



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LOS CURADORES, TIEMPO DE CURADO Y NÚMERO DE CAPAS EN LA SUPERFICIE DEL CONCRETO SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN, TRUJILLO 2018

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Horna Barriga, José Alberto

Asesor:

Ing. Iván Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **José Alberto Horna Barriga**, denominada:

**“INFLUENCIA DE LOS CURADORES, TIEMPO DE CURADO Y NÚMERO DE
CAPAS EN LA SUPERFICIE DEL CONCRETO SOBRE LA RESISTENCIA A
COMPRESIÓN, TRUJILLO 2018”**

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
ASESOR CIP 123509

Ing. Wiston Azañedo Medina
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Carlos Humberto Fernández Fernández
JURADO

Ing. Julio Félix Valeriano Murga
JURADO

DEDICATORIA

*El presente trabajo investigación
lo dedico principalmente a Dios,
por ser el inspirador y darme
fuerza para continuar en este
proceso de obtener uno de los
anhelos más deseados.*

*A mis padres, por su amor, trabajo
y sacrificio en todos estos años,
gracias a ustedes he logrado llegar
hasta aquí y convertirme en lo que soy.
Ha sido el orgullo y el privilegio de ser
su hijo, son los mejores padres.*

*A mi hermano por estar
siempre presentes,
acompañándome y por
el apoyo moral, que me
brindo a lo largo de esta etapa.*

*A todas las personas que me
han apoyado y han hecho que
el trabajo se realice con éxito
en especial a aquellos que nos
abrieron las puertas y compartieron
sus conocimientos.*

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres: María Barriga y Julio Horna, y mi hermano Jeffrey Horna por ser los principales promotores de este sueño, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradezco al ingeniero Iván Vázquez Alfaro asesor del proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente, por haber compartido sus conocimientos y amistad a lo largo de esta etapa.

Agradezco al grupo de investigación ACIMAT, el cual fue partícipe en este camino hacia el logro anhelado, por abrirme las puertas y confiar en mi persona, por compartir su tiempo y conocimientos durante este periodo de investigación el cual fueron parte el; y no hubiera sido posible sin su apoyo. Muchas gracias.

De manera especial agradezco a Francisco Horna Flores, por qué fuiste el pilar en esta travesía de mi vida, siempre te recordare por la persona amable y sincera que fuiste, el cual me sirvió para ser la persona que soy ahora, Gracias abuelito.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Justificación.....	17
1.4. Limitaciones	17
1.5. Objetivos	18
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases teóricas.....	23
2.2.1. Concreto	23
2.2.2. Componentes del concreto	23
2.3. Hipótesis	39
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	40
3.1. Operacionalización de variables	40
3.2. Diseño de investigación	41
3.3. Unidad de estudio	41
3.4. Población	41
3.5. Muestra	43
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	44
3.6.1. Metodología para análisis de datos cuantitativo	44
3.6.2. Instrumentos y procedimientos de recolección de datos	46
3.7. Métodos y procedimientos de análisis de datos	66
3.7.1. Contrastación de la hipótesis	66
3.7.2. Dispersión de resultados.....	69

CAPÍTULO 4. RESULTADOS	71
4.1. Caracterización de agregados	71
4.2. Caracterización química del agua.....	72
4.3. Diseño de mezcla.....	73
4.4. Ensayos de propiedades mecánicas	74
4.5. Especificaciones técnicas de los curadores	79
4.6. Evaluación económica	80
4.6.1. Análisis de precio unitario	80
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	84
5.1. Caracterización de agregado fino	84
5.2. Caracterización de agregado grueso	87
5.3. Características del cemento	89
5.4. Curadores químicos	90
5.5. Agua potable	93
5.6. Diseño de mezcla.....	93
5.7. Propiedades en estado endurecido	94
5.7.1. Resistencia a compresión	94
5.8. Evaluación económica	101
5.9. Resistencia a 28 días de curado.....	102
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS	106
APÉNDICE	109
APÉNDICE 1: Verificación de la contrastación de hipótesis.....	109
APÉNDICE 2: Caracterización de agregados.....	112
APÉNDICE 3: Resultados del ensayo en estado endurecido	120
ANEXOS	128
ANEXO 1: Panel fotográfico.....	128
ANEXO 3: Solicitud del curador Euco cure a la empresa Química Suiza	133
ANEXO 4: Ficha técnica del curador Euco cure	134
ANEXO 5: Ficha técnica del curador Sika Antisol S	136
ANEXO 6: Ficha técnica del curador Z Membrana blanco o transparente.....	138
ANEXO 7: Ficha técnica del curador Membranil reforzado	139
ANEXO 8: Ficha técnica del cemento Portland tipo I	141
ANEXO 9: Costo del cemento Portland tipo I en Maestro	142
ANEXO 10: Límites máximos permisibles para agua potable SUNASS	143
ANEXO 11: Normativa utilizada para el desarrollo experimental	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resistencia de los tipos de curado respecto al curado en agua + cal (Duran, J., 2018)...	19
Tabla 2: Tipos de cemento, protección curado por aspersión (Medina, L.; Quispe, N., 2017)	20
Tabla 3: Tiempo vs tipo de curado con diferente diseño (Contreras, S.; Velasco, C., 2018)	21
Tabla 4: Resistencia con diferentes relación a/c y diferente curado (Lam, L., 2005)	22
Tabla 5: Resistencia con diferentes relación a/c y diferente curado (Ramos, P., 2000)	23
Tabla 6: Composición química del cemento Portland (Gómez J., 2014)	24
Tabla 7: Rango de componentes del cemento Portland (Gómez J., 2014)	25
Tabla 8: Resistencia a la compresión de rocas (Fernández, M., 2013)	29
Tabla 9: Límites permisibles para agua mezcla y curado (SUNASS, 2017)	34
Tabla 10: Hipótesis general de la investigación	39
Tabla 11: Operacionalización de la variable dependiente	40
Tabla 12: Matriz de diseño experimental global	41
Tabla 13: Población de probetas cilíndricas de concreto	42
Tabla 14: Población de probetas cilíndricas de concreto adicionales	43
Tabla 15: Esquema del análisis granulométrico del agregado fino.	47
Tabla 16: Rango para módulo de finura del agregado fino (ASTM C136)	48
Tabla 17: Límites granulométricos del agregado fino (ASTM C33)	48
Tabla 18: Precisión estadística del agregado fino (ASTM C136)	48
Tabla 19: Esquema del análisis granulométrico del agregado grueso.	49
Tabla 20: Límites granulométricos del agregado grueso (ASTM C33)	50
Tabla 21: Precisión estadística del agregado grueso (ASTM C136)	50
Tabla 22: Precisión estadística del contenido de humedad (ASTM C566)	51
Tabla 23: Esquema del contenido de humedad de los agregados.	52
Tabla 24: Densidad del agua según la temperatura (ASTM C29)	53
Tabla 25: Precisión estadística del peso unitario (ASTM C29)	53
Tabla 26: Esquema del volumen del molde de peso unitario.	53
Tabla 27: Esquema del peso unitario suelto y compactado de los agregados.	53
Tabla 28: Estadística del peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127)	55
Tabla 29: Esquema del peso específico y absorción del agregado grueso.	55
Tabla 30: Estadística del peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128)	56
Tabla 31: Esquema de peso específico y absorción del agregado fino.	56
Tabla 32: Esquema de composición química de materiales	57
Tabla 33: Asentamiento recomendado según el tipo de construcción (ACI-211)	58
Tabla 34: Elección del agua de mezclado según el TMN y asentamiento (ACI-211)	58
Tabla 35: Contenido de aire en el concreto según TMN (ACI-211)	59
Tabla 36: Esfuerzo a la compresión corregida o promedio según $f'c$ (ACI-211)	59
Tabla 37: Relación agua/cemento según $f'c$ (ACI-211).	59
Tabla 38: Peso volumétrico del agregado grueso según el M.F. y TMN. (ACI-211).	60
Tabla 39: Peso y volumen de los materiales de construcción.	61
Tabla 40: Esquema de ensayo de resistencia a compresión.	65
Tabla 41: Caracterización del agregado fino	71
Tabla 42: Caracterización del agregado grueso	72
Tabla 43: Evaluación química del agua potable.	72
Tabla 44: Diseño de mezcla general por metro cúbico	73
Tabla 45: Resistencia promedio y medidas estadísticas a los 3 días	74
Tabla 46: Resistencia promedio y medidas estadísticas a los 7 días	75
Tabla 47: Resistencia promedio y medidas estadísticas a los 14 días	76
Tabla 48: Resistencia promedio y medidas estadísticas a los 28 días	77
Tabla 49: Resistencia promedio de resistencias adicionales.	78
Tabla 50: Resumen de las especificaciones técnicas de cada curador (Ficha técnica, Anexos) ...	79
Tabla 51: Curado con aplicación de curador químico Eucocure.	80
Tabla 52: Curador con aplicación de curador químico Sika Antisol S.	81

Tabla 53: Curador con aplicación de curador químico Z membrana blanco.	81
Tabla 54: Curado con aplicación de curador químico Membranil reforzado.	82
Tabla 55: Curado con agua tipo obra.....	82
Tabla 56: Costo total para cada método de curado.....	83
Tabla 57: Propiedades físicas del cemento Pacasmayo tipo I (Cementos Pacasmayo, 2017)	89
Tabla 58: Tabla resumen de la resistencia a 28 días de curado	102
Tabla 59: Análisis ANOVA para la resistencia a compresión	111
Tabla 60: Ensayo de granulometría del agregado fino	112
Tabla 61: Ensayo de granulometría del agregado grueso	113
Tabla 62: Medidas estadísticas para granulometría del agregado fino	114
Tabla 63: Medidas estadísticas para granulometría del agregado grueso	115
Tabla 64: Volumen del molde para peso unitario suelto y compactado de los agregados.....	115
Tabla 65: Peso unitario suelto y compactado de los agregados	116
Tabla 66: Medidas estadísticas para peso unitario suelto y compactado de los agregados.....	116
Tabla 67: Peso específico y absorción de lo agregado grueso	117
Tabla 68: Medidas estadísticas del peso específico y absorción de lo agregado grueso	117
Tabla 69: Peso específico y absorción de lo agregado fino	118
Tabla 70: Medidas estadísticas del peso específico y absorción de lo agregado fino	118
Tabla 71: Contenido de humedad de los agregados	119
Tabla 72: Medidas estadísticas del contenido de humedad de los agregados	119
Tabla 73: Resistencia a compresión del curador Eucocure.....	120
Tabla 74: Resistencia a compresión del curador Sika Antisol S.....	122
Tabla 75: Resistencia a compresión del curador Z membrana blanco.....	124
Tabla 76: Resistencia a compresión del curador Membranil reforzado	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Índice del consumo interno de cemento (INEI).....	12
Figura 2: Monto de nuevos créditos hipotecarios desembolsados (BCR).....	13
Figura 3: Cemento Portland tipo I (Cementos Pacasmayo, 2018)	25
Figura 4: Modelo esquemático de una partícula de árido (Fernández, M., 2013).....	27
Figura 5: Esquemización del peso volumétrico (López, L., 2003).....	32
Figura 6: Diferentes estados de saturación del agregado (López, L., 2003).....	33
Figura 7: Resistencia de cilindros en función de la edad y tipo de curado (Sika Colombia).....	38
Figura 8: Metodología de análisis de dato cuantitativo (Hueso, A. y Cascant, J., 2012).....	45
Figura 9: Dimensiones de la probeta cilíndrica de concreto	61
Figura 10: Conformado de probetas de concreto de 200 x 100 mm (Dino, 2017)	63
Figura 11: Curva granulométrica del agregado fino entre límites estándar	85
Figura 12: Curva granulométrica del agregado grueso entre límites estándar, huso 7	87
Figura 13: Proporciones del diseño de mezcla para 1m ³	94
Figura 14: Resistencia a compresión vs tiempo – curado en poza de agua + cal.....	95
Figura 15: Resistencia a compresión vs tiempo - expuesto al medio ambiente sin curar	96
Figura 16: Resistencia a compresión vs tiempo – curado tipo obra	96
Figura 17: Resistencia a compresión vs nº capas de los curadores a 3 días.....	97
Figura 18: Resistencia a compresión vs nº capas de los curadores a 7 días.....	98
Figura 19: Resistencia a compresión vs nº capas de los curadores a 14 días.	99
Figura 20: Resistencia a compresión vs nº capas de los curadores a 28 días.	100
Figura 21: Costo total del curado en (S/.) para una área.....	101
Figura 22: Resistencia a compresión vs curado a 28 días	102
Figura 23: Análisis granulométrico de los agregados.	128
Figura 24: Peso específico y absorción de los agregados.	128
Figura 25: Peso unitario suelto y compactado de los agregados.	129
Figura 26: Contenido de humedad de los agregados.	129
Figura 27: Evaluación química de los agregados y agua con el multiparámetro.	129
Figura 28: Ensayo de Slump o consistencia.	130
Figura 29: Probetas en poza de curado agua + cal.	130
Figura 30: Curado de probetas con aspersor manual.	130
Figura 31: Exposición de probetas al medio ambiente	131
Figura 32: Ensayo de resistencia a compresión.	131
Figura 33: Curador Membranil reforzado marca Chema.	131
Figura 34: Curador Sika Antisol S marca Sika.....	132
Figura 35: Curador Z membrana blanco de la marca Z Aditivos.	132
Figura 36: Curador Eucocure de la marca Química Suiza.	132

RESUMEN

Actualmente el crecimiento exponencial de la población humana va de la mano con el desarrollo del sector constructivo, por el simple hecho de que necesitan un lugar donde establecerse, pero a su vez estas construcciones se deben realizar cumpliendo con los parámetros constructivos, de tal manera que se obtenga un producto que perduren a través del tiempo. La presente tesis plantea la utilización de curadores químicos como alternativa del curado tradicional del concreto, mejorando las propiedades en estado endurecido (resistencia a compresión).

Para el desarrollo de la tesis se utilizó cemento Pacasmayo tipo I, agregado grueso de tamaño máximo nominal $\frac{1}{2}$ ", agregado fino con módulo de finura de 2.3 para un diseño de mezcla ACI-211 de concreto de $f'c=210$ kg/cm² con relación agua/cemento de 0.55. Donde se toman en cuenta los siguientes tipos de curado a evaluar: a) Curado por inmersión continua en agua + cal, b) Curado por aspersion (tipo obra), c) Curado con curador químico y d) Expuesto a medio ambiente.

Se realizó el ensayo del concreto en estado endurecido (resistencia a compresión), para lo cual se elaboraron 192 probetas cilíndricas de concreto de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, los cuales fueron ensayados a 3, 7, 14 y 28 días de curado ASTM C31 y ASTM C39. Se recopilaron datos de resistencia a compresión donde se evalúa la mejor dosificación de cada curador a los 28 días, dando valores en porcentajes respecto al curado por inmersión en agua + cal: curado con Eucocure tuvo un valor de 89.40%, curado con Sika Antisol S logro un porcentaje de 90.11%, el curador Z membrana blanco alcanzo un valor de 103.18%, el curador Membranil reforzado obtuvo un valor de 104.95% superando estos 2 últimos curadores químicos al curado patrón, también se aplicó un curado tipo obra el cual arrojó un porcentaje de 95.41% y por último el método sin curado obtuvo un valor de 75.97 %. Concluyendo que el mejor resultado lo tuvo el curado con curador Membranil reforzado de la marca Chema y el valor más bajo con el método sin curar, cabe resaltar que la conformación de dicha investigación se realizó en los meses de Mayo – Junio y que todas las resistencias obtenidas a 28 días con los métodos de curado cumplen con el diseño.

ABSTRACT

Currently the exponential growth of the human population goes hand in hand with the development of the construction sector, for the simple fact that they need a place to settle, but in turn these constructions must be carried out in compliance with the constructive parameters, in such a way that You get a product that will last through time. The present thesis proposes the use of chemical healers as an alternative to traditional curing of concrete, improving properties in hardened state (resistance to compression).

For the development of the thesis, Pacasmayo type I cement was used, thick aggregate of maximum nominal size $\frac{1}{2}$ ", fine aggregate with a fineness modulus of 2.3 for an ACI-211 concrete mix design of $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ with water / cement ratio of 0.55. Where the following types of curing to be evaluated are taken into account: a) Curing by continuous immersion in water + lime, b) Curing by aspersion (work type), c) Curing with chemical healer and d) Exposed to the environment.

The test of the hardened concrete was carried out (compressive strength), for which 192 cylindrical concrete specimens of 10 cm in diameter and 20 cm in height were prepared, which were tested at 3, 7, 14 and 28 days of Cured ASTM C31 and ASTM C39.

Compression resistance data were collected where the best dosage of each curator is evaluated at 28 days, giving values in percentages with respect to curing by immersion in water + lime: cured with Eucocure had a value of 89.40%, cured with Sika Antisol S achieved a percentage of 90.11%, the Z white membrane healer reached a value of 103.18%, the reinforced Membranil heater obtained a value of 104.95% surpassing these last 2 chemical healers to the standard curing, also a curing type work was applied which yielded a percentage of 95.41% and finally the uncured method obtained a value of 75.97%. Concluding that the best result was curated with reinforced membranil curator of the Chema brand and the lowest value with the uncured method, it is worth noting that the conformation of this research was carried out in the months of May - June and that all the resistances obtained at 28 days with the curing methods comply with the design.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El desarrollo de una sociedad está directamente ligado con el sector constructivo, ya que es una de las actividades que más contribuye al crecimiento económico y social de una nación. En unos cinco años, cerca de un cuarto de los propietarios de activos en el mundo se habrá mudado a los contratos basados en el servicio, es decir, en el rendimiento o desempeño. Lo que implica que las empresas de la construcción tendrán que ser muy claras con el cliente con el propósito del activo. Deberán medir con más precisión y calidad aspectos como la disponibilidad, la fiabilidad, la capacidad de mantenimiento, la calidad de soporte, el coste de la propiedad y el resultado final (En Obra, 2017).

En agosto 2017, el sector construcción se incrementó 4.78% al compararlo con similar mes del año anterior y alcanzó la tasa más alta en lo que va del año, acumulando tres meses de crecimiento consecutivo (Sánchez, 2017). Dicho sector crecería más de 3% durante el 2018 por la mayor inversión minera y una aceleración de la obra pública, principalmente con el impulso de los proyectos de infraestructura (Gestión, 2018).

El crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI) del sector construcción habría mantenido la curva ascendente en marzo. Esto debido a que el consumo de cemento, el principal indicador de esta actividad económica, reportó cifras positivas en dicho mes. En su Informe técnico avance coyuntural de la actividad económica, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informó que el consumo interno de cemento se incrementó en 4,78% en el tercer mes del 2018, y con esto registró diez meses de continuo crecimiento. El aumento del consumo interno de cemento, que comprende el despacho local e importación, se debió a la continuidad de obras de construcción en unidades mineras, edificios de oficinas, centros comerciales y construcción de condominios y edificios de vivienda multifamiliar (El Comercio, 2018).



Figura 1: Índice del consumo interno de cemento (INEI).

En marzo, las ventas de materiales de construcción reportadas por Superintendencia nacional de aduanas y de administración tributaria (SUNAT) registraron un crecimiento real de 9.7% en el primer trimestre del año. Este incremento se explica, refiere el Banco central de reserva (BCR), por los mayores despachos de cemento, cal y yeso en 10.1%, concreto 3.5%, productos de hierro y acero 15.9% y vidrio 7.8%. A lo que suma, que en marzo las empresas bancarias desembolsaron un total de S/ 1,096 millones de créditos hipotecarios, lo que implicó un incremento de 14.7% en relación al registrado en similar mes del año anterior (BCR, 2018).

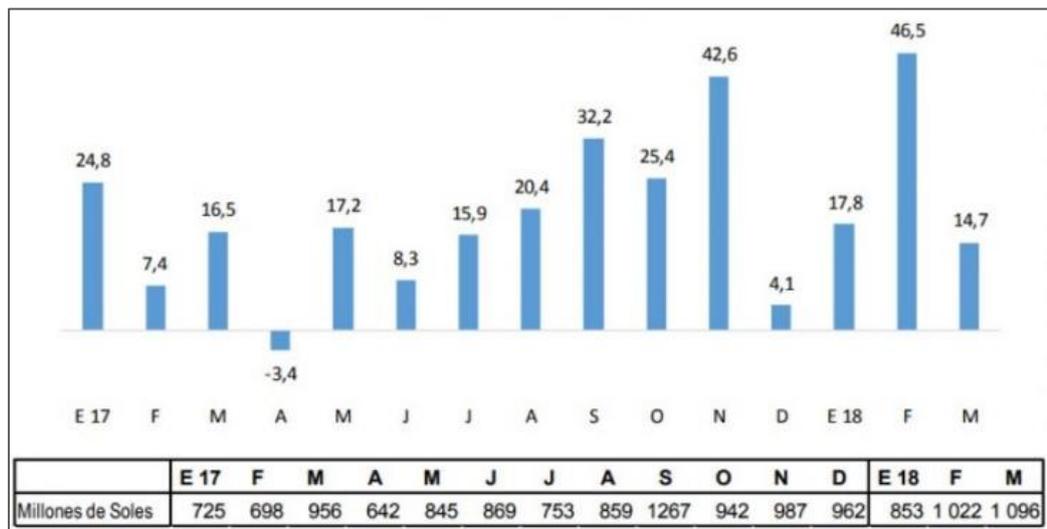


Figura 2: Monto de nuevos créditos hipotecarios desembolsados (BCR).

El concreto es el material más utilizado en el mundo y contribuye beneficios a la sociedad, tan importantes que, sin él muchas de las cosas que vemos cotidianamente, no existirían. Como, por ejemplo, los colegios, hospitales, edificios, puentes, túneles, sistemas de alcantarillado, aceras, pavimentos, departamentos, presas, etc (Asociación de Productores de Cemento, 2015).

Existen factores que han hecho que el concreto sea unos de los materiales más utilizados a nivel global y a su vez permanecido por mucho tiempo en el mercado constructivo. Uno de estos factores consiste en la facilidad con la cual, mientras se encuentran en estado plástico, puede depositarse y llenar las formaletas y moldes de cualquier forma. Su alta resistencia al fuego y al clima son ventajas evidentes. La mayor parte de los materiales constitutivo, con la excepción del cemento y los aditivos, están disponibles a bajo costo, localmente o muy cerca del sitio de construcción. Su resistencia a la compresión, similar a la de las piedras naturales, es alta lo que lo hace apropiado para elementos sometidos principalmente a compresión, tales como columnas o arcos. Así mismo, el concreto es un material relativamente frágil, con baja resistencia a la tensión comparada con la resistencia a la compresión (García, 2012).

Para evitar la producción de concretos de bajos estándares se requiere un alto grado de supervisión y control por parte de profesionales durante todo el proceso, desde el proporcionamiento en peso de los componentes, pasando por el mezclado y el vaciado, hasta la terminación del curado (García, 2012).

El curado adecuado del concreto es esencial para obtener las propiedades estructurales deseadas y de durabilidad del concreto. Aun cuando se coloque un concreto de buena calidad en la obra, el curado es necesario para garantizar que el concreto proporcione una larga vida útil de la estructura. Un buen concreto puede arruinarse por la falta de procedimientos adecuados de curado, cuyas prácticas actuales se basan en resultados de investigaciones relacionadas con la generación de resistencia de los concretos convencionales (Pérez, s.f.).

Cuando se adiciona agua al cemento genera una reacción química; esta reacción llamada hidratación es la que hace que el cemento, y por lo tanto el concreto endurezca y después desarrolle resistencia. Este desarrollo de resistencia se observa sólo si el concreto se mantiene húmedo y a temperatura favorable, especialmente durante los primeros días. El concreto que ha sido correctamente curado es superior en muchos aspectos: no sólo es más resistente y durable ante los ataques químicos. Además de asegurar el desarrollo de resistencia en el cuerpo de concreto, el curado apropiado proporciona a la delgada capa expuesta de este, una propiedad de "cubierta endurecida" que aumenta considerablemente su buen aspecto durante mucho tiempo, cuando está a la intemperie y su resistencia al desgaste. En todos los aspectos, un concreto bien curado es un mejor concreto (Cemex Mexico, 2015).

Es conocido el hecho que, fundamentalmente por efecto de la exudación y a defectos de curado, los concretos en la zona cercana a la superficie o de piel presentan una menor calidad. En un corte transversal de una losa de concreto que en estado fresco presenta exudación, evidentemente la relación a/c (agua/cemento, en masa) de la zona superficial resultará mayor que la del resto de la masa por lo cual la porosidad de esta zona será mayor y, consecuentemente, la resistencia inferior. Es por eso que los concretos en la superficie resultan más permeables, por lo tanto, más propensos al ingreso de sustancias perjudiciales y menos resistentes al desgaste y la abrasión. En caso de concretos con exceso de exudación, y muchas veces acompañados por otros defectos como la falta de curado, la superficie presenta polvo suelto durante bastante tiempo. Sólo mediante un adecuado diseño de la mezcla de concreto y el respeto de las reglas del arte de colocación, compactación, terminación, protección y curado se minimiza éste fenómeno (Clarín, 2016).

