en la	2.666	2	12	0.110
	Se basa en la	0.713	2	12	0.510
	Se basa en la mediana y con gl	0.713	2	6.190	0.526
	Se basa en la media recortada	2.431	2	12	0.130

ANOVA

Resistencia del Concreto a 28 Días	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	982.93	2	491.47	8.57	0.005
Dentro de grupos	688.00	12	57.33		
Total	1670.93	14			

Gráficos de medias



ANEXO 1

Especificaciones Técnicas de los Aditivos Curadores



El mejor amigo del concreto

Av. Los Faisanes N° 675. Urb. La Campiña, Chorrillos. Lima - Perú.
(01) 2523058 950 093 271 / 994 268 534 / 998 128 514 / 996 330 130

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 07.18



Curadores de concreto

Z Membrana Blanco

Descripción: Curador de color blanco que evita la evaporación del agua en el concreto. Cumple con las normas ASTM C309, ASTM C 156, TIPO 1 D, TIPO 2, CLASE A. No contiene polímeros.

Ventajas

- Facilita la retención de la humedad.
- Provee superficies sin polvo.
- Ofrece una mayor dureza superficial ya que el sistema de arrocera debilita superficialmente a la losa.
- Resiste los cambios de temperatura.
- Por la membrana que forma, el concreto se cura con su propia agua y desarrolla mayor fuerza y resistencia.
- El producto es compatible con el tarrajeo y la pintura látex, caucho, epóxica, entre otros.
- No es tóxico.

Usos

- En placas y columnas, inmediatamente después del desencofrado.
- En losas, techos, canales y todo elemento de concreto.
- Se puede utilizar también en climas fríos.
- En climas de altas temperaturas, recomendamos el CURET Z o Z SOL BLANCO.
- Se usa también en el curado de morteros normales o impermeabilizados.
- Para evitar fisuras, utilizar la FIBRA Z DE POLIPROPILENO en morteros y concretos.
- En todo elemento de concreto horizontal y vertical.
- En losas, cuando haya desaparecido la exudación del concreto (según el clima).

Aplicación

- La aplicación puede ser con brocha, mochila pulverizadora, rodillo, etc.
- El curador debe aplicarse a 20 a 30 minutos después de exudación.

Precauciones

- Una vez aplicado evitar el tráfico pesado.
- Agitarlo antes de usar.
- Lavar la mochila pulverizadora, rodillo o brocha cada vez que se termine de aplicar el producto Z MEMBRANA BLANCO.



El mejor amigo del concreto

Av. Los Faisanes N° 675, Urb. La Campiña, Chorrillos, Lima - Perú.
(01) 2523058 950 093 271 / 994 268 534 / 998 128 514 / 996 330 130

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 07.18

Rendimiento

- 1Gal Z MEMBRANA BLANCO = 25 - 30 m²/Gal.
 - Densidad = 1.17 Kg / L.
-

Cuidados

Se recomienda el uso de guantes, lentes y mascarilla. Para mayor detalle remítase a la hoja de seguridad del producto.

Envases

- 1 Galón.
- 5 Galones.
- 55 Galones.



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaCem[®] Curador

CURADOR QUÍMICO PARA CONCRETO Y MORTERO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem[®] Curador es un compuesto de curado que al ser pulverizado sobre el concreto fresco se adhiere a la superficie de éste (concreto), formando una película impermeable al agua y al aire, evitando la evaporación del agua de la mezcla y el secado prematuro del concreto por efectos del sol y/o viento.

USOS

- Techos
- Losas o pisos
- Vigas y/o columnas
- Veredas
- Rampas de acceso
- Canales de riego
- Carreteras
- Puentes
- Construcciones en generales de concreto

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Reducir el riesgo de fisuración por secado prematuro del agua.
- Rapidez y facilidad de aplicación, ya que se pulveriza sobre la superficie del concreto.
- Reduce los tiempos de curado con agua (7 días) y la mano de obra.

Después de 3 horas de aplicado, SikaCem[®] Curador no es afectado por las lluvias y su efecto se mantiene durante 3 semanas mínimo.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balde x 4 L ▪ Balde x 20 L
Apariencia / Color	Incoloro
Vida Útil	2 años
Condiciones de Almacenamiento	SikaCem [®] Curador puede ser almacenado en un sitio libre de congelamiento a temperaturas sobre los +5 °C .
Densidad	1.11 +/- 0.01 Kg/L

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Consumo

Dependiendo de las condiciones ambientales, especialmente de la velocidad del viento, el rendimiento es de 5 m² por litro de SikaCem® Curador 0,2 L/m².