Existen varios métodos para curar concreto; desde cubrirlo con pliegos de plástico hasta inmersión en agua, aplicando una membrana de curado o un compuesto de curado y sellado (The Euclid Chemical Company, 2017).

La aspersión continua de agua por medio de rociadores o boquillas proporciona un buen mecanismo de curado para el concreto, siempre y cuando la temperatura ambiente esté suficientemente por encima de la de congelación, y la humedad relativa sea baja. En lo posible, el rociado debe ser continuo; si se hace de manera intermitente el concreto puede secarse entre las aplicaciones de agua, generando ciclos de humedecimiento y secado que pueden generar agrietamientos superficiales (Silva, 2015).

Para efectos prácticos el concreto debe estar sometido al proceso de curado durante una semana ya que en esos primeros días es cuando éste tiene el mayor potencial de desarrollo de resistencias, gracias a la alta velocidad de hidratación inicial de las partículas de cemento (Londoño, 2016).

Por otro lado, tenemos los componentes líquidos formadores de membranas de curado a base de parafinas, resinas, caucho clorado y solventes de alta volatilidad a temperatura normal, se pueden usar para retardar o reducir la evaporación de la humedad del concreto. Son adecuados para proteger el concreto fresco una vez se ha evaporado el agua de exudación, para prolongar el auto-curado o también después del curado húmedo inicial. Se pueden aplicar con atomizador manual o con rociador mecánico, generalmente a una presión manométrica entre 5 y 7 kg/cm² (Silva, 2015).

En enero de 2005 en EE.UU. varios estados del este y de la costa del Atlántico Medio aprobaron leyes que hicieron la venta o uso de los tradicionales curadores y selladores base disolvente de xileno ilegal en esos estados. Estas leyes están en vigor en Maryland, Nueva York, Nueva Jersey, Delaware, Pensilvania, Maine, Nueva Hampshire, y los condados del norte de Virginia. Leyes similares se aprobaron en Ohio, Michigan, Wisconsin, Indiana, Illinois, Connecticut, Massachusetts, Rhode Island y Vermont. Como resultado, los productos para sellar y curar se están ofreciendo en fórmulas “disolvente exento.” Los disolventes tales como acetona y acetato de butilo terciario (TBAC) tienen “baja actividad fotoquímica”—no reaccionan en la atmósfera para producir ozono, un contaminante a nivel tierra. Por esta razón, la Agencia de Protección Ambiental con sus siglas en inglés EPA (Environmental Protection Agency) y la mayoría de los consejos estatales para calidad del aire consideran uno o ambos disolventes como “exentos”, lo cual significa que no cuentan para el contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV) de un producto. Puede ser tentador aplicar una capa gruesa de curador y sellador para lograr el grosor y brillo deseados en un paso. Sin embargo, la sobre-aplicación de curadores y selladores es la causa más común de falla del producto incluyendo formación de burbujas, que se torne blanco, descascarado y pelado. Es mejor aplicar un curador y sellador o sellador en dos capas delgadas que en una capa gruesa. Esto tomará más tiempo, pero los resultados valdrán la inversión (The Euclid Chemical Company, 2017).

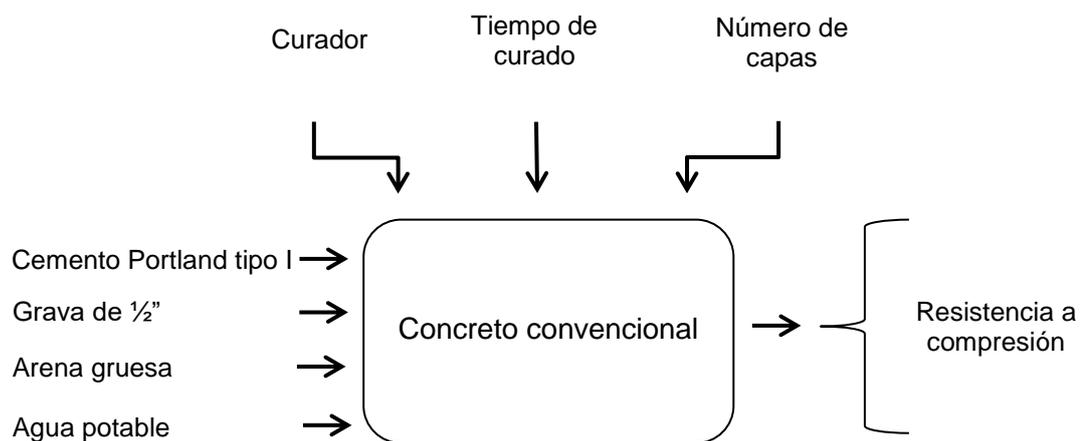
Las ventajas más importantes de esta membrana base acrílica es que no forma una película de parafina puede recibir acabados decorativos. Puede usarse en una serie de aplicaciones

con diferentes temperaturas. Es sumamente eficiente en la retención de humedad para concreto recién vaciado, asegurando el desarrollo de la resistencia requerida y minimizando las fisuras por la contracción del concreto, durabilidad extendida y aumenta la resistencia al manchado. También tenemos en cuenta el campo de aplicación, donde es utilizado para curar el concreto o mortero, ya que la película que se forma retiene el agua original de la mezcla, evitando el resecamiento prematuro, ayudando con esto a la hidratación del cemento. Ayudan a controlar el agrietamiento del concreto o mortero y son sumamente recomendables para el curado en elementos de concreto tales como: muros, pisos interiores, losas de entresijos, etc. ya que cumplen con los requisitos de retención de humedad (CTRES Mexico, s.f.).

Se ha hablado de las técnicas de curado más utilizadas en nuestro medio del sector construcción en Perú, donde se emplea el curado por rocío de agua, hasta la aplicación de curadores químicos de tipo membrana; pero que tan influyente puede ser uno del otro. Es por ello, que ve en la necesidad de determinar con la gama de curadores químicos del mercado, evaluando el número de capas para la superficie del concreto y resistencia adquirida en el tiempo.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influyen los curadores de concreto, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a la compresión, Trujillo 2018?



1.3. Justificación

La presente investigación tiene como objetivo, realizar una evaluación conjunta de 3 tipos de curadores de concreto que existe en el mercado de la construcción peruana, donde se determinara mediante el ensayo a compresión el comportamiento de estos en diferentes condiciones a los que serán expuestos.

De acuerdo a los anterior, se ve en la necesidad de la implementación de nuevas prácticas con respecto a la metodología de la dosificación del uso de los curadores, que tiene que ver mucho con el uso descontrolado de estos sin conocimiento alguno y solo de la experiencia laboral del maestro de obra y operador o de la ficha técnica del producto, que en muchos casos no especifica. Entonces se determinará la dosificación que se necesita para su uso mediante capas, donde deberán cumplir con los estándares mínimos que se necesita para la resistencia a compresión en tiempos establecidos de cada uno de los curadores por analizar.

De forma que, esta investigación será de utilidad y trascendencia cualitativa, por la necesidad de resolver paradigmas en cuanto al uso de curadores de concreto, el cual tiene un valor importante en el sector constructor (en cuanto a gastos y tiempo), que es la de incentivar a los consumidores o usuarios al uso de estos, donde en muchos casos son ajenos a su uso por la sencilla razón de no conocer o estar seguros de que cumplirán con las exigencias que se requieren; es decir, esta investigación le dará una información de carácter técnico a los consumidores para su correcto uso de estos curadores sobre la superficie del concreto.

En conclusión, esta investigación servirá de patrón, para futuros trabajos de indagación que tengan que ver con curadores de concreto; el cual incentivará la exploración de nuevas prácticas y tecnologías que incursionen en el sector constructivo de nuestra comunidad, con el fin de mejorar la calidad y eficiencia del proceso para elementos de concreto.

1.4. Limitaciones

Se tiene conocimiento de un sin número de curadores de concreto aplicados a elementos estructurales en la construcción, no obstante, si revisamos las fichas técnicas de los distribuidores de estos productos, son muy pocos los que tienen información completa de la dosificación que se debe aplicar y si estos me aseguran la resistencia requerida para un elemento estructural. Es por ello que se recolectará información de fichas técnicas de curadores y de la experiencia laboral en obra.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión, Trujillo 2018.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización de los agregados: granulometría (NTP 400.012), peso específico y absorción de arena (NTP 400.022), peso específico y absorción de piedra (NTP 400.021), peso unitario (NTP 4000.017) y humedad (NTP 339.185).
- Analizar el concreto endurecido a los 3, 7, 14 y 28 días mediante la aplicación de los diferentes tipos de curado y número de capas por compresión.
- Evaluar económicamente el curado del concreto superficialmente aplicando curador químico y curado tradicional por inmersión discontinua en agua.
- Determinar mediante el método ANOVA la contrastación de la hipótesis.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- Duran, J. (2018) “Estudio de las propiedades del concreto $f'c=210$ Kg/cm² aplicado a condiciones simuladas de curado en obra, en la ciudad de Arequipa, con Cemento Portland tipo IP”, Arequipa – Perú, donde se utilizó el cemento Yura tipo IP, agregado grueso de tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}$ ”, agregado fino con módulo de finura de 2.63 para un diseño de mezcla según ACI-211, con $f'c=210$ kg/cm² con relación agua/cemento corregida de 0.58. Donde se toma en cuenta los siguientes tipos de curado a evaluar: a) Curado por inmersión en agua + cal, b) Curado con membrana de yute, c) Curado por aspersion con agua, d) Curado con curador químico y e) Expuesto a medio ambiente, se recopilaron datos de resistencia a compresión dando valores en porcentajes respecto al curado por inmersión en agua: curado con membrana de yute tuvo un valor de 97.16%, por aspersion logro un porcentaje de 94.69%, el curador químico alcanzo un valor de 90.13% y por último el método sin curado obtuvo un valor de 93.90%. Concluyendo que el mejor resultado lo tuvo el curado con membrana de yute y con el valor más bajo con la aplicación del curador químico, cabe resaltar que este último cumple con el diseño hecho a pesar de su valor y que por encima de todos los métodos de curado el de inmersión en agua supera a todos. El aporte que brinda esta investigación es la de incursionar en otros métodos de curado como la aplicación de membrana de Yute, siendo esta una buena opción para reemplazar el curado tradicional y obtener mejores resultados en obra.

Tabla 1: Resistencia de los tipos de curado respecto al curado en agua + cal (Duran, J., 2018)

Curado	Inmersión en agua + cal	Membrana yute	Aspersion con agua	Curador químico	Expuesto al medio ambiente, sin curar
Resistencia a 28 días (kg/cm²)	263.40	255.91	249.42	237.39	247.34
%	100	97.16	94.69	90.13	93.90

- Medina, L.; Quispe, N. (2017) “Protección optima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo” Arequipa - Perú, donde se utilizaron 2 tipos de cemento Yura tipo IP y cemento Wari tipo I, agregado grueso de tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}$ ”, agregado fino con módulo de finura de 2.76 para un diseño de mezcla según ACI-211, con $f'c=210$ kg/cm² con relación agua/cemento corregida de 0.56. Para el curado se utilizaron los siguientes métodos: Los grupos óptimos serán curados en condiciones ideales (sumergido). Los grupos de control congelado serán curados de 2 formas (sumergido y aspersion) y serán sometidos a los ciclos de congelamiento y deshielo. Finalmente, los grupos experimentales serán conformados por testigos de concreto

protegido con: polietileno con papel, polietileno con aserrín, lamina de poliestireno expandido (tecnoport), lamina de polietileno con burbuja de aire, polietileno con espuma de poliuretano y con un curador de concreto (Antisol S), serán curados de 2 formas (sumergido y aspersion) e igualmente serán sometidos a los ciclos de congelamiento y deshielo. Estas muestras fueron ensayadas a edades de 7, 14 y 28 días, dando como mejor resultado la protección de lámina poliestireno expandido y polietileno con aserrín asegurando que el diseño enfrente los cambios climáticos de congelamiento y deshielo. Como dato adicional en costos, obtenemos que los métodos de protección de polietileno con aserrín y polietileno con papel son los más económicos, de esta manera se concluye que el método de protección con polietileno de aserrín es mejor ya que tiene una relación por su bajo costo. El aporte de esta investigación es la de implementar un tipo de curado y tipo de protección para maximizar la retención de la humedad en la superficie del concreto. En este caso se hará lo contrario y todos los especímenes serán expuestos al medio ambiente sin ninguna protección después de realizar el método de curado.

Tabla 2: Tipos de cemento, protección curado por aspersion (Medina, L.; Quispe, N.,2017)

Tipo de curado	Óptimo	Aspersion	Polietileno con papel	Polietileno con aserrín	Lámina poliestireno expandido	Lámina polietileno con burbuja de aire	Polietileno con espuma de poliuretano	Curador químico Antisol S
Resistencia 28 días (kg/cm ²) Cemento Yura tipo IP	262.32	197.09	253.81	257.15	265.28	249.45	263.38	197.09
Resistencia 28 días (kg/cm ²) Cemento Wari tipo I	466.08	357.40	435.27	432.88	444.22	439.45	425.70	398.94

- Contreras, S.; Velasco, C. (2018) “Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la Ciudad de Arequipa”, Arequipa – Perú, donde se utilizó el cemento Yura tipo IP, agregado grueso de tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}$ ”, agregado fino con módulo de finura de 2.74 para 2 diseños de mezcla según ACI-211, con $f'c=210$ kg/cm² con relación agua/cemento corregida de 0.62 y $f'c=280$ kg/cm² con relación agua/cemento corregida de 0.52. El objetivo es comparar distintos métodos de curado como: a) Curado con agua mediante inundación por riego continuo, b) Curado con agua mediante inundación por riego discontinuo, c) Curado con cobertura húmeda de geotextil y d) Curado con curador químico, con diferentes periodos de curado, 3 y 7 días. Se tiene resultados de resistencia a 28 días de rotura, para el diseño de 210 kg/cm² el riego continuo de agua tiene la resistencia más alta con 291.31 kg/cm² habiendo curado los 7 primeros días y para el diseño de 280 kg/cm² el curado con curador químico alcanza una resistencia de 362.25 kg/cm² siendo la más alta teniendo un curado los 7 primeros días. Se concluye que el curador químico por ser más económico y en cuanto a su

resistencia tener una variación mínima con el curado por riego continuo, es el curado óptimo para esta investigación. El aporte de esta investigación es el enfoque para los elementos horizontales de concreto la cual está enfocada la tesis, en este caso para losas de concreto simple y la aplicación de curadores químicos por la influencia en la parte económica en cuanto a la mano de obra.

Tabla 3: Tiempo vs tipo de curado con diferente diseño (Contreras, S.; Velasco, C., 2018)

Tiempo de curado	Tipo de curado	Patrón	Riego continuo de agua	Riego discontinuo agua	Curado agua + geotextil	Curador químico	Sin curado
Curado los 3 primeros días	Resistencia a 28 días $f'c=210$ kg/cm ²	314.99	269.61	255.64	262.77	277.76	143.63
	Resistencia a 28 días $f'c=280$ kg/cm ²	375.55	327.63	323.50	327.89	356.07	207.72
Curado los 7 primeros días	Resistencia a 28 días $f'c=210$ kg/cm ²	299.43	291.31	269.52	274.54	-	-
	Resistencia a 28 días $f'c=280$ kg/cm ²	375.55	362.25	343.35	345.67	-	-

- Enciso, H.; Mujica, A. & Trujillo, K. (2017) "Evaluación de la variación y desarrollo de la resistencia a compresión del concreto de calidad $f'c$ 210 kg/cm² curado con Aloe vera con respecto a curados usuales, usando agregados de las canteras de Vicho y Cunyac" Cuzco – Perú, donde se realizaron diferentes tipos de curado como: a) Curado por inmersión en agua, b) Expuesto al medio ambiente (sin curado), c) Curado con curador químico Sika y Chema, y d) Curado con aloe vera (curador natural). Esto se realizó para diferentes tiempos 7, 14 y 28 días; aplicándole a cada uno de los curados 1, 2 y 3 capas, dando como mejores resultados de resistencia a compresión del aloe vera con 3 capas en comparación con los curadores Sika y Chema, pero cabe precisar que el método por curado por inmersión en agua fue superior a los demás. El aporte de dicha investigación está dado por la implementación del número de capas que se le puede aplicar a la superficie del concreto y evaluar su comportamiento ante esta variable.
- Lam, L. (2005) "Estudio de la variabilidad de la resistencia del concreto aplicando curador químico de uso externo y utilizando cemento portland tipo I" Lima - Perú, donde se utilizó cemento Sol tipo I, agregado grueso de tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}$ ", agregado fino con módulo de finura de 2.91 para un diseño de mezcla por el método del agregado global y máxima resistencia a la compresión, con 3 relaciones de agua / cemento (0.60, 0.65, 0.70) y curador químico CURACEM, tomándose en cuenta 4 tipos de curado: a) Curado por inmersión en agua, b) Curado con 1 capa de CURACEM, c) Curado con 2 capas de CURACEM, d) Expuesto al medio ambiente (sin curado). Donde el resultado más alto lo obtuvo con la relación a/c 0.60, donde la resistencia respecto al curado por inmersión en poza fue de 290

kg/cm² con la aplicación de 1 capa y de 269 kg/cm² con 2 capas a los 28 días, dando a entender en general que están cerca de la resistencia patrón donde se obtuvo mejor resultado aplicando 1 sola capa de curador. Esta investigación da un aporte en cuanto a la relación a/c la cual da mejores resultados a compresión, y se asemeja a nuestra investigación con una relación a/c de 0.59.

Tabla 4: Resistencia con diferentes relación a/c y diferente curado (Lam, L., 2005)

R a/c Piedra=49% Arena=51%	Curado	F'c (kg/cm ²)			
		7 días	14 días	28 días	42 días
0.60	Inmersión en agua	242	284	316	318
	CURACEM 1 capa	222	264	290	275
	CURACEM 2 capas	234	240	269	294
	Expuesto al medio ambiente, sin curar	229	264	287	278
0.65	Inmersión en agua	234	271	295	289
	CURACEM 1 capa	221	264	288	261
	CURACEM 2 capas	238	249	291	267
	Expuesto al medio ambiente, sin curar	232	227	279	243
0.70	Inmersión en agua	229	253	277	275
	CURACEM 1 capa	219	255	266	251
	CURACEM 2 capas	197	249	258	260
	Expuesto al medio ambiente, sin curar	209	247	232	225

- Ramos, P. (2000) "Influencia de un curador de aplicación externa sobre las propiedades del concreto de mediana a baja resistencia con cemento Portland tipo I" Lima – Perú, donde se utilizó cemento Sol tipo I, agregado grueso de tamaño máximo nominal ¾", agregado fino con módulo de finura de 3.01 para un diseño de mezcla por el método del agregado global y máxima resistencia a la compresión, con 3 relaciones de agua / cemento (0.60, 0.65, 0,70) y curador químico Curadikret A-1-D, tomándose en cuenta 4 tipos de curado: a) Curado con curador Curadikret A-1-D aplicando una capa, b) Curado con curador Curadikret A-1-D aplicando dos capas, c) Expuesto al medio ambiente (sin curado), d) Curado sumergido en agua (curado patrón). Obteniendo los mejores resultados de resistencia a compresión con la relación a/c=0.65 a los siete días con la muestra curada con 2 capas con un valor porcentual con respecto del patrón de 96.4%(202.7 kg/cm²) y como valor más bajo fue con la relación a/c=0.70 con la muestra expuesta al medio ambiente con una resistencia porcentual de 83.2% (210.3 kg/cm²). Esta investigación da un aporte en cuanto a incursionar con nuevas marcas de curadores que no están en el mercado, en este caso se usará el curador Eucocure de la marca Química Suiza.

Tabla 5: Resistencia con diferentes relación a/c y diferente curado (Ramos, P., 2000)

R a/c Piedra=52% Arena=48%	Curado	F'c (kg/cm ²)			
		7 días	14 días	28 días	42 días
0.60	Inmersión en agua	213.1	253.1	275.6	283.8
	Curadikret A-1-D 1 capa	198.0	230.3	250.6	250.5
	Curadikret A-1-D 2 capas	204.7	239.8	252.2	253.9
	Expuesto al medio ambiente, sin curar	187.1	216.0	232.1	238.6
0.65	Inmersión en agua	210.3	234.3	253.3	266.8
	Curadikret A-1-D 1 capa	196.2	212.2	226.6	234.9
	Curadikret A-1-D 2 capas	202.7	220.7	231.2	237.9
	Expuesto al medio ambiente, sin curar	184.1	198.9	212.7	223.7
0.70	Inmersión en agua	189.7	215.0	234.7	252.9
	Curadikret A-1-D 1 capa	176.1	196.2	209.8	222.6
	Curadikret A-1-D 2 capas	181.5	201.3	213.6	225.0
	Expuesto al medio ambiente, sin curar	165.8	182.3	196.7	210.3

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

El concreto cuyas características de resistencia, versatilidad, durabilidad y economía, lo han convertido en el material de construcción más utilizado en todo el mundo, se le puede definir como la mezcla de cemento portland, agua, agregados y aire, su apariencia es a la de una roca artificial que puede parecer simple, pero con una compleja naturaleza interna (Pérez, M., 2013).

Las propiedades que los hacen ser mejor son las de durabilidad y de resistencia a compresión. Los concretos convencionales son los que se utilizan con mayor frecuencia en la construcción. Los usos y aplicaciones de cada tipo varían según especificaciones de cada obra (Cementos Pacasmayo, 2016)

2.2.2. Componentes del concreto

Cemento Portland

Es el cemento el elemento principal del concreto y es el cemento Portland, el más usado en la fabricación del concreto. El cemento es un compuesto de alúmina, cal y sílice, pulverizado finalmente y con adición posterior de yeso sin calcinar y agua. De los cementos naturales y artificiales, son estos últimos los que más se han generalizado, por su mejor control y su mayor uniformidad (Pérez, O., 2000).

Composición química del cemento

El cemento, es un aglomerante hidráulico porque posee la propiedad de endurecer en el aire y bajo el agua, debido a las reacciones químicas que se producen entre el agua, los silicatos y aluminatos de calcio, presentes en el cemento. Estos compuestos se forman por la asociación química de diferentes óxidos como el óxido de calcio (CaO), que se representa químicamente en forma abreviada por la letra C, la sílica (SiO₂) que se representa por S, la alúmina (Al₂O₃) que se representa por A y el óxido de fierro (Fe₂O₃) representado por F. Los compuestos principales resultado del proceso de fusión química en el horno son cuatro, sus nombres, formulas químicas abreviadas y abreviaciones comunes se citan a continuación:

Tabla 6: Composición química del cemento Portland (Gómez J., 2014)

Nombre del compuesto	Formula	Abreviatura	Porcentaje (%)
Silicato tricálcico	3CaO.SiO ₂	C ₃ S	40-50
Silicato dicálcico	2CaO.SiO ₂	C ₂ S	24-40
Aluminio tricálcico	3CaO. Al ₂ O ₃	C ₃ A	4-11
Ferroaluminato tetracálcico	4CaO.Fe ₂ O ₃ . Al ₂ O ₃	C ₄ AF	8-9

Adicionalmente se forman compuestos secundarios como MgO, SO₃, K₂O, Na₂O y otros. Los dos últimos óxidos, el de potasio y el de sodio se conocen como los álcalis del cemento, normalmente estos compuestos se restringen en un 0.6% por peso en forma combinada, esta restricción obedece a que arriba de este porcentaje y bajo condiciones ambientales favorables, los álcalis reaccionan en forma expansiva con algunos agregados de origen volcánico, provocando la desintegración del concreto.

Para producir un cemento Portland se espera que la presencia de los diferentes óxidos se encuentre dentro de los rangos indicados por la Tabla 7.

Tabla 7: Rango de componentes del cemento Portland (Gómez J., 2014)

Componentes óxidos	Rango (%)
CaO	60-67
SO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3-8
Fe ₂ O ₃	0.5-6
Na ₂ O+ K ₂ O	0.2-1.3
MgO	0.1-4
Cal libre	0-2
SO ₃	1-3

Tipos de cemento

Según la Norma Técnica Peruana 334.009 los 5 tipos de cemento Portland son:

- Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo;
- Tipo II: Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación;
- Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales;
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación;
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos



Figura 3: Cemento Portland tipo I (Cementos Pacasmayo, 2018)

Se sabe que el cemento Portland tipo 1 tiene una densidad de 3.1g/cm³, donde la resistencia que alcanza a los 3 días es de 326 kg/cm² y 487 kg/cm² a los 28 días, donde para las 2 edades existe una resistencia mínima de 122 kg/cm² y 286 kg/cm² respectivamente que deben cumplir según la NTP 334.009 / ASTM C15.

2.2.2.1. Agregados

Los agregados que entran en la composición del concreto son materiales granulares inertes de tamaño comprendido entre 0 mm y 100 mm, de naturaleza inorgánica, alguna vez orgánica, y de procedencia natural o artificial que contribuyen a la estabilidad de volumen, resistencias y economía de los morteros y concretos.

Aunque no intervienen en el fraguado y endurecimiento del concreto, los agregados desempeñan un papel económico y técnico muy importante en las características de este material. Aproximadamente el 80% del volumen del concreto, es decir, sus cuatro quintas partes, es ocupado por los agregados siendo el resto pasta de cemento que rellena los huecos existentes entre ellos y crea una capa envolvente a los gránulos manteniéndolos unidos.

A los agregados se les puede considerar como el componente más homogéneo de los que entran en la composición del concreto. Aunque los agregados los definimos como inertes, nada más lejos de ser un material, inactivo e ineficaz; pues sus propiedades físicas, térmicas, e incluso químicas, van a influir de forma notable en las propiedades del concreto (Fernández, M., 2013).

Naturaleza y procedencia de los agregados

Los agregados pueden ser: materiales granulares rodados o procedentes de chancado, artificiales, escorias siderúrgicas enfriadas al aire, o procedentes de reciclado que reúnan en igual o superior grado, las características de resistencia y durabilidad exigidas al concreto o al mortero. Deben elegirse de acuerdo con su naturaleza, resistencia, forma, absorción de agua, granulometría, durabilidad, etc.; sin embargo, muchas veces hay que contentarse con los agregados disponibles en el lugar donde radica la obra o en sus proximidades.

Muchas de las propiedades de los agregados dependen de las rocas de las que proceden, como ocurre con su composición química, estructura petrográfica, resistencia, dureza, densidad, compacidad, color, etc.; otras propiedades, por el contrario, van a ser consecuencia del proceso de formación del árido como ocurre con su tamaño, forma, textura superficial, absorción, etc. Todas estas propiedades van a tener una influencia muy marcada en las características del concreto, tanto fresco como endurecido, en el que entren a formar parte.

Los agregados pueden calcificarse en naturales y artificiales. Los naturales proceden de la desintegración natural o artificial de rocas y según la naturaleza de estas reciben el nombre de silíceos, calizos, graníticos, basálticos, etc. Los artificiales son obtenidos

mediante un proceso industrial a partir de materiales inorgánicos u orgánicos como ocurre, en el primer caso, con las arcillas expandidas o las escorias dilatadas y en el segundo, con las microesferas de poliestireno (Fernández, M., 2013).

Características de los Agregados

A un árido que se emplea sin hacer una separación por fracciones de distintos tamaños, es decir, con la granulometría original y limitando únicamente sus tamaños máximos y mínimo se le denomina: “*todo-uno*”.

La división más simple del agregado sería en dos fracciones que denominamos “*agregado fino*” y “*agregado grueso*”.

La Instrucción española del concreto define como agregado fino o arena a la fracción del mismo que pasa por el tamiz de 4 mm, siendo agregado grueso la fracción del mismo que queda retenida en este tamiz.

Dentro de esta clasificación se pueden reconocer otros tamaños y así en las arenas cabe hacer el distinguo entre arenas gruesas de tamaño 2 mm a 4 mm y arenas finas las comprendidas entre 0,063 mm y 2 mm; denominándose finos o “*filler*” a la fracción de tamaño inferior a 0,063 mm (Fernández, M., 2013).

- **Densidad**

Generalmente, los agregados tienen poros que pueden ser accesibles, abiertos o con comunicación con el exterior e, inaccesibles, cerrados o aislados del exterior. Esto hace que no se pueda hablar de una sola densidad del agregado sino de varias que dependerán de que en el volumen que se esté contemplando se incluyan o no los dos tipos de poros y que la muestra de agregado esté seca en estufa o posea agua llenando sus poros abiertos, es decir, que se encuentre en el estado denominado saturada de agua, pero con superficie seca.

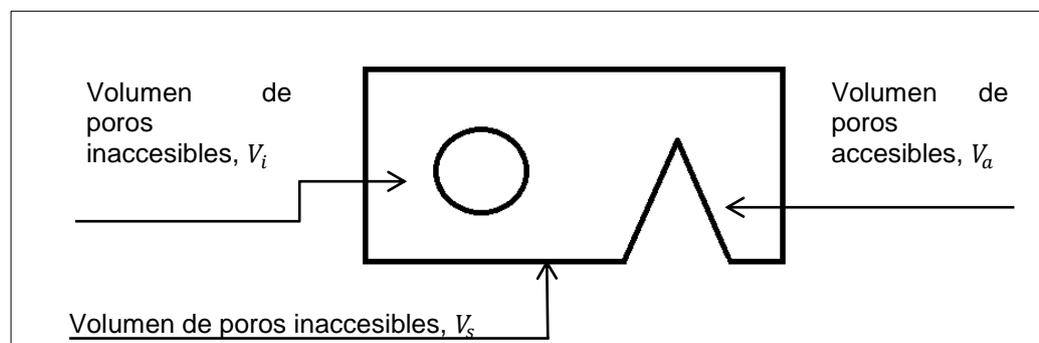


Figura 4: Modelo esquemático de una partícula de árido (Fernández, M., 2013).

En la figura 4 se presenta un modelo esquemático en el que aparece en un solo gránulo que puede representar a un conjunto de partículas. En este gránulo, o conjunto de ellos, aparece en un círculo cerrado lo que sería el volumen total que contiene de huecos cerrados e inaccesibles al agua V_i ; en una abertura el volumen total de huecos abiertos o accesibles al agua V_a ; siendo el resto de la pieza el volumen de la parte sólida de la misma V_s .

Se denomina “**densidad aparente de partículas**” (d_a), a la relación existente entre la masa de una muestra de agregado secada en estufa M_s y el volumen aparente de la misma, es decir, el que ocupa la parte sólida de la muestra V_s , más el volumen de poros inaccesibles V_i , y el volumen de poros accesible al agua V_a .

$$d_a = \frac{M_s}{V_s + V_i + V_a}$$

Se denomina “**densidad relativa de partículas**” (d_r), a la relación existente entre la masa de una muestra secada en estufa M_s y el volumen relativo de la misma, es decir, el que ocupa la parte sólida de la muestra V_s , más el volumen de los huecos inaccesibles al agua V_i .

$$d_r = \frac{M_s}{V_s + V_i}$$

Se denomina “**densidad de partícula saturada con superficie seca**” (d_{ass}), a la relación entre la masa combinada de una muestra de agregado más la masa de agua contenida en los huecos accesibles a ella M_a y el volumen aparente de la misma, es decir, el que ocupa la parte sólida de la misma V_s y el volumen de los huecos inaccesibles y accesibles al agua, $V_i + V_a$. (Fernández, M., 2013).

$$d_{ass} = \frac{M_a}{V_s + V_i + V_a}$$

- **Resistencias mecánicas**

Un concreto no puede tener más resistencia a compresión que la que tienen los agregados que lo forman.

La influencia de los agregados en la resistencia del concreto no sólo es debida a la propia resistencia de éstos, sino también a su forma, textura, limpieza superficial y absorción.

En la fabricación de concretos es normal utilizar agregados cuyas resistencias a compresión sean superiores a 100 N/mm^2 (1019 kg/cm^2), recomendándose para concretos de altas resistencias valores superiores a 140 N/mm^2 (1427 kg/cm^2). Lo normal es que los concretos tengan una resistencia a compresión comprendida entre 20 N/mm^2 (204 kg/cm^2) y 60 N/mm^2 (611 kg/cm^2), con los cual los agregados ordinarios pueden ser aceptados normalmente debido a que su resistencia es superior a la máxima indicada; sin embargo, cuando se trata de conseguir concretos de resistencias superiores hay que realizar una selección muy cuidada de los agregados. En la tabla 3 se indican los valores de la resistencia a compresión que se pueden considerar como medios para agregados sanos de distinta naturaleza. Las mayores resistencias suelen conseguirse con agregados cuarcíticos y alcanzan hasta los 400 N/mm^2 (4076 kg/cm^2), con granitos muy sanos se alcanzan 270 N/mm^2 (2751 kg/cm^2); sin embargo, con granitos meteorizados y con ciertas pizarras poco compactadas se obtienen valores muy bajos (Fernández, M., 2013).

Tabla 8: Resistencia a la compresión de rocas (Fernández, M., 2013).

Rocas	Resistencia a compresión	
	(N/mm^2)	(kg/cm^2)
Caliza	150	1529
Cuarcita	250	2548
Grava silícea	130	1325
Granito	180	1834
Gneis	140	1427
Mármol	110	1121
Esquitos	170	1732

- **Forma**

La forma externa del agregado tiene una gran influencia en algunas de las propiedades del concreto fresco y endurecido, como pueden ser, entre otras, la docilidad y las resistencias mecánicas, respectivamente.

Dado que las partículas de un agregado se pueden asimilar a cuerpos de tres dimensiones es difícil describir la forma de las mismas, aunque, en una clasificación muy escueta cabe dividir las en: redondeadas o rodadas, como pueden ser las procedentes de ríos o playas en las que por rozamiento se eliminan las partes salientes de las mismas; angulosas que son las que presentan ángulos, aristas vivas y superficies más o menos planas generalmente son las procedentes de machaqueo; planas o laminares que son

aquellas en las que predominan dos dimensiones sobre la otra y, aciculares que son las que predomina una dimensión sobre las otras dos dando lugar a partículas con forma de agujas (Fernández, M., 2013).

- **Textura superficial**

Los agregados presentan texturas superficiales muy variadas que oscilan desde la pulida hasta la porosa pasando por la suave, granular, rugosa y cristalina. La pulida es típica de algunos agregados y escorias vitrificadas; la suave de las gravas, mármoles, etc.; la granular de las calizas machacadas; la rugosa de los basaltos, pórfidos, calizas, etc.; la cristalina de los granitos, gneis, gabros, etc. Y la porosa de la pómez, Clinker, arcillas expandidas, pizarras dilatadas, etc.

La textura superficial depende de la naturaleza de la roca de origen, de su dureza, tamaño de los granos, porosidad, etc., así como de las acciones a que hayan estado sometidas las partículas.

La textura superficial del agregado, junto con su forma, tiene una gran influencia en las resistencias del concreto, repercutiendo más en la resistencia a flexotracción que en la de compresión, especialmente cuando se quieren obtener concretos de altas resistencias. Este efecto parece ser debido a que cuanto más rugoso es un árido mayor superficie de contacto tiene con la pasta de cemento y, por consiguiente, mayor adherencia presentara con ella (Fernández, M., 2013).

- **Adherencia de la pasta al árido o agregado**

La adherencia de la pasta de cemento al agregado depende de su forma, porosidad, naturaleza y especialmente, de su estado superficial.

La superficie del agregado debe ser la adecuada. La presencia en ella de arcilla es nefasta debido a que contribuye a disminuir la resistencia a tracción por falta de adherencia. Su eliminación debe hacerse por lavado.

La adherencia mecánica que permite la unión a escala macroscópica depende del estado superficial de los agregados. Es mayor cuanto más rugosa es la superficie y así, los agregados machacados proporcionan la mayor adherencia y resistencia a tracción, siendo, por tanto, empleados en pavimentos de aeropuertos y carreteras (Fernández, M., 2013).

Propiedades físicas

- **Análisis granulométrico**

El análisis granulométrico de un agregado consiste en determinar la distribución por tamaños de las partículas que lo forman, o sea, en separar al agregado en diferentes fracciones de partículas del mismo tamaño, o de tamaños comprendidos dentro de determinados límites, y en hallar el porcentaje en que entra en el agregado cada una de éstas fracciones. Al hablar del número de tamices o la denominación que se le da a cada uno de ellos, por ejemplo, tamiz N°8 hace referencia al número de huecos que existe en una pulgada lineal.

Los valores hallados se presentan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada. Cuando se presenta la distribución granulométrica de la mezcla de agregados de pesos específicos que no difieren mucho, la granulometría es prácticamente igual sea la mezcla en peso o en volumen absoluto, pero cuando se trata de agregados de pesos específicos muy diferentes, hay que hacer las conversiones a volumen absoluto para que se represente realmente la distribución volumétrica que es la que interesa para la elaboración de concreto (Carbajal, E., 1998). Las cuales están regidas con la NTP 400.012 / ASTM C 136.

- **Módulo de finura**

En la búsqueda de caracterizaciones numéricas que representaran la distribución volumétrica de las partículas de agregados, se definió hace muchos años el módulo de finura.

En un concepto sumamente importante establecido por Duff Abrams en el año 1925 y se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el tamiz N° 100 y esta cantidad se divide entre 100. El sustento matemático del módulo de finura reside en que es proporcional al promedio logarítmico del tamaño de partículas de una cierta distribución granulométrica.

Debe tenerse muy en claro que es un criterio que se aplica tanto a la piedra como la arena, pues es general y sirve para caracterizar cada agregado independientemente o la mezcla de agregados en conjunto.

La base experimental que apoya al concepto de módulo de fineza es que granulometrías que tengan igual M.F. independientemente de la gradación individual, requieren la misma

cantidad de agua para producir mezclas de concreto de similar plasticidad y resistencia, lo que lo convierte en un parámetro ideal para el diseño y control de mezclas.

Tamaño máximo nominal: Se define como la abertura del tamiz donde cuyo porcentaje retenido acumulado es mayor al 5% de la muestra.

Tamaño máximo: Abertura por donde pasa la mayor parte del material, o el tamiz inmediato superior del tamaño máximo nominal (Fernández, M., 2013).

- **Peso unitario**

Es el coeficiente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas; está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. La norma ASTM C-29, define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas.

Peso unitario compactado seco: Valor obtenido que se emplea en el diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen.

Peso unitario suelto seco: Es la relación que existe entre el peso del agregado suelto o en estado normal de reposo y el volumen que ocupa.

Espacio entre partículas: Es el espacio que existe por la falta de compactación o por una mala graduación de agregados.

Poro saturable: Aquel poro superficial del agregado que no es capaz de retener más agua de la que posee.

Poro no saturable: Aquel poro superficial del agregado que aún es capaz de retener más agua de la que posee.

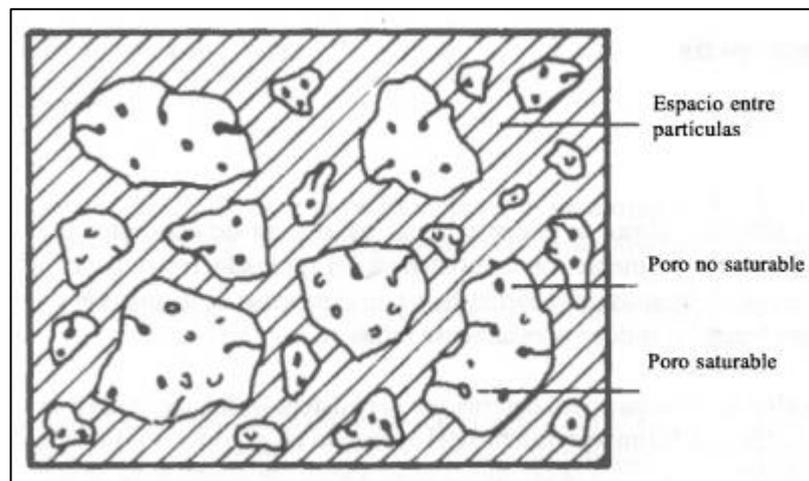


Figura 5: Esquemización del peso volumétrico (López, L., 2003).

- **Humedad**

El conocer la humedad que poseen los agregados, especialmente la arena, es muy importante por la gran repercusión que puede tener ésta, en la relación agua/cemento real que se esté empleando en el concreto.

De acuerdo con el contenido de agua de los agregados estos pueden clasificarse en:

- Secos en estufa, a temperatura superior a 100°C, hasta peso constante.
- Húmedos o secos al aire, es decir, sin humedad superficial, pero sí interna.
- Saturados con superficie seca, es decir, sin presentar agua libre superficial.
- Mojados, con agua libre en la superficie.

En los dos primeros estados, los agregados pueden absorber más agua y de hecho así ocurre al fabricar el concreto; en el último estado, es decir, cuando los agregados están mojados ceden agua a los demás componentes del concreto (Fernández, M., 2013).

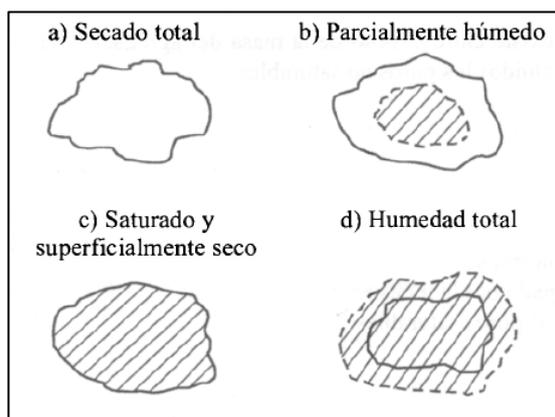


Figura 6: Diferentes estados de saturación del agregado (López, L., 2003).

- **Porosidad y absorción**

La porosidad y absorción de los agregados tiene una gran influencia en su adherencia con la pasta de cemento y, por tanto, en las resistencias mecánicas del concreto. Igualmente, influye en el comportamiento de los agregados frente a los ciclos hielo-deshielo y en definitiva en su durabilidad.

En una partícula de agregado, considerada independientemente, podemos definir como “porosidad” a la relación existente entre el volumen de huecos accesibles al agua y el volumen real de dicha partícula.

La porosidad de los agregados normalmente empleados en concretos suele ser de 0% al 37% para los calizos, del 2% al 15% para silíceos y del 0.4% al 3.8% para graníticos. Se denomina “coeficiente de absorción” de una muestra de agregado a la relación entre

el aumento de masa de la misma debido a una imbibición parcial de agua, teniendo la superficie seca, y la masa seca de la muestra del agregado en agua durante 24 h. a 20°C y presión atmosférica (Fernández, M., 2013). Viene dada por la expresión:

$$K = \frac{M_a - M_s}{M_s} \times 100$$

Donde:

K , el coeficiente de absorción en tanto por ciento,

M_s , la masa de la muestra seca del agregado,

M_a , la masa de la muestra de agregado con imbibición parcial de agua.

2.2.2.2. El Agua

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

Complementariamente, al evaluar el mecanismo de hidratación del cemento vimos como añadiendo agua adicional mediante el curado se produce hidratación adicional del cemento, luego esta agua debe cumplir también algunas condiciones para poderse emplear en el concreto.

El agua en mezcla: El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales; reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

El agua para curado: En general, los mismos requisitos de acuerdo a las especificaciones que tiene la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), deben ser cumplidos para las aguas para curado. Podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total, por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla.

Tabla 9: Límites permisibles para agua mezcla y curado (SUNASS, 2017)

Parámetro	Límite máximo permisible
Ph	6.5 – 8.5
Conductividad (dS/m)	1.500
Sales (mg/L)	250

2.2.2.3. Curadores químicos

El curado del concreto es esencial en la producción de un concreto que tenga las propiedades deseadas. La resistencia y durabilidad del concreto se obtendrá en su totalidad si el mismo es curado propiamente. Es importante curar el concreto inmediatamente después del acabado final.

El curado, según el ACI 308 R, es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor.

Esta definición pone de manifiesto dos cosas importantes: el cemento requiere de cierta cantidad de agua para hidratarse (en promedio 25% de la masa de cemento), sin embargo, para garantizar, en toda la masa de concreto, disponibilidad de agua de hidratación para el cemento es conveniente contar con una cantidad mayor, ya que la hidratación sólo es posible en un espacio saturado. Esto no es un inconveniente ya que aún un concreto de baja relación agua/cementante, por ejemplo 0,45, tiene un 80% de agua por encima de lo requerido por el cemento para hidratarse, sin embargo, la prematura desecación del concreto puede reducir el agua en la mezcla, especialmente en elementos laminares, a niveles donde la hidratación será incompleta.

En la medida en que haya suficiente agua el cemento continuará hidratándose hasta que todos los espacios de poros disponibles se vean colmados con los productos de hidratación o hasta que no haya más cemento para hidratar.

El porcentaje de evaporación de la humedad del concreto se ve incrementada por elementos externos como: el calor y los rayos solares, viento y baja humedad. Al efectuar un buen curado del concreto podemos afirmar que obtendremos una mejor resistencia a la compresión que aquel concreto al cual no se le ha dado un curado (Sika Colombia).

Norma ASTM C309

ASTM C-309 Standard Specification es una norma americana que determina las características del curador líquido que forma membrana. Clasifica los curadores en:

- Tipo 1, Claro o translucido, sin tinte.
- Tipo 1-D, Claro o translucido, con tinte.
- Tipo 2, Pigmentado blanco.
- Clase A – Sin restricción en los sólidos dentro del curador.
- Clase B – Sólidos restringido a todo material a base de solo resina.

Secuencia del curado y duración de las diferentes etapas

El ACI 308 R hace referencia a que, debido a las fases por las cuales atraviesa el concreto desde su confección hasta que la estructura alcanza las propiedades de diseño, deben diferenciarse tres tipos diferentes de acciones de curado en el tiempo. Las cuales se aplicarán en conjunto o selectivamente a una estructura dependiendo de las condiciones específicas del trabajo. Estas tres acciones de curado son:

Curado inicial: Procedimiento implementado una vez el afinado o acabado del elemento se ha terminado y que tiene por finalidad evitar la pérdida de humedad de la superficie. El curado inicial es aplicable a mezclas con muy poca exudación o que no exuden, o en el caso de ambientes que promuevan una gran evaporación del agua de la superficie del concreto, o cuando se da una combinación de estas dos circunstancias, el secado de la superficie (apariencia mate) puede empezar antes de que el concreto presente fraguado inicial y antes de que el afinado se haya completado. Se hace necesario entonces impedir aquí la pérdida de humedad del concreto mediante la aplicación de una niebla húmeda (aumenta la humedad relativa y disminuye la tasa de evaporación), la aplicación de retardadores de evaporación y el uso de elementos que modifiquen las condiciones climáticas en el sitio, tales como: sombra, barreras de viento y cerramientos.

Curado intermedio: Procedimiento de curado a implementar cuando el afinado del concreto se termina, pero aún no se ha presentado fraguado final. Durante este período puede ser necesario disminuir la evaporación, pero el concreto no está aún en condiciones de recibir la aplicación directa de agua, ni de soportar el daño mecánico producido durante la instalación de cubiertas plásticas, lonas, papel impermeable o algún otro material de protección. En estas condiciones la aplicación de membranas de curado, rociando un compuesto curador con fumigadora, es de gran utilidad para impedir la evaporación, mientras el concreto fragua y permite realizar medidas de curado complementarias.

Curado final: Medidas de curado que se llevan a cabo concluido el afinado del concreto, una vez éste ya ha presentado fraguado final y ha comenzado el desarrollo de resistencia. Ejemplos de medidas de curado final son: aplicación de cubiertas húmedas, inundación, aplicación de riego de agua o de compuestos de curado.

Duración del curado

Siempre habrá discusión sobre qué tanto debe prolongarse el curado de una estructura. No existe una única respuesta para este interrogante. Los materiales ligantes han cambiado en los últimos años de una manera dramática, el uso extensivo de adiciones

al cemento y al concreto se ha vuelto común, la finura del cemento se ha incrementado para recuperar parte de la resistencia inicial que se pierde por el empleo de una gran cuantía de adición puzolánica. La fisuración del concreto ha aumentado también en la actualidad, probablemente por deficiencias en el curado, por la implementación de sistemas constructivos industrializados con muros muy esbeltos y sensibles a la evaporación del agua, así que la lucha para conseguir un concreto con un desarrollo de resistencia “normal” ha hecho que se mire de nuevo hacia el curado adecuado del concreto y se insista en las obras de que un buen concreto puede echarse a perder, definitivamente, debido a malas prácticas de curado.

Desde hace ya varias décadas se aconsejaba que a un concreto de resistencia normal con 21 a 35 Mpa a 28 días, se le diera un tiempo mínimo de curado 7 días. En cierta forma esto coincide con la especificación actual que dice que un concreto de resistencia normal debe curarse hasta que complete el 70% de la resistencia a compresión especificada. Por otra parte, para un concreto de alta resistencia inicial se especifica que debe curarse 3 días y esto coincide, también, más o menos con la obtención para este tipo de concreto del 70% de resistencia a compresión. Sin embargo, estas especificaciones parten de la convicción de que, en las condiciones de obra, la estructura curada como se especifica completará la hidratación del cemento y se alcanzará la resistencia especificada a los 28 días.