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

SikaCem® Curador se aplica sobre la superficie del concreto fresco, una vez que este haya adquirido una tonalidad opaca superficialmente, es decir, en cuanto haya evaporado el exceso de agua de mezcla, tiempo que puede estar entre media hora y tres horas después de finalizada su colocación, dependiendo del viento y la temperatura ambiente.

Se debe agitar el contenido de los envases antes de su aplicación.

Es recomendable el uso de pulverizadores (fumigadores) para su uso y rendimiento óptimo, mas SikaCem® Curador puede ser aplicado con brocha o rodillo.

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.





MEMBRANIL REFORZADO

Curador de concreto tipo membrana para climas templados y soleados.

VERSION: 02
FECHA: 21/12/2017

DESCRIPCIÓN	<p>MEMBRANIL REFORZADO es un líquido de curado a base de polímero acrílico especialmente aditivado que lo hace formar una membrana impermeable de alta retención de agua sobre el concreto fresco, evitando que esta se evapore proporcionando una hidratación adecuada del concreto. Este tratamiento reemplaza al curado tradicional que se realiza durante 7 días con agua.</p> <p>Este producto cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-309, Tipo I, Clase A (Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete)</p>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none">- Forma una película de alta retención de agua.- Con una sola aplicación reemplaza al curado tradicional que se realiza por 7 días con agua.- Prolonga la hidratación del concreto evitando la formación de fisuras por un secado prematuro.- No se necesita de mano de obra especializada, se aplica fácilmente con mochila aspersora.- Permite desarrollar las resistencias a la flexión y compresión deseadas.- Adecuado color blanco lechoso en húmedo que permite distinguir las partes cubiertas.
USOS	<p>Para el curado de concreto fresco en toda clase de superficies como calzadas, veredas, techos, carreteras, diques, revestimientos de canales, losas, columnas, vigas, placas, cubiertas de puentes, estacionamientos, vías peatonales, etc.</p>
DATOS TÉCNICOS	<ul style="list-style-type: none">- Apariencia : Líquido- Color : Blanco lechoso (transparente una vez seco)- Densidad : 3.70 – 3.80 kg/gal- (0.978-1.004 Kg/ L)- pH : 6.0 – 9.0- VOC : 0 gr/L
PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO	<p>Agitar el envase antes de usar.</p> <p>El momento ideal para aplicar es inmediatamente después de que haya desaparecido la exudación de la superficie o después de haber desencofrado.</p> <p>Aplicar con mochila aspersora dejando una capa uniforme sobre toda la superficie.</p> <p>Limpiar las herramientas de aplicación después de culminar el trabajo con agua limpia.</p>
RENDIMIENTO	<p>Se recomienda aplicar 15m²/gal. como máximo para garantizar un espesor de película adecuado.</p>



Hoja Técnica

MEMBRANIL REFORZADO

Curador de concreto tipo membrana para climas templados y soleados.

VERSION: 02

FECHA: 21/12/2017

PRESENTACIÓN Envase de 1gal.
Envase de 5 gal.
Envase de 55 gal.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO 1 año en su envase original, cerrado, almacenado bajo techo en ambiente fresco y ventilado.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES No usar cuando la temperatura ambiente y de la superficie del concreto estén por debajo de 4°C (40°F), o si se pronostica lluvia durante las 12 horas posteriores a la aplicación.

En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico 012732318/999012933). Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños. No comer ni beber mientras manipula el producto. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua. Si es ingerido, no provocar vómitos; procurar ayuda médica inmediata.

“La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 1 para todos los fines”

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

ANEXO 2

Fotografías





Medición Cono de Abrams de 3" plg. En el rango



Medición de agregados usados en la cantera



Medición de agregado por Matriz N°200



Peso Especifico de las probetas de concreto pre mezclado obtenido en obra



Probetas de concreto premezclado 75
muestras de estudio en total



Aditos curadores en materia de estudio
de TESIS



ROCEADO CON ADITIVO MEMBRANIL
REFORZADO



Probetas sumergidas en agua



Preparación de las briquetas de concreto previo a su rotura.



Preparación de las briquetas de concreto previo a su rotura.



Preparación de las briquetas de concreto previo a su rotura.



ROTURA DE PROBETA