Poco o nada se dice sobre las especificaciones de durabilidad y esto es grave. La desecación del concreto ocurre rápidamente y se concentra en sus primeros centímetros en un ambiente que favorezca la evaporación del agua. Esta afectación puede alcanzar 20 a 30 mm, lo que constituye un motivo de preocupación en lo que respecta a la durabilidad del elemento, ya que, en presencia de bajos espesores de recubrimiento, hayan sido estos especificados o generados en la obra, en un corto período pueden generarse condiciones suficientes para que se produzca la corrosión del acero de refuerzo (Sika Colombia).

Propiedades del concreto que se ven beneficiadas por un adecuado curado

Analicemos las propiedades del concreto que se ven beneficiadas por un oportuno y apropiado proceso de curado. Podemos dividir esas propiedades en las que tienen que ver con la resistencia mecánica y las que tienen que ver con la durabilidad, que son las que a menudo se olvidan.

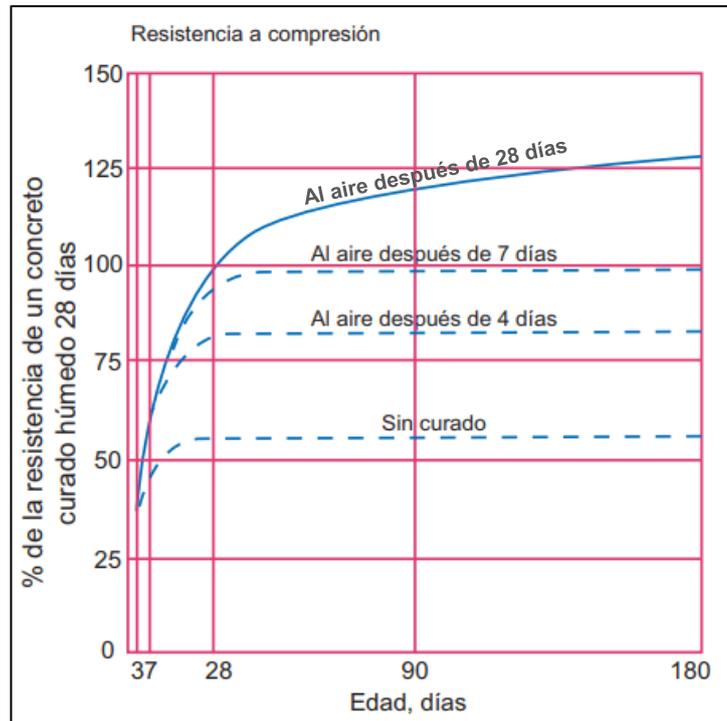


Figura 7: Resistencia de cilindros en función de la edad y tipo de curado (Sika Colombia).

La figura 7, muestra el desarrollo de la resistencia a compresión de concretos curados al aire y concretos a que se curaron con agua. Observando las curvas, no se requiere mucho esfuerzo para comprender la importancia del curado sobre esta propiedad tan importante del material.

Existe polémica sobre cuál debería ser la manera de controlar la eficiencia del curado. Generalmente se califica la mezcla suministrada por el productor, mediante la toma de cilindros normalizados que son fallados a compresión o viguetas normalizadas que son falladas a flexión (Módulo de rotura). Estas probetas son curadas mediante un método estandarizado y sirve únicamente como control de calidad del material suministrado. La estructura se cura de otra manera o no se cura. Colocar cilindros cerca de la estructura y practicarles el mismo proceso de curado que se le hace a la estructura puede no reproducir lo que está pasando en ella, ya que el factor de escala es importante. Por ejemplo, una columna de ciertas dimensiones y un cilindro normalizado pierden humedad de manera muy distinta. Así las cosas, extraer núcleos o testigos y fallarlos a compresión puede resultar más útil para medir la eficiencia del curado y evaluar cómo ha influido en la resistencia a compresión del concreto de la estructura. Para evaluar la influencia del curado en el módulo de rotura habría que aserrar viguetas, lo que es un poco más complicado pero factible.

El curado del concreto y su influencia en la contracción plástica

La contracción plástica del concreto es la causa más frecuente de fisuración por mapeo de losas de concreto de piso y pavimentos. Afecta principalmente a los elementos laminares, donde hay una gran área expuesta. Se origina este fenómeno por la desecación superficial del concreto cuando la evaporación de agua es mayor que el aporte que hace la exudación a la superficie del concreto.

El fenómeno puede tener mayor probabilidad de ocurrencia en concretos con baja relación agua/cemento $< 0,45$, ya que mezclas con relaciones altas exudan mucho “protegiendo” el concreto. Uno se sentiría tentado entonces a usar, para elaborar pavimentos, mezclas con alta relación agua/cemento, pero esto no es una solución pues, aunque pueda controlar la contracción plástica, genera muchos e importantes inconvenientes: son mezclas muy porosas, desarrollan baja resistencia mecánica, serán permeables, poco resistentes a la abrasión y poco durables. Más bien, cuando se tenga mezclas de baja relación agua/cemento se debe estar muy atentos a ellas desde el comienzo y diseñar una buena estrategia de curado húmedo, seguido de alguna protección superficial (curadores de membrana, telas húmedas o una combinación de estos dos) (Sika Colombia).

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

- Existe relación significativa entre los curadores, tiempo de curado y números de capas en la superficie del concreto incrementando progresivamente la resistencia a compresión, Trujillo 2018.

Tabla 10: Hipótesis general de la investigación

Hipótesis	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
<ul style="list-style-type: none"> • Existe relación significativa entre los curadores, tiempo de curado y números de capas en la superficie del concreto incrementando progresivamente la resistencia a compresión, Trujillo 2018. 	<ul style="list-style-type: none"> - Curadores - Tiempo de curado - Número de capas 	-Resistencia a compresión	Incremento progresivo	Trujillo	2018

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

3.1.1. Variable independiente

- **Factor A = Curadores**

a1: Curador Eucocure,

a2: Curador Sika Antisol S,

a3: Curador Z membrana blanco y

a4: Curador Membranil reforzado

- **Factor B = Tiempo de curado**

b1: 3 días,

b2: 7 días,

b3: 14 días y

b4: 28 días

- **Factor C = Número de capas**

c1: 1 capa,

c2: 2 capas y

c3: 3 capas

3.1.2. Variable dependiente

- **Factor D: Propiedades del concreto**

d1: Mecánicas: Resistencia a la compresión (kg/cm²)

Tabla 11: Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores/ Ítems
Resistencia a compresión	Esfuerzo máximo que presenta un material a compresión sin romperse	Compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.	Área Forma Fuerza	mm Cilíndrica KN

3.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental trifactorial, en el diseño se manipulan deliberadamente las variables independientes, las cuales serán evaluadas en varias condiciones y determinar con la estimulación de la variable dependiente una mejora.

Tabla 12: Matriz de diseño experimental global

		A: Curadores				
		a1	a2	a3	a4	
C: Número de capas	c1	b1	a1b1c1	a2b1c1	a3b1c1	a4b1c1
		b2	a1b2c1	a2b2c1	a3b2c1	a4b2c1
		b3	a1b3c1	a2b3c1	a3b3c1	a4b3c1
	c2	b1	a1b1c2	a2b1c2	a3b1c2	a4b1c2
		b2	a1b2c2	a2b2c2	a3b2c2	a4b2c2
		b3	a1b3c2	a2b3c2	a3b3c2	a4b3c2
	c3	b1	a1b1c3	a2b1c3	a3b1c3	a4b1c3
		b2	a1b2c3	a2b2c3	a3b2c3	a4b2c3
		b3	a1b3c3	a2b3c3	a3b3c3	a4b3c3

3.3. Unidad de estudio

Concreto.

3.4. Población

Concreto convencional de 210 kg/cm².

Tabla 13: Población de probetas cilíndricas de concreto

Tipos de curador	Tiempo de curado (días)	Número de capas	Ensayo Compresión
Eucocure	3	1	3
		2	3
		3	3
	7	1	3
		2	3
		3	3
	14	1	3
		2	3
		3	3
	28	1	3
		2	3
		3	3
Antisol S	3	1	3
		2	3
		3	3
	7	1	3
		2	3
		3	3
	14	1	3
		2	3
		3	3
	28	1	3
		2	3
		3	3
Z membrana blanco	3	1	3
		2	3
		3	3
	7	1	3
		2	3
		3	3
	14	1	3
		2	3
		3	3
	28	1	3
		2	3
		3	3
Membranil reforzado	3	1	3
		2	3
		3	3
	7	1	3
		2	3
		3	3
	14	1	3
		2	3
		3	3
	28	1	3
		2	3
		3	3
Subtotal 1			144

Tabla 14: Población de probetas cilíndricas de concreto adicionales

Tipos de curador	Tiempo de curado (días)	Número de capas	Ensayo
			Compresión
Curado al medio ambiente	3	1	3
	7	1	3
	14	1	3
	28	1	3
Curado en poza	3	1	3
	7	1	3
	14	1	3
Curado tipo obra	28	1	3
	2	1	3
	3	1	3
	4	1	3
	5	1	3
	6	1	3
	7	1	3
	14	1	3
	28	1	3
	Subtotal 2		
Subtotal 1			144
Total de probetas cilíndricas			192

3.5. Muestra

El muestreo es no probabilístico por conveniencia, pues el número de muestras ha sido establecido por un estudio preliminar, ya que según la norma ASTM C39 nos pide una réplica de 2 unidades para probetas cilíndricas, pero para una mayor contrastación de resultados se optó por una réplica de 3 probetas. Para los curadores de concreto se tomaron en cuenta 4 marcas nacionales del mercado más conocidas, se emplearon los curadores de la empresa Química Suiza (Eucocure), Sika (Antisol S), Z Aditivos (Z membrana blanco) y Chema (Súper curador Chema); además para la obtención de los agregados se tuvo en cuenta la piedra chancada de ½" y arena gruesa de la cantera "Rubio Jaén" del Milagro, se empleó también el cemento tipo 1 de la marca Pacasmayo y por último el agua que se utilizó fue del laboratorio de concreto y estructuras de la Universidad Privada del Norte. Los materiales de construcción se almacenaron de forma que mantengan sus propiedades de origen, para los agregados se utilizaron baldes de plástico con capacidad de 20 litros, para el cemento se cubrió en su totalidad con plástico film para retardar su hidratación y los curadores se situó en un espacio con condiciones óptimas de acuerdo sus fichas técnicas, cabe recalcar que todos los materiales fueron debidamente instalados en el espacio designado y rotulado. Se tienen tres niveles de estudio:

- Cuatro tipos de Curador: Eucocure, Antisol S, Z membrana blanco y Membranil reforzado.
- Cuatro tiempos de curado: 3, 7, 14 y 28 días.
- Tres niveles de capas: 1, 2 y 3 capas.

Muestreo para los 4 tipos de curado:

$$n^{\circ} \text{muestras} = V.I \times V.D \times N^{\circ} \text{réplicas}$$

$$n^{\circ} \text{muestras} = [1(4) \times 1(4) \times 1(3)] \times 1(1) \times 3$$

$$n^{\circ} \text{muestras} = 144 \text{ muestras}$$

$$n^{\circ} \text{ensayos} = [V.I \times V.D \times N^{\circ} \text{de ensayos}] \times N^{\circ} \text{réplicas}$$

$$n^{\circ} \text{ensayos} = [1(4) \times 1(4) \times 1(3) \times 1(1) \times 1] \times 3$$

$$n^{\circ} \text{ensayos} = 144 \text{ ensayos}$$

Muestreo para tipo de curado al medio ambiente y poza de curado:

$$n^{\circ} \text{ensayos adicionales} = [V.I \times V.D \times N^{\circ} \text{de ensayos}] \times N^{\circ} \text{réplicas}$$

$$n^{\circ} \text{ensayos} = [1(2) \times 1(4) \times 1(1) \times 1(1) \times 1] \times 3$$

$$n^{\circ} \text{ensayos} = 24 \text{ ensayos}$$

Muestreo para tipo de curado tipo obra:

$$n^{\circ} \text{ensayos adicionales} = [V.I \times V.D \times N^{\circ} \text{de ensayos}] \times N^{\circ} \text{réplicas}$$

$$n^{\circ} \text{ensayos} = [1(1) \times 1(8) \times 1(1) \times 1(1) \times 1] \times 3$$

$$n^{\circ} \text{ensayos} = 24 \text{ ensayos}$$

$$n^{\circ} \text{ensayos totales} = 144 + 24 + 24$$

$$n^{\circ} \text{ensayos totales} = 192 \text{ ensayos}$$

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Metodología para análisis de datos cuantitativo

- En este apartado se toma en consideración 6 ítems para una metodología de investigación cuantitativa. El gráfico está particularizado para una investigación en desarrollo que combine técnicas cuantitativas y cualitativas desde una perspectiva epistemológica realista.

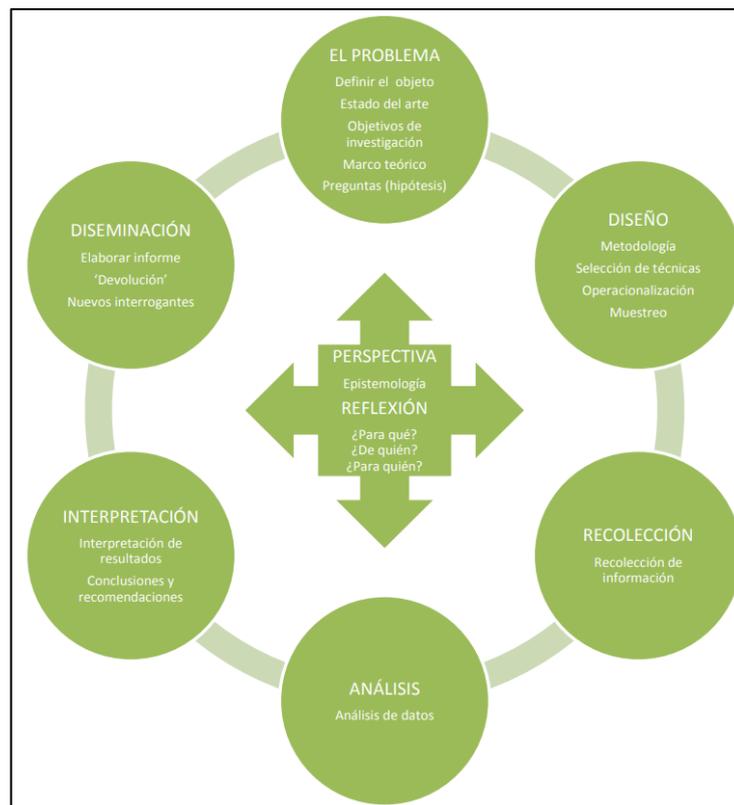


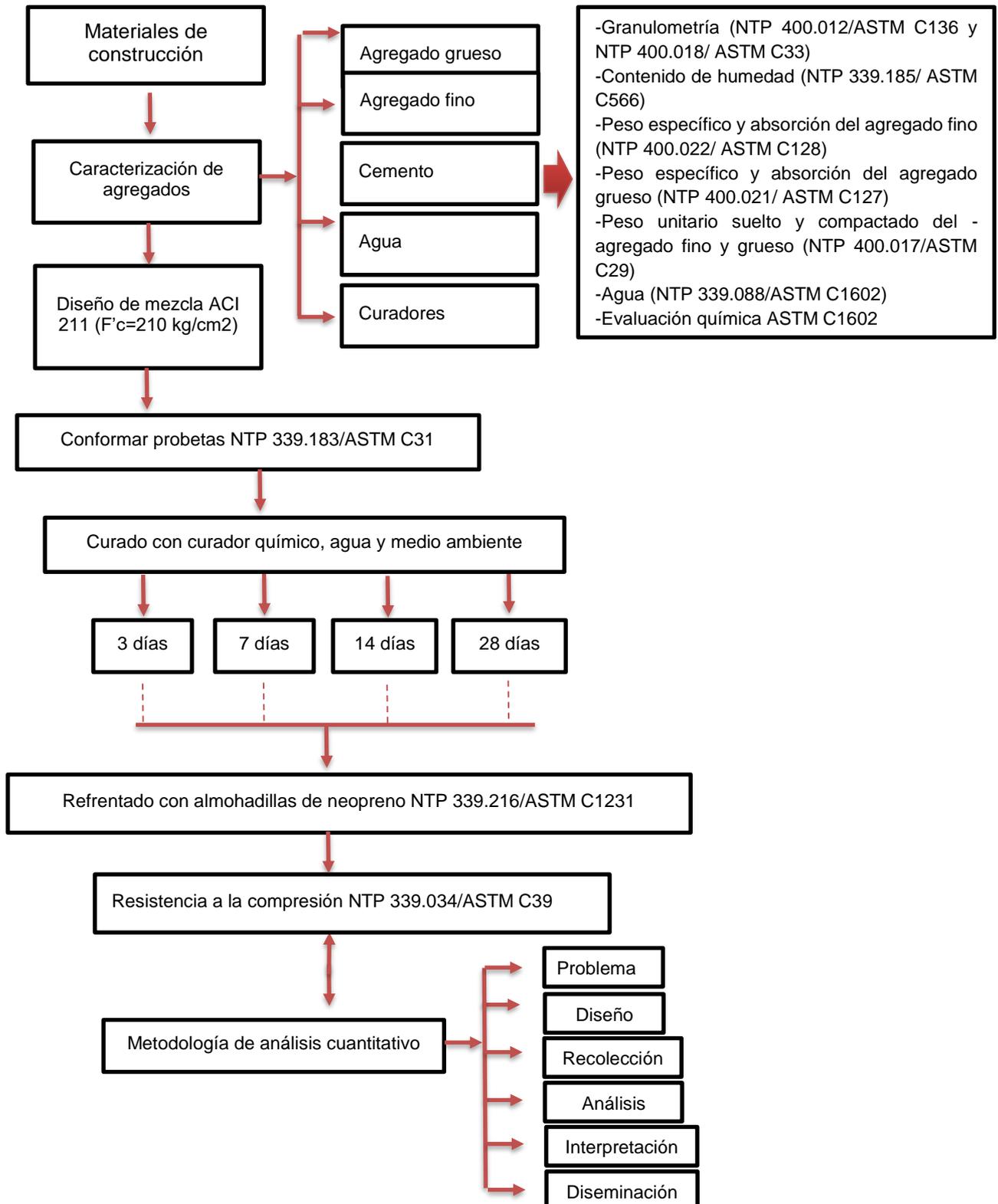
Figura 8: Metodología de análisis de dato cuantitativo (Hueso, A. y Cascant, J., 2012)

- Se parte en el que EL PROBLEMA de investigación ya está definido, el marco teórico elaborado y las preguntas de investigación planteadas.
- El siguiente paso es el DISEÑO. Se debe establecer la metodología que se empleará, seleccionando las técnicas de recolección y análisis de datos. Para la parte cuantitativa de la investigación, será necesario también operacionalizar las preguntas de investigación, convirtiéndolas en indicadores y diseñar el muestreo que facilitarán la información buscada. Esto se verá en el capítulo 3 de metodología.
- A continuación, se realiza la RECOLECCIÓN, mediante técnicas de recolección de datos. La que se usará es la hoja de observación. Este paso se tratará en el capítulo 3 de metodología.
- El paso siguiente es el ANÁLISIS. La información de las hojas de observación se analiza y sintetiza mediante la estadística descriptiva, para luego generalizar esos datos de la muestra a la población realizando estimaciones mediante la estadística inferencial, como se verá en el capítulo 4 de resultados y en la contratación de la hipótesis mediante el método ANOVA respectivamente.
- El ciclo se completaría con los pasos de INTERPRETACIÓN, en el que se elaboraría la discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones; y DISEMINACIÓN, en el que se realizaría una devolución a los sujetos involucrados en el estudio y se prepararía un informe.

3.6.2. Instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.2.1. Procedimiento experimental

La siguiente representa el circuito experimental realizado para la investigación:



3.6.2.2. Caracterización de los agregados

Granulometría

Ensayo granulométrico del agregado fino (NTP 400.012/ASTM C136)

- Se inicia pesando 1kg de muestra, el cual se repetirá para 3 ensayos granulométricos, seguidamente se pesan los tamices que serán usados (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y Fondo).
- Luego se procede a ubicar los tamices de manera descendente, desde el diámetro mayor hacia el menor (N°4 hasta la N°200), para después hacer el tamizado manual por un intervalo de tiempo de 5 minutos.
- Después de haber tamizado manualmente, se realizó el pesado de cada uno de los tamices con la muestra en una balanza con precisión de 0.1 gramos, obteniendo como resultado el peso retenido.
- Este proceso se repite para las siguientes 2 muestras, finalmente se hallará el módulo de finura de dicho agregado, el cual deberá cumplir con el rango de la NTP 400.018 y ASTM C33.

$$M. F. = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulado en los tamices } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

Tabla 15: Esquema del análisis granulométrico del agregado fino.

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso de tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°1"	25.00						
N°3/4"	19.00						
N°1/2"	12.50						
N° 3/8"	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
Fondo	0						
Sumatoria							
M.F.							

De esta forma, el agregado fino debe cumplir con los requisitos mínimos impuestos por la norma ASTM C33 y ASTM C136 en las tablas 16, 17 y 18 respectivamente.

Tabla 16: Rango para módulo de finura del agregado fino (ASTM C136)

Agregado fino	Módulo de finura
Arena fina	0.5 – 1.5
Arena media	1.5 – 2.3
Arena gruesa	2.3 – 3.1

Tabla 17: Límites granulométricos del agregado fino (ASTM C33)

Tamiz	Abertura (mm)	Límite inferior (%)	Límite superior (%)
3/8"	9.50	100	100
N° 4	4.75	95	100
N° 8	2.36	80	100
N° 16	1.18	50	85
N° 30	0.60	25	60
N° 50	0.30	5	30
N° 100	0.15	0	10
N° 200	0.075	0	5

Tabla 18: Precisión estadística del agregado fino (ASTM C136)

	% Total de material que pasa	Desviación estándar (1s) %	Rango aceptable de dos resultados (d2s) %
Agregado fino: precisión de un operador	< 100 ≥ 95	0.26	0.7
	< 95 ≥ 60	0.55	1.6
	< 60 ≥ 20	0.83	2.4
	< 20 ≥ 15	0.54	1.5
	< 15 ≥ 10	0.36	1.0
	< 10 ≥ 2	0.37	1.1
	< 2 > 0	0.14	0.4

El rango de aceptación usualmente se reporta en las declaraciones de precisión de los métodos de ensayo que definen a un resultado de ensayo como el promedio de tres o más determinaciones. De lo contrario, se utiliza el límite diferencial (d2s o d2s%).

Ensayo granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012/ASTM C136)

- Se inicia pesando 1kg de muestra, el cual se repetirá para 3 ensayos granulométricos, seguidamente se pesan los tamices que serán usados (2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°200 y Fondo).
- Luego se procede a ubicar los tamices de manera descendente, desde el diámetro mayor hacia el menor (2" hasta la N°200), para después hacer el tamizado manual por un intervalo de tiempo de 3 minutos.
- Después de haber tamizado manualmente, se realizó el pesado de cada uno de los tamices con la muestra y obtener el peso retenido.
- Este proceso se repite para las siguientes 2 muestras, finalmente se hallará el tamaño máximo nominal y tamaño máximo según lo clasifique la NTP 400.012 y ASTM C136.

Tamaño máximo nominal: Se define como la abertura del tamiz donde cuyo porcentaje retenido acumulado es mayor al 5% de la muestra.

Tamaño máximo: Abertura por donde pasa la mayor parte del material, o el tamiz inmediato superior del tamaño máximo nominal.

Tabla 19: Esquema del análisis granulométrico del agregado grueso.

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso de tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°1"	25.00						
N°3/4"	19.00						
N°1/2"	12.50						
N° 3/8"	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
Fondo	0						
Sumatoria							
M.F.							

También, el agregado grueso debe cumplir con los requisitos mínimos impuestos por la norma ASTM C33 y ASTM C136 en las tablas 20 y 21 respectivamente.

Tabla 20: Límites granulométricos del agregado grueso (ASTM C33)

Tamiz	Abertura (mm)	Límite inferior (%)	Límite superior (%)
N°1"	25.40	100	100
N°3/4"	19.05	100	100
N°1/2"	12.70	90	100
N°3/8"	9.50	40	70
N°4	4.75	0	15
N°8	2.36	0	5

Tabla 21: Precisión estadística del agregado grueso (ASTM C136)

Desviación estándar	% Total de material que pasa	Desviación estándar (1s) %	Rango aceptable de tres resultados (d2s) %
Agregado grueso: precisión de un operador	< 100 ≥ 95	0.32	0.9
	< 95 ≥ 85	0.81	2.3
	< 85 ≥ 80	1.34	3.8
	< 80 ≥ 60	2.25	6.4
	< 60 ≥ 20	1.32	3.7
	< 20 ≥ 15	0.96	2.7
	< 15 > 10	1.00	2.8
	< 10 ≥ 5	0.75	2.1
	< 5 > 2	0.53	1.5
< 2 > 0	0.27	0.8	

El rango de aceptación usualmente se reporta en las declaraciones de precisión de los métodos de ensayo que definen a un resultado de ensayo como el promedio de tres o más determinaciones. De lo contrario, se utiliza el límite diferencial (d2s o d2s%).

Asimismo, para el cálculo del % Retenido, % Retenido acumulado y % Que pasa, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{P. \text{ retenido}}{P. \text{ sumatoria}} \times 100$$

$$\% \text{ Ret. acum.} = \left[\sum \% \text{ Ret.} \right] + \text{anterior}$$

$$\% \text{ Que pasa} = [100 - \% \text{ Ret. acum.}]$$

Contenido de humedad

Contenido de humedad del agregado fino y grueso (NTP 339.185/ASTM C566)

- Se toma el peso de 3 recipientes donde ira la muestra, la cual será de 100 gramos aproximadamente, tanto para agregado fino y grueso.
- Luego se pesa en una balanza analítica cada recipiente con la muestra y se toma lectura del peso(Ph).
- Luego se procede a colocar dichos recipientes con muestras en un horno eléctrico a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, para después tomar lectura del valor(Ps).

$$\%W = \left[\frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100$$

Donde:

%W: Porcentaje de humedad

Ph: Peso en estado natural de la muestra.

Ps: Peso seco de la muestra.

La norma ASTM C566 nos dice que el contenido de humedad de los agregados no debe ser mayor que el de absorción, teniendo en cuenta que la humedad del agregado grueso debe oscilar entre 0.2 y 3.0% según recomienda Polanco Rodríguez (2012), mas no hay rangos para la humedad del agregado fino y la desviación estándar de 3 réplicas no pase del 0.92%.

Tabla 22: Precisión estadística del contenido de humedad (ASTM C566)

Precisión para un solo operador	Desviación estándar (1s) %	Rango aceptable de tres resultados (d2s) %
	0.28	0.92

Tabla 23: Esquema del contenido de humedad de los agregados.

Material	Código	Peso de la tara (g)	Peso de la tara + muestra natural (g)	Peso de la tara + muestra seca (g)	Peso de la muestra natural (g) Ph	Peso de la muestra seca (g) Ps	Humedad (%) W
Agregados	E1						
	E2						
	E3						
						Promedio	

Peso unitario

Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso y fino (NTP 400.017/ASTM C29)

- Se toma el peso del molde vacío, se vierte agua en el molde hasta coparlo, se toma lectura de peso del agua más molde para luego tomar la temperatura del agua en ese momento, obteniendo su densidad y de esta manera hallamos el volumen m³ del molde.
- Para el peso unitario compactado, se inicia vertiendo la muestra dentro del molde en 3 capas iguales, donde cada capa se chuseará 25 veces de forma circular en toda el área del molde con una varilla de 5/8" y con un martillo de goma de 500 gr se golpea el molde 12 veces de forma circular, luego se enraza la superficie del molde para llevarlo a pesar en una balanza analítica de 30kg. Para el peso unitario suelto, se llena el molde a una altura no mayor de 5 cm de tal forma que no se compacte el material, esto se realiza hasta llenarlo y enraza la superficie superior del molde, y tomar lectura del peso en una balanza de 30kg. Este método se realiza tanto para el agregado fino como el agregado grueso, con 3 réplicas por cada agregado. Obtenidos los resultados de peso de la muestra más molde, se calcula el peso unitario de los agregados con la siguiente formula:

$$\text{Volumen del molde} = \frac{(\text{Peso del agua + molde}) - \text{Peso molde}}{\text{Densidad del agua (T }^{\circ}\text{C)}}$$

$$\text{PUSS} = \frac{\text{Peso del agregado suelto} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$\text{PUCS} = \frac{\text{Peso del agregado compactado} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Donde:

PUSS: Peso unitario suelto seco

PUCS: Peso unitario compactado seco

Se recomienda rangos específicos para el peso unitario suelto seco (PUSS) de 1500-1800 Kg/m³ y 1400-1600 Kg/m³ para el agregado fino y grueso respectivamente, asimismo para el peso unitario compactado seco (PUCS) de 1600-1900 Kg/m³ y 1500-1700 Kg/m³ para el agregado fino y grueso respectivamente, los cuales se encuentran en los rangos que recomienda Polanco Rodríguez (2012). Por otro lado, la ASTM C29 exige una desviación estándar máxima de 40 Kg/m³ para el agregado fino y grueso para las 3 réplicas. A continuación, tenemos valores de la densidad del agua según la temperatura obtenida.

Tabla 24: Densidad del agua según la temperatura (ASTM C29)

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

Tabla 25: Precisión estadística del peso unitario (ASTM C29)

Precisión para un solo operador	Desviación estándar (1s) %	Rango aceptable de tres resultados (d2s) %
	14	40

Tabla 26: Esquema del volumen del molde de peso unitario.

Material	Código	Peso del molde (Kg)	Peso del molde + agua (Kg)	Peso del agua (Kg)	Densidad del agua (Kg/m ³)	Volumen del molde (m ³)
Volumen del agua	V1					
	V2					
	V3					
						Promedio

Tabla 27: Esquema del peso unitario suelto y compactado de los agregados.

Material	Código	Peso del molde (Kg)	Peso del molde + muestra suelta (Kg)	Peso del molde + muestra compactada (Kg)	Peso de la muestra suelta (Kg)	Peso de la muestra compactada (Kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso unitario suelto (kg/m ³)	Peso unitario compactado (kg/m ³)
Agregados	E1								
	E2								
	E3								
									Promedio

Densidad específica y absorción

Densidad específica y absorción del agregado grueso (NTP 400.021/ASTM C127)

- Se sumerge 2000 g de agregado grueso en un recipiente por un tiempo de 24 horas.
- Al día siguiente se seca la muestra superficialmente con una franela y se pesa en una balanza obteniendo el peso saturado (B). Teniendo en cuenta que los pesos deberán ser similares para las 3 réplicas.
- Luego se procede a depositar la muestra en la canastilla metálica la que está sujeta a una balanza o también conocido como balanza Arquímedes, tomando lectura del peso suspendido (C).
- Para finalizar se recoge la muestra de la canastilla metálica y se deposita en una bandeja para llevarla a la estufa a una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24 horas y obtener el peso seco (A).
- Se determinarán con las formulas siguientes:

$$\text{Densidad específica Seca} = \frac{A}{B-C}$$

$$\text{Densidad (S.S.S.)} = \frac{B}{B-C}$$

$$\text{Densidad aparente} = \frac{A}{A-C}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca (g).

B: Peso de la muestra saturada (g).

C=Peso de la muestra suspendida (g)

Densidad (S.S.S.) = Densidad saturada superficialmente seca (g/cm^3)

Humaní Mena (2016) recomienda rangos para la densidad de $2.4 - 2.8 \text{ g/cm}^3$ y Polanco Rodríguez (2012) una absorción entre $0.2 - 3\%$ para el agregado grueso.

Además, la ASTM C127 exige una desviación estándar máxima de 23 g/m^3 para la densidad y no muestra un rango para la absorción utilizando tres valores.

Tabla 28: Estadística del peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127)

Precisión para un solo operador	Desviación estándar (1s) %	Rango aceptable de tres resultados (d2s) %
Densidad específica seca(Kg/m ³)	9	23
Densidad (S.S.S.)(Kg/m ³)	7	20
Densidad aparente(Kg/m ³)	7	20
Absorción (%)	-	-

Tabla 29: Esquema del peso específico y absorción del agregado grueso.

Material	Código	Peso muestra seca al horno (Kg) A	Peso muestra (S.S.S.) (Kg) B	Peso muestra sumergida en agua (Kg) C	Densidad específica seca (Kg/m ³)	Densidad (S.S.S.) (Kg/m ³)	Densidad aparente (Kg/m ³)	Absorción (%)
Agregado grueso	E1							
	E2							
	E3							
Promedio								

Densidad específica y absorción del agregado fino (NTP 400.022/ASTM C128)

- De igual manera se sumerge en un recipiente 2000 g de agregado fino por un periodo de 24 h.
- Pasado el tiempo, se vierte una fracción de la muestra a una bandeja metálica la cual está sobre la hornilla de una cocina pequeña, donde se calienta de forma constante hasta obtener un material superficialmente seco.
- Luego mediante el uso de un cono de diámetro inferior de 90 mm y diámetro superior de 40 mm se llena en 3 capas con la ayuda de un pisón de un peso de 340 gramos y con un diámetro de 25 mm, se apisona de forma circular en toda su área. Después se limpia el excedente a su alrededor, para luego retirar el cono y si la 1/3 parte de este se ha desmoronado, entonces la muestra a llegado al estado de superficialmente seco. En caso esto no suceda se realiza nuevamente el ensayo.
- Se pesa la fiola o picnómetro (M), se llena la fiola con agua hasta la marcación de 500 ml (B), se bota el agua y se llena con la muestra del ensayo del cono y se toma el peso del mismo (N), seguidamente se lleva la fiola con la muestra más agua a la cámara de vacíos por 15 minutos y así poder eliminar las burbujas y tomar su peso (C).
- Finalmente se deposita en una bandeja el material eliminando la mayor parte del agua para llevarlo a la estufa por 24h a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$. Para así obtener el

peso de la muestra seca en el horno (A). Determinando con las siguientes formulas el peso específico y absorción.

$$\text{Densidad Seca} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Densidad Saturada Superficialmente Seca (S. S. S)} = \frac{S}{B+S-C}$$

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{S-A}{A}\right) \times 100 (\%)$$

Donde:

M= Peso de la fiola (g)

B= Peso de la fiola + agua (g)

N= Peso de la fiola + muestra (g)

C=Peso de la fiola + agua + muestra (g)

A=Peso de la muestra seca al horno (g)

S=N-M=Peso de la muestra saturada superficialmente seca (g)

Toledo (2013) recomienda rangos para la densidad de 2500-2900 Kg/m³ y Polanco Rodríguez (2012) una absorción entre 0.2-5% para el agregado fino.

Además, la ASTM C128 exige una desviación estándar máxima de 13 kg/m³ y 0.31% para la densidad y absorción respectivamente utilizando tres valores.

Tabla 30: Estadística del peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128)

Precisión para un solo operador	Desviación estándar (1s) %	Rango aceptable de tres resultados (d2s) %
Densidad específica seca(Kg/m ³)	11	13
Densidad (S.S.S.)(Kg/m ³)	9.5	27
Densidad aparente(Kg/m ³)	9.5	27
Absorción (%)	0.11	0.31

Tabla 31: Esquema de peso específico y absorción del agregado fino.

Material	Código	Peso de la muestra seca al horno (g) A	Peso fiola (g) M	Peso de fiola + agua (g) B	Peso fiola + muestra (S.S.S.) (g) N	Peso de fiola + agua + muestra (S.S.S.) (g) "C"	Peso de la muestra (S.S.S.) (g) S=N-M	Densidad seca (g/ml)	Densidad (S.S.S.) (g/ml)	Densidad aparente (g/ml)	Absorción (%)
Agregado fino	E1										
	E2										
	E3										
Promedio											

Caracterización química

Evaluación química del agregado grueso y fino (NTP 400.042)

- En este ensayo se determinará si estos agregados cumplen químicamente con los requerimientos mínimos para ser usado según la norma.
- Para ello se usa vasos de precipitación con capacidad de 250 ml, en una relación de 2:1 (agua destilada: material), tanto para el agregado grueso y fino, esto se realiza 3 réplicas para cada material. Luego se procede a sellarlo con plástico y dejar reposar por un tiempo mínimo de 3 días (72 h).
- Finalmente se lleva al electrodo para tomar lectura del ph, conductividad y sales.

Evaluación química del agua (SUNASS)

El agua de diseño tiene que cumplir los límites mostrados en el Anexo 10, teniendo en cuenta que para la conductividad y Ph la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), indica que el agua potable debe tener una conductividad a 25°C menor a 1.500 dS/m y un Ph entre 6.5 y 8.5.

- Se coloca 3 vasos de precipitación con 150 ml de agua destilada y otros 3 recipientes con 150 ml de agua potable. Luego se procede a sellarlo con plástico y dejar reposar por un tiempo mínimo de 3 días (72 h).
- Finalmente se lleva al multiparámetro para tomar lectura de la conductividad, sales y ph.

Tabla 32: Esquema de composición química de materiales.

Material	Código	pH	Conductividad (dS/m)	Sales (mg/L)	Categoría	Promedio

3.6.2.3. Diseño de mezcla (ACI 211)

Este diseño se rige siguiendo los parámetros del ACI 211 (American Concrete Institute).

Paso 1: Selección del slump o asentamiento (pulgadas)

Tabla 33: Asentamiento recomendado según el tipo de construcción (ACI-211).

Tipos de construcción	Asentamiento (pulgadas)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	3"	1"
Cajones de cimentación y muros de sub-estructura sencillos	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas para edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto masivo	3"	1"

Se selecciona un asentamiento de 3" a 4" ya que el proyecto está enfocado en la construcción losas aligeradas, columnas y vigas.

Paso 2: Cálculo del agua de mezclado

Según nuestros ensayos de granulometría se obtiene un tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ " y un tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ ".

Se selecciona el agua de mezclado según el TMN y el asentamiento establecido anteriormente, teniendo en cuenta que se trabaja con un concreto sin aire incorporado.

Tabla 34: Elección del agua de mezclado según el TMN y asentamiento (ACI-211).

Asentamiento (pulgadas)	Agua en lts./m ³ , para TMN agregados y consistencia indicada							
	$\frac{3}{8}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	1"	1 $\frac{1}{2}$ "	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	20	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	22	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	24	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	20	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	21	205	187	184	174	166	154	---

Paso 3: Contenido de Aire

Se selecciona el contenido de aire según la tabla 35.

Tabla 35: Contenido de aire en el concreto según TMN(ACI-211).

TMN	Aire Atrapado (%)
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

De acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso se escoge el porcentaje de aire atrapado, en este caso para un tamaño máximo nominal de 1/2".

Paso 4: Resistencia y cantidad de cemento

La investigación se diseña para un concreto convencional de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Se calcula el $f'cr$ (Esfuerzo a la compresión corregido) según la Tabla 36.

Tabla 36: Esfuerzo a la compresión corregida o promedio según $f'c$ (ACI-211).

$f'c$	$f'cr$
< 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
> 350	$f'c + 98$

$$F'cr = 210 + 84 = 294 \text{ Kg/cm}^2.$$

Para el siguiente cálculo se debe interpolar con los valores que nos muestra la tabla 37 y el $f'cr$ recientemente calculado para obtener la relación agua/cemento.

Tabla 37: Relación agua/cemento según $f'c$ (ACI-211).

F'c (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,4
400	0,43	-----
450	0,38	-----

Paso 5: Contenido de agregado grueso (A.G.)

El contenido del agregado grueso se calcula según la tabla 38.

Tabla 38: Peso volumétrico del agregado grueso según el M.F. y TMN. (ACI-211).

TMN	Volumen del agregado grueso seco y compactado, por unidad de volumen del concreto para diferentes M.F			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Se determina según el módulo de finura del agregado fino y el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Luego este factor se multiplica por el peso específico seco del agregado grueso.

Paso 6: Contenido de agregado fino (A.F.)

En esta sección se necesita el volumen de todos los pasos anteriores, es decir, del agua, cemento, aire y agregado grueso y poder hallar en volumen y peso el agregado fino, mediante la siguiente fórmula:

$$V_{AF} = 1 - (V_{Aire} + V_{Cemento} + V_{AG} + V_{Agua})$$

Paso 7: Corrección del diseño

Corrección por absorción: Cantidad de agua corregida

$$Agua\ corregida = Agua + A.F. (Abs_{AF} - H_{AF})\% + A.G. (Abs_{AG} - H_{AG})\%$$

Corrección por humedad: Cantidad de agregados corregidos

$$Agregado\ corregido = Cantidad\ de\ agregado(100 - Humedad\ del\ agregado)\%$$

Paso 8: Diseño final

Aquí se obtienen el valor de los materiales de construcción en peso por m³, porcentaje y volumen por m³.

$$\text{Porcentaje} = \frac{\text{Peso por m}^3}{\text{Peso total por m}^3} \times 100$$

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso por m}^3}{\text{Peso específico}}$$

Tabla 39: Peso y volumen de los materiales de construcción.

Material	Peso por m ³ (kg)	Porcentaje (%)	Volumen (m ³)
Agregado grueso	-	-	-
Agregado fino	-	-	-
Cemento	-	-	-
Agua	-	-	-
Total	-	-	-

3.6.2.4. Dosificación de los curadores

En esta sección se determinará la dosificación de los curadores, para la aplicación sobre la superficie del concreto.

Para ello, se tiene en cuenta que la dimensión de nuestra probeta es de 10cm de diámetro y 20cm de altura. Estos datos nos servirán para determinar el área total de la probeta cilíndrica de concreto y de esta manera calcular la dosificación para cada probeta a curar.

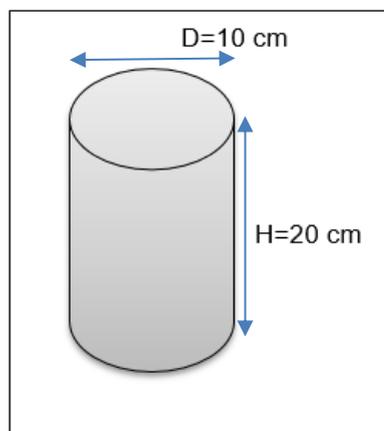


Figura 9: Dimensiones de la probeta cilíndrica de concreto

Área lateral de un cilindro = $2\pi rh$

Área base de un cilindro = πr^2 (base superior e inferior)

Área total del cilindro = $2\pi rh + 2\pi r^2 = 2\pi(0.05)(0.2) + 2\pi(0.05)^2 = 0.08 \text{ m}^2$

1 galón = 3.78 L = 4L

- Dosificación para un rendimiento de 25 m^2 (Sika Antisol S y Z membrana blanco)

$$4L \text{ -----} 25 \text{ m}^2$$

$$x \text{ -----} 0.08 \text{ m}^2$$

$$x = 0.0128 \text{ L} = 12.8 \text{ ml} = \mathbf{13 \text{ ml}}$$

- Dosificación para un rendimiento de 20 m^2 (Euco cure)

$$4L \text{ -----} 20 \text{ m}^2$$

$$x \text{ -----} 0.08 \text{ m}^2$$

$$x = 0.016 \text{ L} = \mathbf{16 \text{ ml}}$$

- Dosificación para un rendimiento de 15 m^2 (Membranil reforzado)

$$4L \text{ -----} 15 \text{ m}^2$$

$$x \text{ -----} 0.08 \text{ m}^2$$

$$x = 0.0213 \text{ L} = 21.3 \text{ ml} = \mathbf{22 \text{ ml}}$$

3.6.2.5. Conformado, curado y ensayos del concreto en estado endurecido Conformación y curado de probetas de concreto en laboratorio (NTP 339.183/ASTM C31)

Las principales herramientas utilizadas son:

- Moldes cilíndricos de 100 x 200 mm (4x8 pulg.)
- Mazo de goma de peso 500 gr.
- Lubricante (aceite).
- Equipo de cono de Abrams.
- Badilejo, pala y regla para enrasar.
- Varilla metálica de 5/8", longitud de 500 mm \pm 100 mm, punta semiesférica.

El procedimiento para la conformación y curado de probetas es el siguiente:

- Se pesa los materiales a utilizar en el concreto y después se procede a mezclar con la ayuda de una pala pequeña en un recipiente, el mezclado del concreto se realizó de la siguiente manera: El agregado grueso se combinó con el agregado fino, luego se adicionó el cemento, y por último se agregó agua.

- Después se realizó el asentamiento, consecutivamente se conformaron 36 probetas divididas en 3 tandas de 12 probetas por tanda. Se realizó el conformado de las probetas de 200 x 100 mm (8x4 pulg.), en dos capas con una varilla de 3/8", 25 chuseadas y 12 golpes alrededor del molde con el mazo de goma por cada capa; según la norma (ASTM C192). Se cubrieron las superficies de las probetas con bolsas para impedir la pérdida de humedad. Pasado las 24 horas se desmoldaron las probetas con una compresora de aire, para luego utilizar 4 métodos de curado.
- Se sumergieron las probetas en la poza de curado, por 3, 7, 14 y 28 días para luego ser ensayadas a compresión. La poza contiene agua potable suficiente para sumergir las probetas en su totalidad y cuenta con una temperatura de 23° C+2 °C incorporada con 3g de cal por litro de agua. Para el segundo método de curado, se expuso al medio ambiente las probetas inmediatamente se desmoldaron y fueron ensayadas de igual manera a edades de 3, 7, 14 y 28 días. El siguiente método aplicando curador químico, el cual inicia pesando la dosificación del curador de acuerdo a su rendimiento que especifica la ficha técnica para después con la ayuda de un aspersor manual de presión óptima de trabajo de 44 Psi y una compresora de aire de 2 Hp de fuerza, aplicarle sobre la superficie de concreto 1, 2 y 3 capas, el tiempo de aplicación entre capa y capa fue de 50 minutos el cual se determinó con un análisis preliminar mediante una diferencia de pesos entre la probeta curada y la probeta antes de ser curada hasta obtener un peso constante de la probeta curada y es ahí donde se tomó el tiempo que demora en desaparecer el curador de la superficie del concreto; para luego ser expuesto al medio ambiente y ser ensayadas a 3, 7, 14 y 28 días. Por último, se hizo un tipo de curación asemejando al de curado en obra que viene a ser por inmersión discontinua por un lapso de tiempo de 30 segundos para después retirar la probeta, ser expuesta al medio ambiente y ser ensayada a los 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14 y 28 días. Cabe recalcar que para estas probetas de curado por inmersión discontinua solo fueron curadas los primeros siete días, de acuerdo a la norma NTP 339.033.

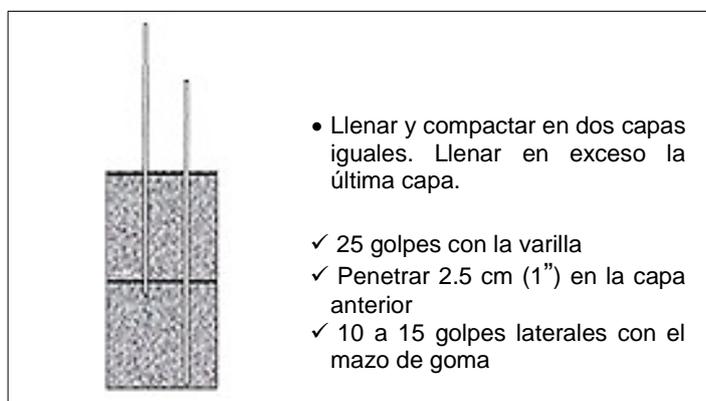


Figura 10: Conformado de probetas de concreto de 200 x 100 mm (Dino, 2017)

3.6.2.6. Refrentado con almohadillas de neopreno (NTP 339.216/ASTM C1231)

- Los testigos se ensayan con las almohadillas de neopreno el cual cumple con la norma ASTM C1231 y AASHTO T22, teniendo un valor de dureza de 70, medidas de 4" de diámetro y un contenedor metálico el cual tendrá una variación no menor en diámetro de 2 mm con respecto a la almohadilla de neopreno.
- Este consiste en el uso de un sistema de refrentado no adherido para el ensayo de cilindros de concreto endurecido, en lugar del sistema de refrentado descrito en la NTP 339.03 la cual viene a ser el refrentado con azufre.
- Estas almohadillas son usadas para el ensayo de resistencia a compresión. Cabe mencionar que fueron 192 probetas, las cuales fueron usadas con neopreno teniendo un máximo de utilidades de 100 por cada par de almohadilla, es decir se usaron 2 pares de almohadillas, y además los valores de resistencia de acuerdo al diseño de mezcla de las probetas de concreto oscilan entre 10 a 50 N/mm², según especifica la NTP 339.216/ASTM C1231.

3.6.2.7. Ensayo de resistencia a compresión (NTP 339.034/ASTM C31)

Este ensayo se realiza para ver una de las principales propiedades de resistencia del concreto en estado endurecido.

El equipo necesario para este ensayo es:

- Máquina a compresión operada manualmente y graduada a una velocidad de $2.40 \pm 0,05$ KN/seg., mode 1 – Tipo cylinder core con dimensiones de 200 x 100 mm según NTP 339.034 y ASTM C31.

El procedimiento para realizar el ensayo a compresión es el siguiente:

- Previamente antes de la rotura de probetas se toma lectura de datos de altura y diámetros de las probetas a ensayar, después se limpia cualquier impureza de la superficie plana superior e inferior de las probetas y lo mismo se verifica con la prensa hidráulica.
- Luego se coloca la probeta con el neopreno de manera centrada en la máquina a compresión. Se codifica en la pantalla la probeta y dimensiones de la misma si es necesario, finalmente se aplica la carga en forma continua a una velocidad de $2.40 \pm 0,05$ KN/seg., la resistencia a compresión se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo a compresión (N/mm²)

F = Fuerza (kN)

A = Área (mm)

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

d=diámetro

Tabla 40: Esquema de ensayo de resistencia a compresión.

Nombre del curador (Nº capas)	Testigo	Dimensiones		Fuerza (kN)	Resistencia a Compresión (N/mm ²)	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio (kg/cm ²)
		Altura (mm)	Diámetro (mm)				
Curador 1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

3.7. Métodos y procedimientos de análisis de datos

3.7.1. Contratación de la hipótesis

Los resultados obtenidos durante los ensayos a los morteros se analizarán para rechazar o corroborar la hipótesis planteada a partir del problema mediante un análisis de varianza con el Anova.

Datos Previos.

H_1 : Hipótesis alterna

H_0 : Hipótesis nula

Hipótesis

H_1 : Existe relación significativa entre los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto incrementando progresivamente la resistencia a compresión, Trujillo 2018.

H_0 : No existe relación significativa entre los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto incrementando progresivamente la resistencia a compresión, Trujillo 2018.

Grados de libertad (G.L.)

Donde:

a = número de niveles de la variable (A).

b = número de niveles de la variable (B).

c = número de niveles de la variable (C).

n = número de réplicas.

G.L. de las variables independientes

- Tipo de curador (A)
G.L. = $a - 1$
- Tiempo de curado (B)
G.L. = $b - 1$
- Número de capas (C)
G.L. = $c - 1$
- G.L. de las variables conjugadas (A x B)
G.L. = $(a - 1) \times (b - 1)$

- G.L. de las variables conjugadas (A x C)
G.L. = (a - 1) x (c - 1)
- G.L. de las variables conjugadas (B x C)
G.L. = (b - 1) x (c - 1)
- G.L. de las variables conjugadas (A x B x C)
G.L. = (a - 1) x (b - 1) x (c - 1)
- G.L. del error
G.L. = a x b x c (n - 1)

Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95 % como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$), debido a que es un nivel de confianza habitual en investigaciones experimentales, y es un compromiso entre formular premisas con la probabilidad de acertar.

Criterio de rechazo

La hipótesis alterna (H_1) se acepta si $F_0 > F_{\alpha, v_1, v_2}$, donde:

- F_0 se obtiene experimentalmente.
- F_{α, v_1, v_2} se obtiene mediante tablas estadísticas.

Asimismo, $v_1 = a - 1$ y $v_2 = a (n - 1)$, donde "a" es el número de niveles y "n" el número de réplicas.

Análisis de varianza y f de Fisher.

Suma de cuadrados

Factor A:
$$SS_A = \frac{\sum_i Y_i^2}{bcn} - \frac{Y_T^2}{abcn}$$

Factor B:
$$SS_B = \frac{\sum_j Y_j^2}{acn} - \frac{Y_T^2}{abcn}$$

Factor C:
$$SS_C = \frac{\sum_k Y_k^2}{abn} - \frac{Y_T^2}{abcn}$$

Interacción (A x B):
$$SS_{AB} = \frac{\sum_{ij} Y_{ij}^2}{cn} - \frac{Y_T^2}{abcn} - SS_A - SS_B$$

Interacción (A x C):
$$SS_{AC} = \frac{\sum_{ik} Y_{ik}^2}{bn} - \frac{Y_T^2}{abcn} - SS_A - SS_C$$

Interacción (B x C):
$$SS_{BC} = \frac{\sum_{jk} Y_{jk}^2}{an} - \frac{Y_T^2}{abcn} - SS_B - SS_C$$

Interacción (A x B x C):
$$SS_{ABC} = \frac{\sum_{ijk} Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{abcn} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC}$$

Suma de cuadrados totales:
$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{abcn}$$

Cálculo del error:
$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} - SS_{ABC}$$

Media de cuadrados

Factor A:
$$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$$

Factor B:
$$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$$

Factor C:
$$MS_C = \frac{SS_C}{c-1}$$

Interacción (A x B):
$$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)x(b-1)}$$

Interacción (A x C):
$$MS_{AC} = \frac{SS_{AxB}}{(a-1)x(c-1)}$$

Interacción (B x C):
$$MS_{BC} = \frac{SS_{BC}}{(b-1)x(c-1)}$$

Interacción (A x B x C):
$$MS_{ABC} = \frac{SS_{ABC}}{(a-1)x(b-1)x(c-1)}$$

Cálculo del error:
$$MS_E = \frac{SS_{ERROR}}{(abc)x(n-1)}$$

F₀ experimental

$$F_0(A): \quad F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(B): \quad F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(C): \quad F_0(C) = \frac{MS_C}{MS_E}$$

$$F_0(A \times B): \quad F_0(A \times B) = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$$

$$F_0(A \times C): \quad F_0(A \times C) = \frac{MS_{AC}}{MS_E}$$

$$F_0(B \times C): \quad F_0(B \times C) = \frac{MS_{BC}}{MS_E}$$

$$F_0(A \times B \times C): \quad F_0(A \times B \times C) = \frac{MS_{ABC}}{MS_E}$$

3.7.2. Dispersión de resultados

En el análisis de todos los resultados obtenidos, se incluye métodos estadísticos los cuales nos corroboran que nuestros resultados sean correctos.

Media aritmética o promedio

Se suman los datos de cada ensayo por curador, tiempo de curado y número de capas según la siguiente formula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

\bar{x} = Media Aritmética.

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra. Representa cada dato en el conjunto.

n = Tamaño de la muestra. Es el número de términos en el conjunto

Varianza

Para poder determinar la varianza de todos nuestros ensayos, se reemplaza los datos hallados de cada dosificación, marca de aditivo y edad de curado en la siguiente fórmula:

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

Donde:

σ^2 = Varianza

Σ = Sumatoria.

\bar{x} = Media Aritmética.

x_i = Observación de la muestra. Representa cada dato en el conjunto.

n = Tamaño de la muestra. Es el número de términos en el conjunto.

Desviación estándar

Para hallar la desviación estándar de los ensayos realizados se utiliza los resultados de la varianza en la siguiente fórmula:

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

Donde:

DS = Desviación estándar

σ^2 = Varianza

Coefficiente de variación

Para poder hallar el coeficiente de variación se utiliza la desviación estándar de cada ensayo realizado en la siguiente fórmula:

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

Donde:

CV= Coeficiente de Variación

DS = Desviación estándar

\bar{x} = Media Aritmética

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de agregados

Agregado fino

Tabla 41: Caracterización del agregado fino

Ensayo	Resultado	Rango
Módulo de finura NTP 400.012 / ASTM C136	2.4	2.3 - 3.1
Contenido de humedad (%) NTP 339.185/ ASTM C566	0.5	-
Peso unitario suelto (kg/m ³) NTP 400.017 / ASTM C29	1690	1500– 1800
Peso unitario compactado (kg/m ³) NTP 400.017 / ASTM C29	1900	1600 – 1900
Peso específico (kg/m ³) NTP 400.022 / ASTM C128	2700	2500 – 2900
Absorción (%) NTP 400.022 / ASTM C128	0.5	0.2 – 5.0
Requisitos químicos		
pH NTP 400.042	7	Neutro
Conductividad (dS/m) NTP 400.042	0.241	Baja salinidad
Sales (mg/L)	12	Baja salinidad
Composición del agregado fino		
% Grava (de 3" a 3/8"):		0
Arena	% Grano grueso (N°4 a N°8):	18
	% Grano medio (N°16 a N°30):	24
	% Grano fino (N°50 a N°200):	56
% Limo-arcilloso (< N°200)		2

Agregado grueso

Tabla 42: Caracterización del agregado grueso

Ensayo	Resultado	Rango
Tamaño máximo nominal NTP 400.012 / ASTM C136	1/2"	-
Tamaño máximo NTP 400.012 / ASTM C136	3/4"	-
Contenido de humedad (%) NTP 339.185/ ASTM C566	0.5	-
Peso unitario suelto (kg/m ³) NTP 400.017 / ASTM C29	1460	1400– 1600
Peso unitario compactado (kg/m ³) NTP 400.017 / ASTM C29	1640	1500 – 1700
Peso específico (kg/m ³) NTP 400.022 / ASTM C128	2820	2400 – 2800
Absorción (%) NTP 400.022 / ASTM C128	1.6	0.2 – 3.0
Requisitos químicos		
pH NTP 400.042	7	Neutro
Conductividad (dS/m) NTP 400.042	0.485	Baja salinidad
Sales (mg/L)	24	Baja salinidad
Composición del agregado grueso		
% Grava (de 2" a 3/4"):		4
% Grava de (1/2"):		30
% Grava de (3/8"):		25
% Grano grueso (N°4 a N°8):		41
% Limo-arcilloso (< N°200)		0

4.2. Caracterización química del agua

Tabla 43: Evaluación química del agua potable.

Requisitos químicos				
Ensayo	Resultado	Rango	Categoría	Autor
pH	7	6.5 – 8.5	Neutro	
Conductividad (dS/m)	1.430	< 1.500	Baja salinidad	SUNASS
Sales (mg/L)	72	250	Baja salinidad	

4.3. Diseño de mezcla

Tabla 44: Diseño de mezcla general por metro cúbico.

Material	Peso por m³ (Kg)	Porcentaje (%)	Volumen (m³)
Agregado grueso	972.44	40.95	0.34
Agregado fino	787.07	33.15	0.29
Cemento tipo I	388.49	16.36	0.13
Agua	226.68	9.55	0.23
Total	2374.58	100.00	1.00

4.4. Ensayos de propiedades mecánicas

Resistencia a compresión

Tabla 45: Resistencia promedio y medidas estadísticas a los 3 días.

Curador químico	Tiempo de curado (días)	Número de capas	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (%)	Coefficiente de variación (%) ASTM C39	Rango aceptable para tres resultados (%) ASTM C39
Eucocure	3	1	159	2.35	1.48	3.20	10.60
		2	151	7.40	4.90		
		3	162	1.33	0.82		
Antisol S	3	1	150	2.54	1.70		
		2	122	1.64	1.35		
		3	118	7.48	6.34		
Z membrana blanco	3	1	238	6.48	2.72		
		2	160	6.55	4.09		
		3	162	10.79	6.66		
Chema Membranil reforzado	3	1	240	3,54	1,48		
		2	245	2,32	0,95		
		3	242	2,19	0,91		

Tabla 46: Resistencia promedio y medidas estadísticas a los 7 días.

Curador químico	Tiempo de curado (días)	Número de capas	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (%)	Coefficiente de variación (%) ASTM C39	Rango aceptable para tres resultados (%) ASTM C39
Eucocure	7	1	215	12.74	5.92	3.20	10.60
		2	206	2.40	1.16		
		3	222	3.37	1.52		
Antisol S	7	1	197	4.28	2.17		
		2	181	3.64	2.01		
		3	163	2.99	1.84		
Z membrana blanco	7	1	243	2.76	1.14		
		2	205	5.65	2.76		
		3	221	5.82	2.63		
Chema Membranil reforzado	7	1	269	4.57	1.86		
		2	246	8.63	3.21		
		3	253	11.01	4.35		

Tabla 47: Resistencia promedio y medidas estadísticas a los 14 días.

Curador químico	Tiempo de curado (días)	Número de capas	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (%)	Coefficiente de variación (%) ASTM C39	Rango aceptable para tres resultados (%) ASTM C39
Eucocure	14	1	227	8.06	3.55	3.20	10.60
		2	224	14.63	6.53		
		3	242	10.32	4.26		
Antisol S	14	1	227	9.78	4.31		
		2	220	10.50	4.77		
		3	203	2.99	1.47		
Z membrana blanco	14	1	268	5.01	1.87		
		2	240	1.70	0.71		
		3	244	6.66	2.73		
Chema Membranil reforzado	14	1	294	7.94	2.70		
		2	291	10.77	3.70		
		3	288	8.57	2.97		

Tabla 48: Resistencia promedio y medidas estadísticas a los 28 días.

Curador químico	Tiempo de curado (días)	Número de capas	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (%)	Coefficiente de variación (%) ASTM C39	Rango aceptable para tres resultados (%) ASTM C39
Eucocure	28	1	251	2.35	1.48	3.20	10.60
		2	249	7.40	4.90		
		3	253	1.33	0.82		
Antisol S	28	1	255	2.54	1.70		
		2	220	1.64	1.35		
		3	233	7.48	6.34		
Z membrana blanco	28	1	288	6.48	2.72		
		2	267	6.55	4.09		
		3	285	10.79	6.66		
Chema Membranil reforzado	28	1	297	2.82	0.95		
		2	290	4.37	1.51		
		3	294	5.45	1.85		

Tabla 49: Resistencia promedio de resistencias adicionales.

Curador químico	Tiempo de curado (días)	Número de capas	Resistencia promedio (kg/cm ²)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (%)	Coefficiente de variación (%) ASTM C39	Rango aceptable para tres resultados (%) ASTM C39
Curado al medio ambiente	3	1	148	7.24	4.89	3.20	10.60
	7	1	177	4.57	2.58		
	14	1	186	3.86	2.08		
	28	1	215	5.50	2.56		
Curado en poza	3	1	185	2.11	1.14		
	7	1	237	4.22	1.78		
	14	1	259	6.85	2.64		
Curado tipo obra	28	1	283	2.42	0.86		
	2	1	173	3.04	1.76		
	3	1	187	8.68	4.64		
	4	1	190	3.34	1.76		
	5	1	209	3.08	1.47		
	6	1	222	3.73	1.68		
	7	1	237	3.62	1.53		
	14	1	250	3.88	1.55		
	28	1	270	8.92	3.30		

4.5. Especificaciones técnicas de los curadores

Tabla 50: Resumen de las especificaciones técnicas de cada curador (Ficha técnica, Anexos)

Curador Detalle	Eucocrete	Sika Antisol S	Z membrana blanco	Membranil reforzado
Norma	Norma ASTM C-309, Tipo 2, Clase A	Norma U.N.I. 8656, Tipo 1	Norma ASTM C 309, Tipo 1D, Tipo 2, Clase A	Norma ASTM C 309, Tipo 1, Clase A
Nª capas recomendada	No especifica	1	No especifica	2
Rendimiento (m²) galón 4L/balde 20L	20/100	25/125	25/125	15/75
Densidad (kg/l)	1.01	1.11±0.01	1.17	1.0
Apariencia	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Color	Blanco opaco	Transparente	Transparente	Lechoso
Usos	Todo tipo de estructura de concreto	Todo tipo de estructura de concreto	Todo tipo de estructura de concreto	Todo tipo de estructura de concreto
Tiempo de secado	40 min.	24 h	No especifica	No especifica
Almacenamiento (años)	1	2	No especifica	1
Aplicación	Aspersor manual o industrial y rodillo	Equipo pulverizador	Equipo pulverizador, rodillo o brocha	Mochila de aspersión, rodillo o brocha
Presentación	Cilindros 200 L y baldes 20 L	Cilindros 200 L y baldes 20 L	55 galones, 5 galones y 1 galón	55 galones, 5 galones y 1 galón

4.6. Evaluación económica

4.6.1. Análisis de precio unitario

Para determinar el análisis de precio unitario que se requiere para curar un elemento de concreto se utilizarán los rendimientos que especifica la ficha técnica de cada curador, y de esta manera hallar la cantidad de curador necesario para un área determinada.

Hacer la aclaración que no se evalúa el curado por inmersión continua en agua + cal, ya que es un caso irreal en una obra, solo se da en laboratorio.

Las cantidades de curador químico empleado en el método de curado son de acuerdo a las dosificaciones obtenidas de esta investigación.

Los precios HH de la mano de obra están acorde a la tabla salarial sindical vigente hasta mayo del presente año.

De acuerdo a la ficha técnica de Sika Antisol S afirma que "Haciendo uso de un equipo pulverizador operado por una sola persona, se puede aplicar alrededor de 1000 m² de superficie en una jornada de 8 horas" por lo que este rendimiento de 1000m²/día será la base para determinar los rendimientos de los demás curadores. A continuación, se presenta los análisis de precios unitarios de curado enfocado a losas de concreto.

Tabla 51: Curado con aplicación de curador químico Eucocure.

Rendimiento: 800.000 m ² /día	Jornada: 8 h	C.U.:	1.09		
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					
Peón	HH	1.000	0.010	12.849	0.13
					0.13
MATERIALES					
Curador químico x Balde de 20 L	Balde		0.010	95.000	0.95
					0.95
EQUIPOS					
Equipo pulverizador tipo fumigadora con mochila 15L	HM	1.000	0.010	1.000	0.01
					0.01

El rendimiento de 800 m²/día está en función del rendimiento inicial planteado de 1000 m²/día del curador Sika Antisol S para una jornada laboral de 8 horas.

La cantidad del peón y el equipo pulverizador está en función del rendimiento de 800 m²/día y jornada de 8 horas. La cantidad de los materiales está en función de una probeta cilíndrica de 0.1m de diámetro y 0.2m de altura con un área de 0.08 m² para lo cual necesita 0.0002 m³ de curador, entonces la cantidad de agua para 1 m² de área es 0.010 m³.

Tabla 52: Curador con aplicación de curador químico Sika Antisol S.

Rendimiento:	1,000.000 m ² /día	Jornada:	8 h	C.U.:	0.88
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					
Peón	HH	1.000	0.008	12.849	0.10
					0.10
MATERIALES					
Curador químico x Balde de 20 L	Balde		0.008	94.800	0.77
					0.77
EQUIPOS					
Equipo pulverizador tipo fumigadora con mochila 15L	HM	1.000	0.008	1.000	0.01
					0.01

El rendimiento es de 1000 m²/día para una jornada de 8 horas según ficha técnica.

La cantidad del peón y el equipo pulverizador está en función del rendimiento y la jornada.

El valor de la cantidad de los materiales está en función de una probeta cilíndrica de 0.1m de diámetro y 0.2m de altura con un área de 0.08 m² para lo cual necesita 0.000163 m³ de curador, entonces la cantidad de agua para 1 m² de área es 0.008 m³.

Tabla 53: Curador con aplicación de curador químico Z membrana blanco.

Rendimiento:	1,000.000 m ² /día	Jornada:	8 h	C.U.:	0.58
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					
Peón	HH	1.000	0.008	12.849	0.10
					0.10
MATERIALES					
Curador químico x Balde de 20 L	Balde		0.008	57.860	0.47
					0.47
EQUIPOS					
Equipo pulverizador tipo fumigadora con mochila 15L	HM	1.000	0.008	1.000	0.01
					0.01

El rendimiento es igual al de Sika Antisol S de 1000 m²/día para una jornada de 8 horas.

La cantidad del peón y el equipo pulverizador está en función del rendimiento y la jornada.

El valor de la cantidad de los materiales está en función de una probeta cilíndrica de 0.1m de diámetro y 0.2m de altura con un área de 0.08 m² para lo cual necesita 0.000163 m³ de curador; entonces la cantidad de agua para 1 m² de área es 0.008 m³.

Tabla 54: Curado con aplicación de curador químico Membranil reforzado.

Rendimiento:	600.000 m ² /día	Jornada:	8 h	C.U.:	1.09
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					
Peón	HH	1.000	0.013	12.849	0.17
					0.17
MATERIALES					
Curador químico x Balde de 20 L	Balde		0.014	66.100	0.91
					0.91
EQUIPOS					
Equipo pulverizador tipo fumigadora con mochila 15L	HM	1.000	0.013	1.000	0.01
					0.01

El rendimiento es igual al de Sika Antisol S de 1000 m²/día para una jornada de 8 horas.

La cantidad del peón y el equipo pulverizador está en función del rendimiento y la jornada.

El valor de la cantidad de los materiales está en función de una probeta cilíndrica de 0.1m de diámetro y 0.2m de altura con un área de 0.08 m² para lo cual necesita 0.000163 m³ de curador; entonces la cantidad de agua para 1 m² de área es 0.008 m³.

Tabla 55: Curado con agua tipo obra.

Rendimiento:	600.000 m ² /día	Jornada:	8 h	C.U.:	0.25
Descripción recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
MANO DE OBRA					
Peón	HH	1.000	0.013	12.849	0.17
					0.17
MATERIALES					
Agua	Balde		0.014	4.490	0.06
					0.06
EQUIPOS					
Equipo pulverizador tipo fumigadora con mochila 15L	HM	1.000	0.013	1.000	0.01
					0.01

El rendimiento es de 600 m²/día igual que el curador Membranil reforzado, ya que tienen similar densidad con el agua (1kg/l).

La cantidad del peón y el equipo pulverizador está en función del rendimiento y jornada. El valor de la cantidad de los materiales está en función de una probeta cilíndrica de 0.1m de diámetro y 0.2m de altura con un área de 0.08 m² para lo cual necesita 0.000275 m³ de agua, entonces la cantidad de agua para 1 m² de área es de 0.014 m³.

Situación práctica

Se desea saber la cantidad de curador necesario para curar una construcción de tipo aporticado, en este caso una vivienda de 3 pisos con una frontera de 6 metros y 20 metros de longitud, y la altura efectiva de la columna de 3 metros, teniendo un ancho de columna de 30 centímetros.

Área total losa:

$$\text{Área} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times n^{\circ}\text{losas} = 20\text{m} \times 6\text{m} \times 2 = 240 \text{ m}^2$$

Área total columna:

$$\text{Área} = (\text{Ancho columna} \times N^{\circ} \text{ caras}) \times \text{Alto} \times n^{\circ}\text{columnas} = (0.30 \times 4)\text{m} \times 3\text{m} \times 12 = 43.20 \text{ m}^2$$

Dando un área total:

$$\text{A.T.} = 240\text{m}^2 + 43.20 \text{ m}^2 = 283.20 \text{ m}^2$$

Tabla 56: Costo total para cada método de curado.

Curador químico	Área a curar (m ²)	Días de curado	Área total de curado (m ²)	Costo unitario por (m ²)	Costo total (S/.)
Euco cure	283.20	1	283.20	1.09	308.69
Sika Antisol S	283.20	1	283.20	0.88	249.22
Z membrana blanco	283.20	1	283.20	0.58	164.26
Membranil reforzado	283.20	1	283.20	1.09	308.69
Curado tipo obra	283.20	7	1982.40	0.25	495.60
Expuesto al medio ambiente	283.20	0	0.00	0.00	0.00

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

Las construcciones hechas por elementos de concreto son muy comunes hoy en día, y lo que se busca es que estas cumplan requisitos mínimos de servicio. Es habitual encontrar alguna construcción hecha de concreto, que muchas veces se roba nuestra mirada ya sea por lo monumental en tamaño o por su diseño arquitectónico, pero este viene a ser el producto final, antes de ello se siguió una serie de actividades constructivas que llevaron a cabo tal infraestructura, obviamente regido por una norma de edificaciones lo cual salvaguardara el tipo de servicio de la estructura haciéndola segura para los habitantes.

Es así, que uno de los pasos más importantes para realizar estos elementos de concreto viene a ser el diseño de mezcla, el cual nos ayudara a dosificar en peso los materiales de construcción para cada tipo de uso ingenieril, de la mano esta la caracterización de estos materiales, que de acuerdo a sus propiedades de origen se diseña un concreto que después de ser conformado, puesto en obra y desencofrado se procede con el curado, es ahí donde evaluaremos la forma y cantidad correcta del curado para poder llegar a un concreto altamente resistente y durable.

A continuación, se detalla los resultados de la caracterización de los diferentes materiales de construcción utilizados para dicho concreto.

5.1. Caracterización de agregado fino

A continuación, se presenta un resumen de las características físicas de la arena gruesa, donde debe cumplir con los rangos establecidos para que se considere como tal y poder ser utilizada para esta investigación.

La granulometría es una de las propiedades más importantes en los agregados el cual viene a ser la distribución de las partículas de dicho agregado fino en fracciones, los cuales se dividen de acuerdo a su tamaño. En caso estas partículas presenten un mismo tamaño no habría un adecuado acomodo de estas y por lo tanto produciría vacíos en nuestro concreto, el cual influye directamente en sus propiedades en estado endurecido.

Por lo tanto, es importante que los agregados cumplan con los requisitos indicados en la norma ASTM C33, para de esta manera tener una distribución de partículas adecuada, evitando una posible segregación o exudación por una mala colocación y compactación del concreto originando la disminución de la resistencia.

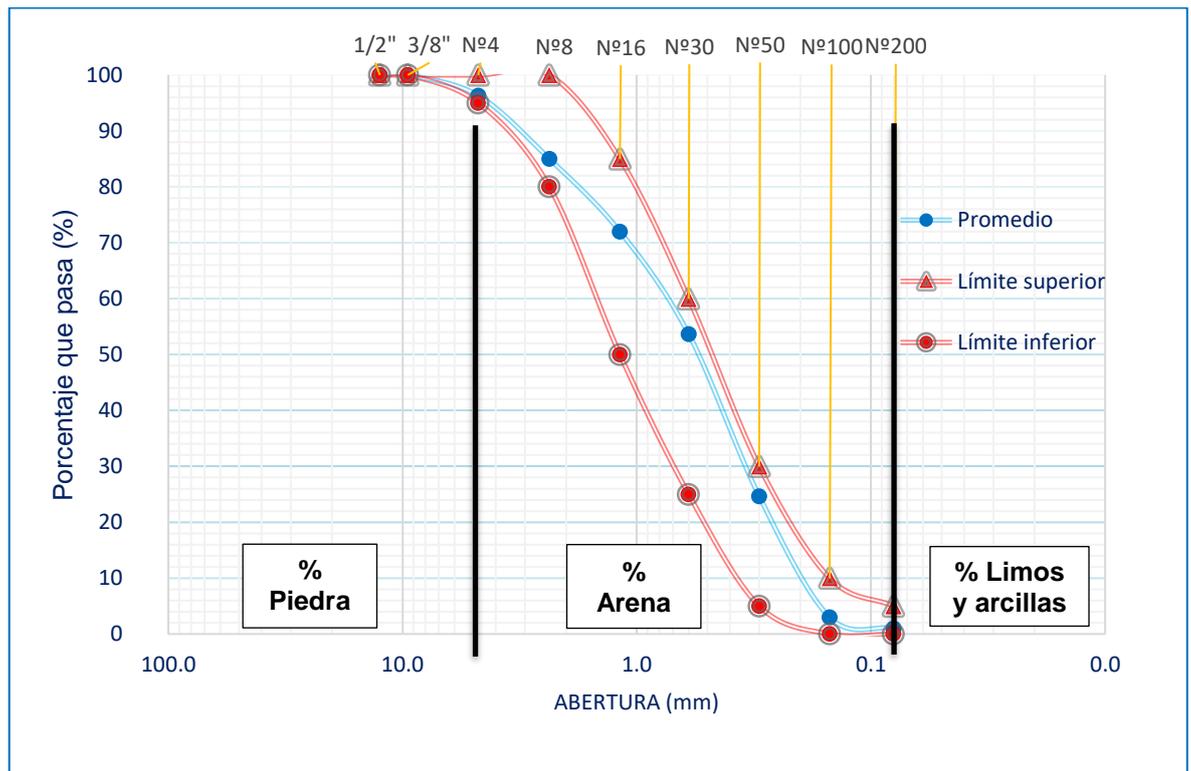


Figura 11: Curva granulométrica del agregado fino entre límites estándar

La curva granulométrica del agregado fino de la figura 11, nos muestra una aceptable graduación de las partículas, por que presenta fracciones de todos los tamaños de granos, las cuales cumplen para ser usada en la mezcla de un concreto convencional, porque se encuentra dentro de los límites permisibles del rango del porcentaje que pasa, según la NTP 400.037 y ASTM C33. Cabe resaltar que se permitirá el uso de agregados finos que no cumplan con los requisitos mínimos siempre y cuando existan estudios que aseguren que el material producirá concreto de la resistencia requerida tal y como se menciona en la NTP 400.037.

El módulo de finura representa la textura de las partículas de la muestra, mientras menor sea el valor más fino es el agregado. Cabe mencionar que un módulo de finura muy pequeño genera partículas más pequeñas, que a su vez están tienen mayor superficie específica, por lo que mientras menor es el módulo de finura se requiere mayor cantidad de agua en la mezcla. El módulo de finura obtenido es de 2.4 el cual se encuentra dentro del rango entre 2.3- 3.1 según especifica la norma NTP 400.037 y ASTM C33.

Los agregados finos están conformados por arenas que en algunos casos tienen impurezas como los limos y arcillas, estos pueden afectar directamente en la adherencia de la pasta de cemento y el agregado, por lo que puede perjudicar a la resistencia. Nuestro agregado fino tiene un porcentaje menor a 1% que pasa el tamiz N° 200, el cual cumple

con los requisitos del 3% como máximo, según indica la norma NTP 400.037 y por ende es adecuado para el diseño de mezcla.

El contenido de humedad nos da a conocer la cantidad de agua que tiene este agregado en su estado natural, el cual influye en la relación agua/cemento del diseño de mezcla. El contenido de humedad obtenido es de 0.5%, el cual representa que el agregado aporta una cantidad baja a la mezcla. A pesar que la NTP 339.185/ASTM C566 no establece un rango para la humedad en los agregados, esta no deberá ser mayor a los de absorción por problemas de segregación en el concreto.

La absorción es la capacidad máxima de agua que puede retener un material, es la propiedad de los agregados que tiene mayor influencia en la mezcla de concreto. La absorción obtenida del agregado fino es de 0.5% cumple con lo que recomienda Polanco Rodríguez (2012), el cual debe estar entre el rango de 0.2% y 5%, nos indica que este agregado tiene poca presencia de poros no saturables y por ende absorberá menos humedad. Además, la absorción es mayor que el contenido de humedad, indicando que deberá haber una corrección por humedad en el diseño de mezcla.

El peso unitario suelto y compactado también conocidos como masa unitaria nos permite tener una idea de su influencia, ya sea el primero en el manejo del material y el segundo en el acomodo dentro de una mezcla de concreto. El peso unitario suelto y compactado del agregado fino es de 1690 Kg/m³ y 1900 Kg/m³ respectivamente, los cuales se encuentran en los rangos que recomienda Polanco Rodríguez (2012) de 1300-1800 kg/m³ y 1600-1900 kg/m³ respectivamente. Por lo tanto, este agregado cumple con el rango establecido por que se acomoda de tal manera que no deja muchos vacíos y esto es debido a una buena distribución de sus partículas repercutiendo directamente de forma positiva en la resistencia.

El peso específico seco o densidad específica seca es la propiedad la cual nos indica la calidad del agregado, mientras mayor es el peso específico se obtendrá un material con mejor comportamiento. El peso específico del agregado fino fue de 2700 kg/m³, dicho valor se encuentra en el rango que recomienda Toledo (2013) de 2500 – 2900 kg/m³, es una arena gruesa normal, debido al buen acomodo de sus partículas disminuirá la porosidad del concreto originando que este llegue a mayores resistencias, la cual es óptima para nuestro diseño.

Además, se realizó el análisis químico de los agregados, donde se puede hallar mediante un multiparámetro la conductividad, sales y pH, dándonos como resultado una conductividad de 0.241 dS/m baja salinidad, sales de 12 mg/L con baja salinidad y un Ph de 7 neutro cumpliendo satisfactoriamente.

5.2. Caracterización de agregado grueso

En la tabla siguiente se muestra los resultados de los ensayos realizados para el agregado grueso, los que nos servirán para nuestro diseño de mezcla del concreto, los cuales deberán estar dentro de los rangos requeridos para ser considerado como piedra o agregado grueso.

De la granulometría se extrajo datos que nos servirán para realizar nuestro diseño de mezcla, como su tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ " y tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ " con un Huso 7; y poder identificar el tipo de huso que cumplen. Y es mediante una gráfica donde se podrá expresar de mejor manera la distribución del agregado grueso.

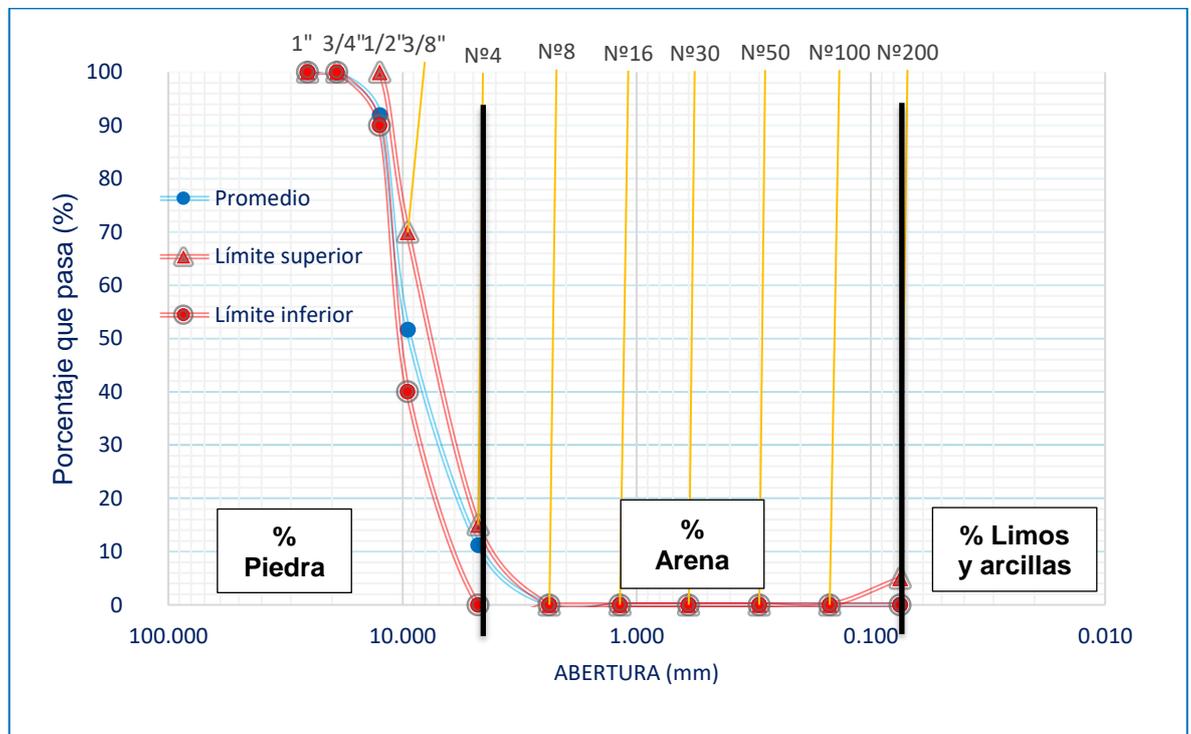


Figura 12: Curva granulométrica del agregado grueso entre límites estándar, huso 7

El tamaño y la textura tienen una gran importancia en la mezcla de concreto, a menor tamaño del agregado sus partículas se acomodan mejor, disminuyendo los vacíos (porosidad), provocando un aumento de la resistencia a compresión. Es por ello que se usó un agregado de TMN de $\frac{1}{2}$ " y de TM de $\frac{3}{4}$ ". El agregado grueso contiene un 0.9% de materiales finos que pasa la malla N°200 (menor a 75 μ m), el cual cumple con el límite máximo según la NTP 400.037 que es del 1%, ya que al tener baja presencia de limos y arcillas este concreto no será expuesto a la segregación por densidad y adherencia de materiales.

El agregado al estar en su medio ambiente adquiere un grado de humedad el cual puede ocasionar variaciones en su diseño si se encuentra en un clima húmedo, se obtuvo un contenido de humedad de 0.5% y una absorción de agua del 1.6%, cumpliendo este último con lo que recomienda Polanco Rodríguez (2012), la cual debe estar en el rango de 0.2%-3.0%. Estos valores indican que es un agregado grueso relativamente seco con una baja cantidad de poros, lo que no permitirá una menor acumulación de agua y teniendo una absorción moderada, produciendo de esta manera concretos más resistentes.

Para peso específico seco se obtuvo un resultado de 2.8 g/cm^3 , el cual cumple con lo que recomienda Humaní Mena (2016) de $2.4 - 2.8 \text{ g/cm}^3$, el cual es el peso específico aproximado de la roca madre. Con ello se demuestra que el agregado es adecuado para una mezcla de concreto convencional, teniendo un peso específico máximo, por lo tanto, alcanzará resistencias favorables.

El peso unitario suelto del agregado grueso que se determinó es de 1460 Kg/m^3 y su peso unitario compactado de 1640 Kg/m^3 , estos valores se encuentran en el rango que recomienda Fernanda Carrasco (2013), $1400-1600 \text{ Kg/m}^3$ para peso unitario suelto y $1500-1700 \text{ kg/m}^3$ para peso unitario compactado. Con estos valores se deduce que el agregado grueso al ser utilizado en la mezcla tendrá un buen acomodo entre sus partículas influenciando positivamente en su resistencia.

La evaluación química del agregado grueso donde se puede hallar mediante un multiparámetro la conductividad 0.485 dS/m con baja salinidad, sales de 24 mg/L con baja salinidad y un pH de 7 neutro, satisfactoriamente el agregado grueso es apto para utilizarse, obteniendo una buena durabilidad y así evitando problemas de fisuración, agrietamiento, expansión y eflorescencia, al presentar una baja conductividad, sales y un pH neutro.

5.3. Características del cemento

El cemento Pacasmayo tipo I, es de uso general no contiene adiciones, en su ficha técnica presenta altas resistencias a edades tempranas y menores tiempos de fraguado, ideal para estructuras en general que requieran un rápido desencofrado. A continuación, se presenta las propiedades físicas del cemento Pacasmayo tipo I.

Tabla 57: Propiedades físicas del cemento Pacasmayo tipo I (Cementos Pacasmayo, 2017)

Propiedades físicas	Unidad	CPSSA	Requisitos NTP 334.009/ASTM C150
Contenido de aire	%	9	Máximo 12
Superficie específica	cm ² /g.	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/cm ³	3.1	No específica
Resistencia a compresión			
3 días		326	Mínimo 122
7 días	Kg/cm ²	394	Mínimo 194
28 días		487	Mínimo 286

Como se aprecia en la Tabla 57 el cemento Pacasmayo Tipo I tiene una superficie específica promedio, y es porque este no contiene adiciones que mejoren las propiedades del cemento ante agentes perjudiciales específicos lo cual genera que el cemento Pacasmayo tipo I tenga un mayor campo aplicativo en la construcción.

Conforme a la resistencia es mayor a lo establecido por la NTP 339.009, presentando mayores resistencias iniciales y moderadas resistencias finales. En cuanto a su composición constituye del 50 – 70% de silicato tricálcico (C₃S) y del 5 – 10% de aluminato tricálcico (C₃A) del Clinker.

Como se mencionó anteriormente este cemento se eligió porque es recomendable para todo tipo de uso en general, más aún cuando se le aplicará a la superficie un curador químico, el cual le ayudará a obtener las resistencias a edades tempranas. Esta investigación está enfocada a elementos como losas, columnas y vigas para de esta manera obtener una mayor resistencia y durabilidad en las estructuras. Además, la investigación pretende analizar en la superficie del concreto, diferentes curadores de un mismo tipo a diferentes edades y dosificaciones determinando las resistencias que estos adquieren.

5.4. Curadores químicos

El concreto no se endurece con el secado. El concreto (o más precisamente el cemento en él) necesita de humedad para hidratarse y endurecerse. Cuando el concreto se seca, la resistencia para de crecer. El conocimiento de la velocidad de desecación (tasa de secado) es útil para el entendimiento de las propiedades o condiciones físicas del concreto. El concreto necesita tener suficiente humedad durante el periodo de curado para que el concreto se hidrate hasta que se puedan lograr las propiedades deseables.

Así también, al secarse, el concreto se retrae por la pérdida de agua. La retracción por secado es la principal causa de fisuración (grietas, rajaduras) es en función del grado de desecación y espaciamiento.

La calidad es lo primero, se requiere concreto de buena calidad, con dosificación correcta, el camión mixer debe llegar a la obra con un concreto a una temperatura entre 14 y 21°C.

Se podría decir que una planta de concreto es mediocre cuando elabora concreto que no tienen un buen sistema de almacenamiento de los cementos, muy caliente y más aún si las arenas y la piedra están completamente soleados, con lo que sólo se puede esperar un concreto a alta temperatura.

Otra precaución es atender a que no haya coladeras en el encofrado, que no se pierda el agua de la mezcla del concreto, lo peor que podemos reunir es un encofrado poco estanco y absorbente, para resultar en un concreto colado y fraguado con muchas fisuras.

Supongamos que, si la armadura está soleada, estará a alta temperatura y no colaborará en el control de fisuración y agrietamiento del concreto.

Debemos ser previsores, adelantarnos, enterarnos del clima que hará hoy, que vamos a verter concreto, si habrá viento y que intensidad tendrá. Para esto existe el teléfono móvil que llevamos en el bolsillo y los pronósticos del clima que se publican en internet.

Regar los concretos luego del fraguado, es el mejor consejo, no vale tirar concreto e irse a casa, si podemos ocuparnos con responsabilidad, de mantener húmeda la superficie, lograremos mejores resultados. También se pueden emplear telas de arpillera mojada para lograr reducir la evaporación.

En sentido práctico curar el concreto es garantizar las condiciones óptimas de humedad y temperatura necesarias para que el concreto desarrolle su resistencia potencial (compresión y flexión), se reduzca la porosidad de la pasta, en especial en el recubrimiento de concreto sobre las armaduras, haciendo que el ingreso de humedad y agresivos hacia

el interior del elemento de concreto endurecido se vea disminuido garantizando, así, que la estructura cumpla con la vida útil de diseño requerida por el propietario.

Según el ACI 308: “Se requiere establecer medidas de curado, para aportar o retener la humedad existente en el concreto, siempre que el desarrollo de las propiedades esperadas del concreto de la estructura pueda verse inaceptablemente retrasadas o impedidas debido por una insuficiencia en la cantidad de agua necesaria para la hidratación de los materiales cementosos y las adiciones”.

Sigue el ACI 308: “Las medidas de curado se deben poner en práctica tan pronto como el concreto esté en riesgo de secarse prematuramente y cuando dicho secado deteriore el concreto o impida el desarrollo de las propiedades requeridas”. “El curado debe prolongarse hasta que el secado de la superficie del concreto no afecte el concreto y hasta que la hidratación del cementante haya progresado de tal manera que las propiedades deseadas para el concreto ya se han obtenido, o hasta que sea claro que las propiedades deseadas se seguirán desarrollando por sí mismas.”

Vale la pena citar aquí los diferentes métodos de curado existentes: Básicamente existen dos sistemas de curado que permiten mantener cierto nivel de humedad en el concreto.

- Aplicación continua o frecuente de agua.
- Uso de materiales sellantes o de compuestos curadores líquidos para evitar la evaporación.

Los compuestos líquidos de curado que forman membrana deben cumplir las especificaciones de la Norma ASTM C 309. Entre las materias primas que normalmente se usan en la fabricación de compuestos de curado se pueden citar: ceras, resinas, caucho clorado y disolventes altamente volátiles. Dichos compuestos deben estar diseñados de tal manera que formen un sello poco tiempo después de haber sido aplicados; además, no deben reaccionar con la pasta de cemento.

Normalmente se le adiciona un pigmento (blanco, gris, rojo) a dichos compuestos de curado, con el fin de provocar la reflexión de los rayos solares; además, el pigmento hace visible el compuesto al operario, facilitándole el control de cubrimiento. Los compuestos que forman membrana normalmente se aplican con fumigadora manual o rociadores mecánicos. Se recomienda aplicarlos en dos capas, la segunda de las cuales debe aplicarse en dirección perpendicular a la primera para garantizar la uniformidad del sello. El momento óptimo para la aplicación de los compuestos líquidos es aquel en el cual se observa que ha desaparecido agua libre de la superficie del concreto, aunque sin demorar

la aplicación tanto que el compuesto sea absorbido por los poros superficiales del concreto.

Para esta investigación se utilizaron una gama de curadores, con el propósito de ver su comportamiento sobre la superficie del concreto y evaluarlos mediante un ensayo a la rotura.

El curador Eucocure es un curador químico que cumple la función de crear una capa envolvente al concreto impidiendo la evaporación del agua de mezcla el cual es importante para adquirir la resistencia potencial a temprana edad, este curador es fabricado por la empresa Química Suiza. Este curador es recomendado aplicarlo en cualquier tipo de elemento estructural de concreto, ya sean verticales u horizontales. El tiempo de secado recomendado después de aplicar la primera capa es de 40 min.

Así mismo, el curador Sika Antisol S, perteneciente a la empresa Sika, es uno de los otros curadores que se empleó para esta investigación, es usado para todo tipo de elemento estructural, pero nos recomienda especialmente en elementos verticales y nos menciona a la vez que en superficies verticales inmediatamente después de retirar el encofrado las superficies deben ser lavadas con agua limpia y luego el producto debe ser pulverizado en forma uniforme sobre la superficie. Adicionalmente, se puede caminar (tráfico ligero) sobre las áreas tratadas sólo después de 24 horas. A continuación, se presenta algunas de las características del curador de su ficha técnica (Ver ANEXO 5).

También se utilizó el curador Z membrana blanco, el cual pertenece a la empresa Z aditivos y es otro que se une al grupo de curadores utilizados para esta investigación y es usado para el curado de toda estructura de concreto, pero nos recomienda especialmente para los elementos horizontales. A continuación, se presenta algunas de las características del curador de su ficha técnica (Ver ANEXO 6).

Por último, se usó el Curador Membranil reforzado, que pertenece a la empresa Chema, dicho curador es usado para todo tipo de estructura de concreto, ya sean horizontales, verticales o inclinados, es el único curador que presenta datos de pH con un valor de 8. A continuación, se presenta algunas de las características del curador de su ficha técnica (Ver ANEXO 7).

Con respecto a la temperatura de almacenamiento y aplicación a la que deben estar los curadores no deberá ser menor de 5°C por congelamiento y no mayor a 25°C por riesgo a volatizarse.

5.5. Agua potable

El agua es un compuesto importante en la mezcla, ya que para ser apta para el amasado y curado debe estar libre de impurezas y sustancias dañinas, y así haya una correcta hidratación del cemento sin producir alteraciones en la mezcla de concreto, evitando retrasos en la pérdida de resistencia y efectos negativos en su durabilidad.

Para contrastar que el agua utilizada era adecuada para el diseño de mezcla, se realizó un análisis químico que de acuerdo al Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) cumple con los requisitos de un agua potable con un valor de pH 7 estando dentro del rango establecido de 6,5 – 8,5, también una conductividad de 1.430 dS/m con baja salinidad siendo menor al límite máximo permisible de 1.500 dS/m y en sales nos da un valor de 72 mg/L con baja salinidad y de acuerdo a los límites nos dice que debe ser menor de 250 mg/L. Por lo que el agua utilizada no perjudicará a las propiedades de nuestro diseño de mezcla y de curado.

5.6. Diseño de mezcla

Nuestro diseño de mezcla está compuesto principalmente del concreto, el cual lo constituyen los agregados finos y gruesos, el cemento y el agua, y si lo requiere aditivos. La mayor cantidad en volumen es ocupada por los agregados entre el 59% - 76%, además el cemento ocupa entre el 7% - 18% el cual varía dependiendo la resistencia requerida. Por lo que se realizó la caracterización de agregados para luego aplicar el método ACI-211, con el cual se busca alcanzar una resistencia requerida y la relación agua/cemento de la mezcla.

El diseño se realizó con el fin de ser aplicado en elementos estructurales, ya sea vigas, columnas y losas, con lo cual se propuso un asentamiento de 3-4". Asimismo, se obtuvo una relación agua/cemento inicial de 0.556, la cual fue modificada por las correcciones de absorción y humedad hasta obtener una relación agua/cemento final de 0.58.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de $\frac{1}{2}$ ", con lo cual se genera un mejor acomodo en el vaciado de las losas aligeradas, los agregados de mayores tamaños tienen menor superficie específica disminuyendo la adherencia con la pasta, es por ello que el cemento utilizado es el tipo I, de uso general, el cual ofrece altas resistencias a edades tempranas recomendable para elementos estructurales. De acuerdo a la elaboración del diseño de mezcla del concreto el peso de nuestro concreto para 1m^3 es de 2375 kg/m^3 , correspondiendo este valor a un concreto normal en cuanto peso volumétrico.

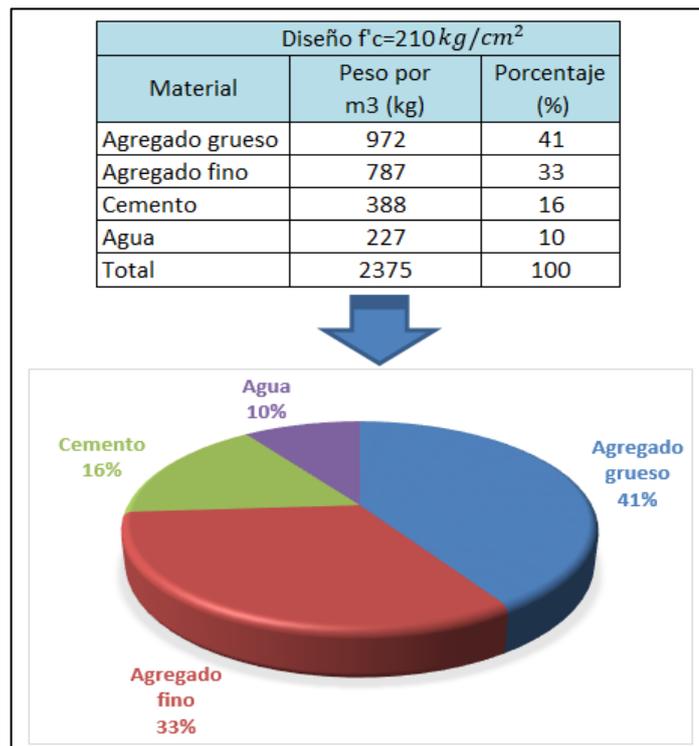


Figura 13: Proporciones del diseño de mezcla para 1m^3

Cabe mencionar que el concreto utilizado para la aplicación de curadores de concreto fue el mismo para toda la investigación, teniendo al cemento como dato constante de $388,49\text{ kg/cm}^2$ y con un diseño de mezcla de 210 kg/cm^2 , y poder ver la influencia de los curadores sobre la superficie del concreto hecho mediante los parámetros del ACI-211.

5.7. Propiedades en estado endurecido

5.7.1. Resistencia a compresión

La resistencia a compresión es la propiedad la cual define el uso del concreto, ya sea estructural o no estructural. Esta propiedad va a ser influenciada por la microestructura del concreto, la relación agua/cemento, el tamaño de los agregados, el tipo de cemento y otros factores relacionados a las adiciones, amasado y tiempo de curado.

El cemento es el principal componente el cual dependiendo la cantidad en la mezcla puede obtener elevadas resistencias. La resistencia a la compresión dependerá mucho de la relación agua/cemento, a menores relaciones se alcanzará una mayor resistencia. Por otro lado, la evolución o aumento de las resistencias dependerán del tiempo de curado, a mayores días de curado alcanzará mayores resistencias, teniendo en cuenta que a partir de los 28 días el incremento es mínimo.

En cuanto a la microestructura del concreto existen componentes del cemento los cuales brindan mejores resistencias iniciales y finales, estos componentes son el C₃S y C₂S respectivamente, los cuales ocupan un alto porcentaje en el Clinker. Además, no solo depende de ello sino de otras propiedades como la porosidad y la absorción ya que si el concreto es más poroso en su estructura se encontrará una gran cantidad de vacíos lo cual genere una pérdida de resistencias. Asimismo, una trabajabilidad adecuada es muy importante, ya que no solo influye en el vaciado de la mezcla sino en el acomodo de los agregados para una perfecta distribución, evitando problemas de segregación y a la vez pérdidas de resistencias.

Para someter los testigos al ensayo de compresión se elaboraron especímenes de concreto bajo la norma NTP339.183/ASTM C39, cuyas dimensiones fueron de Ø=100mm y h= 200mm. Como se requiere ver el proceso de evolución o ganancia de resistencias se pasó por un proceso de curado de 3, 7, 14 y 28 días, y para ser ensayados se usó cabezales con almohadillas de neopreno bajo la NTP 339.216/ ASTM C1231.

La resistencia a compresión diseñada fue de 210 Kg/cm², teniendo en cuenta un factor de seguridad de +84 Kg/cm². Al finalizar los ensayos el concreto con curado en poza obtuvo una resistencia a 3 días de curado de 185 Kg/cm², a 7 días de 237 Kg/cm², a 14 días de 259 Kg/cm² y finalmente a 28 días de 283 Kg/cm². Esto se debe a que se realizó un correcto diseño de mezcla, una buena caracterización de los agregados y un buen conformado de las probetas, obteniendo una resistencia a la compresión a los 28 días entre los 210 Kg/cm² y 294 Kg/cm², encontrándose en el rango de diseño.

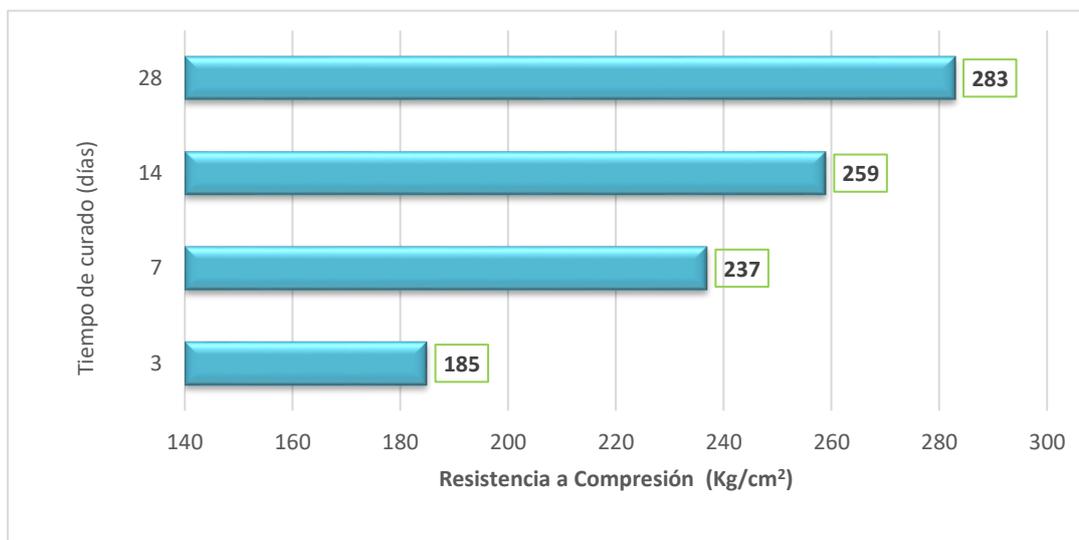


Figura 14: Resistencia a compresión vs tiempo – curado en poza de agua + cal

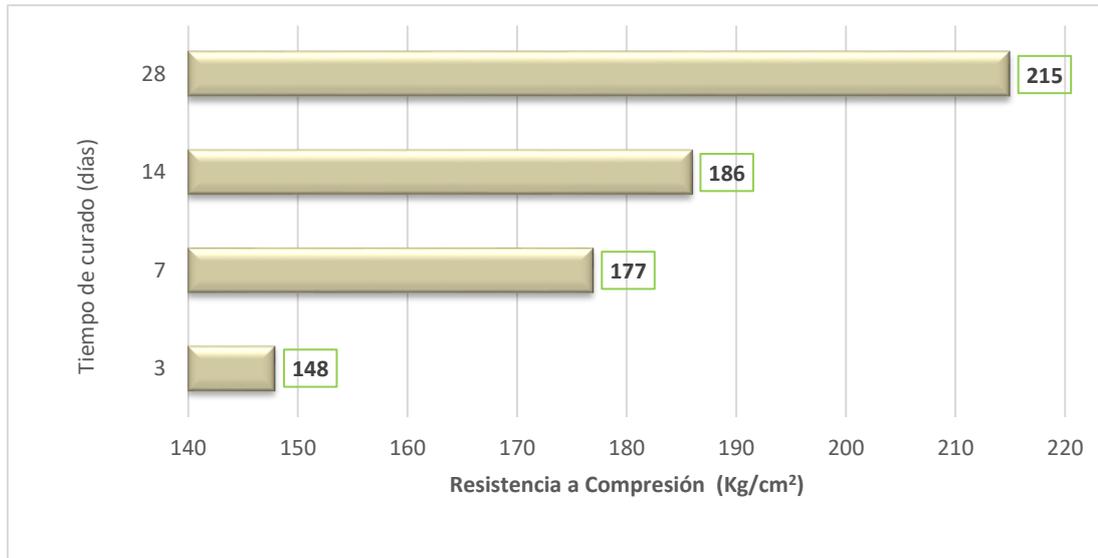


Figura 15: Resistencia a compresión vs tiempo - expuesto al medio ambiente sin curar

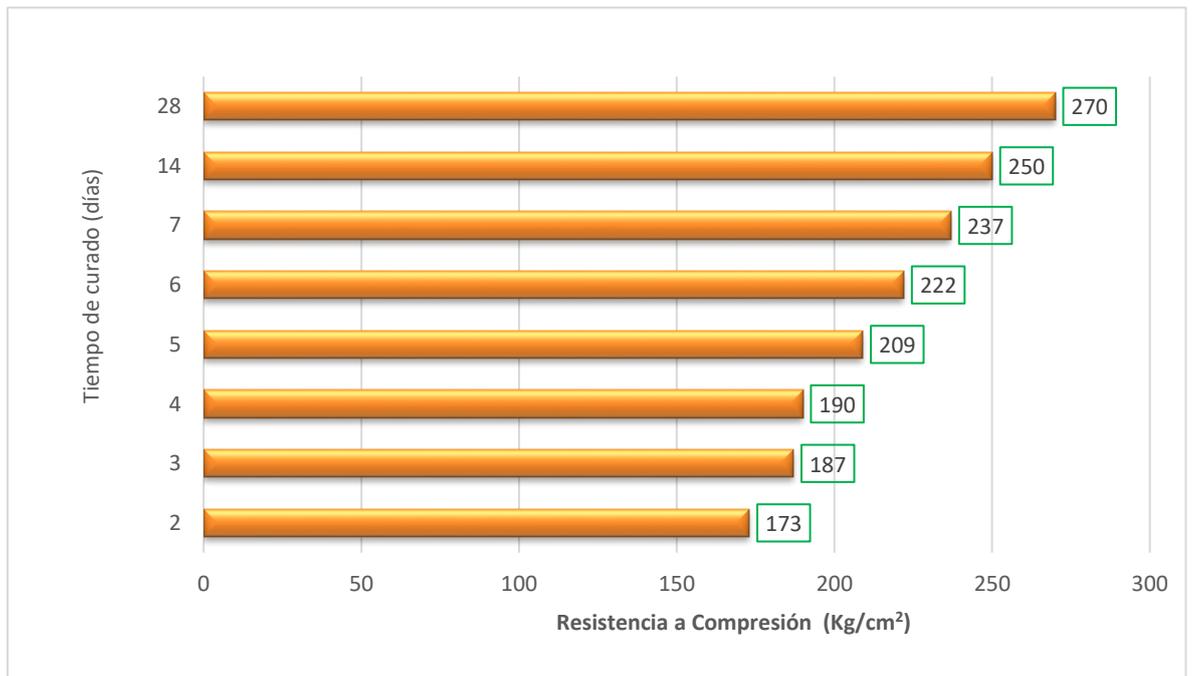


Figura 16: Resistencia a compresión vs tiempo – curado tipo obra

A simple vista se puede ver la diferencia que existe en resistencia, al concreto que se le aplico el curado por sumergido continuo en una poza de agua + cal en comparación de un concreto que fue expuesto al medio ambiente sin ninguna aplicación de curado. Se obtuvo una resistencia a 28 días de 215 Kg/cm². El porcentaje que llega esta resistencia expuesta al medio ambiente a los 28 días es del 76% con respecto a la resistencia obtenida de 283 kg/cm² con el método de curado en poza a 28 días; en cambio el curado tipo obra sobre pasa al expuesto al medio ambiente y se encuentra por debajo del curado en poza con un valor de resistencia a 28 días de 270 kg/cm². Los bajos resultados que se obtienen en el expuesto al medio ambiente es por perdida prematura del agua de mezcla, por la falta de saturación o humedecimiento del concreto después del desencofrado o desmolde, es por eso de la importancia del curado de un concreto para que este pueda adquirir con normalidad la resistencia deseada para lo que fue diseñado.

Tiempo de curado 3 días

Se analizarán y compararán los diferentes curadores utilizados para un solo tiempo de curado y diferentes tipos de capas, para determinar la dosificación óptima de cada curador.

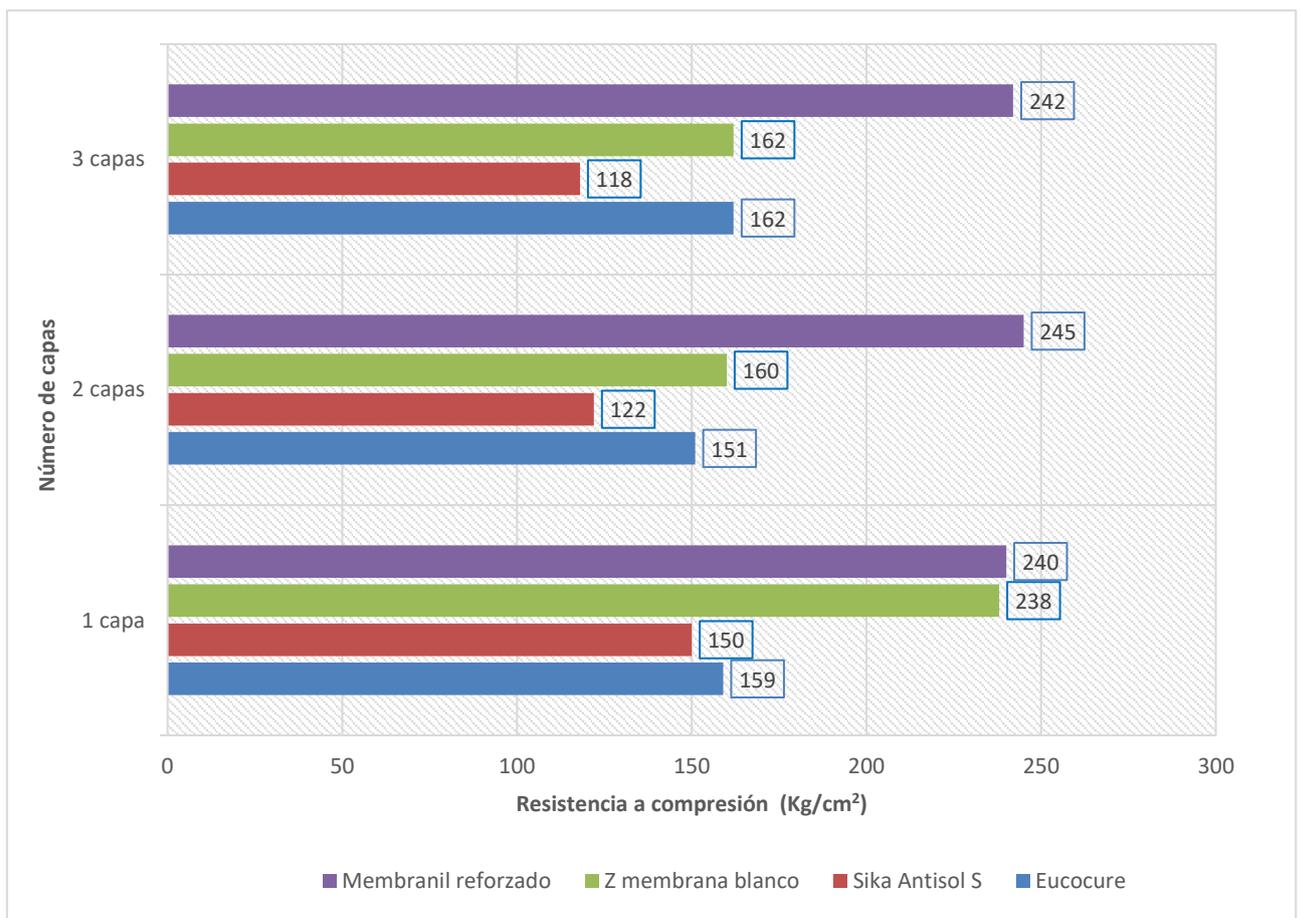


Figura 17: Resistencia a compresión vs nº capas de los curadores a 3 días.

En la figura 17 se puede observar los resultados de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas de concreto las cuales fueron ensayadas a los 3 días de curado a diferentes capas, afín de determinar la dosificación óptima para cada curador. De acuerdo a los valores obtenidos se presentarán de forma ascendente: el curador con la resistencia más baja es el de Sika Antisol S teniendo su valor más alto con 1 capa de curado, Eucocure viene ser el siguiente donde su mejor dosificación es al aplicarle 3 capas de curado, Z membrana blanco obtiene su mejor resistencia al aplicarle 1 capa de curado y finalmente el curador con mejor resistencia obtenida es el curador Membranil reforzado el cual es suficiente 1 sola capa de curado. Concluyendo que la resistencia de los curadores varía de acuerdo al número de capas que se le aplica a la superficie del concreto.

Tiempo de curado 7 días

Se analizarán y compararán los diferentes curadores utilizados para un solo tiempo de curado y diferentes tipos de capas, para determinar la dosificación óptima de cada curador.

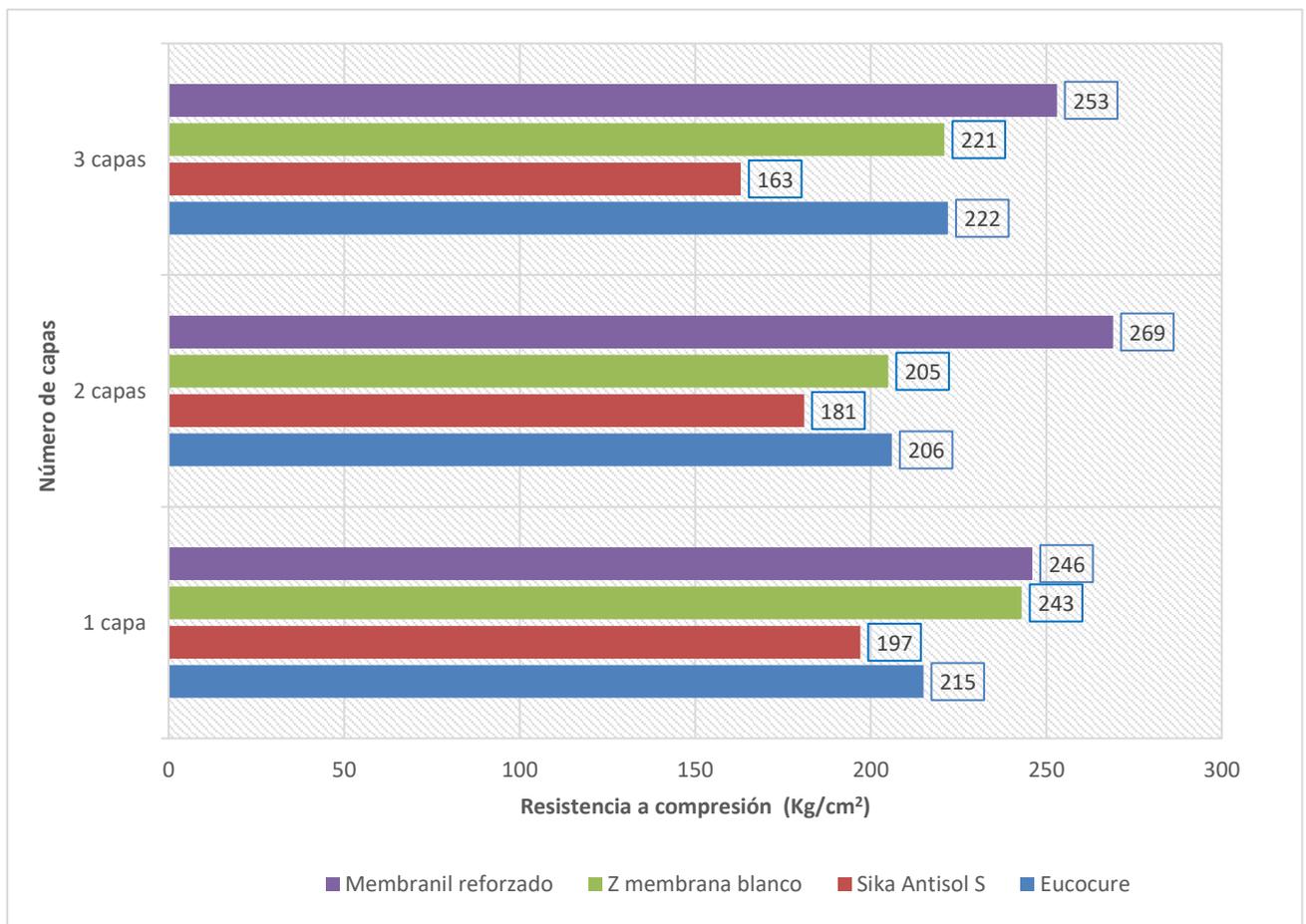


Figura 18: Resistencia a compresión vs nº capas de los curadores a 7 días.

En la figura 18 se puede observar los resultados de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas de concreto las cuales fueron ensayadas a los 7 días de curado a diferentes capas, afín de determinar la dosificación óptima para cada curador. De acuerdo a los valores obtenidos se presentarán de forma ascendente: el curador con la resistencia más baja es el de Sika Antisol S teniendo su valor más alto con 1 capa de curado, Eucocure viene ser el siguiente donde su mejor dosificación es al aplicarle 3 capas de curado, Z membrana blanco obtiene su mejor resistencia al aplicarle 1 capa de curado y finalmente el curador con mejor resistencia obtenida es el curador Membranil reforzado el cual es de 2 capas de curado. Concluyendo que la resistencia obtenida por los curadores mantiene la tendencia con respecto a sus dosificaciones.

Tiempo de curado 14 días

Se analizarán y compararán los diferentes curadores utilizados para un solo tiempo de curado y diferentes tipos de capas, para determinar la dosificación óptima de cada curador.

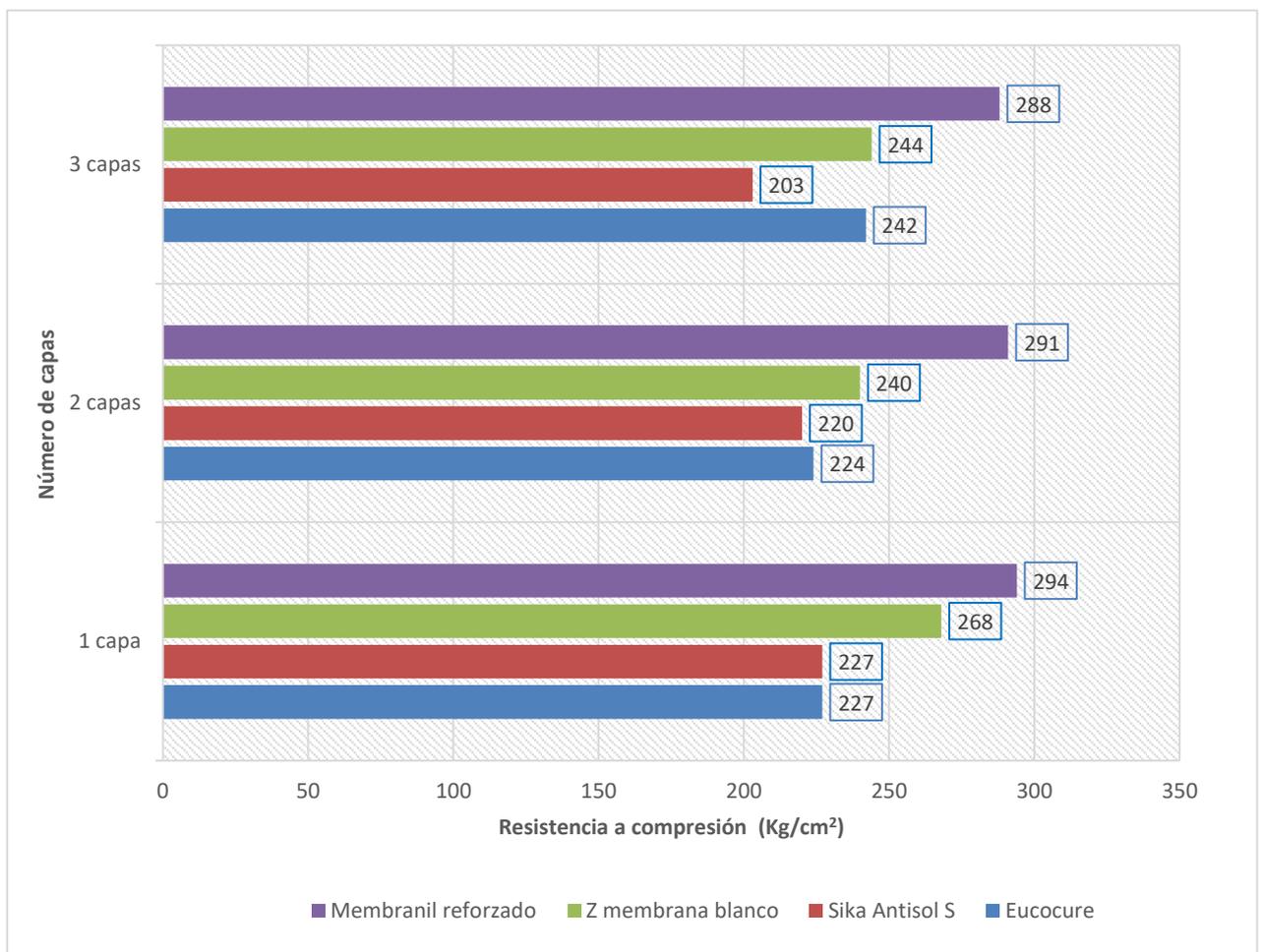


Figura 19: Resistencia a compresión vs nº capas de los curadores a 14 días.

En la figura 19 se puede observar los resultados de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas de concreto las cuales fueron ensayadas a los 14 días de curado a diferentes capas, afín de determinar la dosificación óptima para cada curador. De acuerdo a los valores obtenidos se presentarán de forma ascendente: el curador con la resistencia más baja es el de Sika Antisol S teniendo su valor más alto con 1 capa de curado, Eucocure viene ser el siguiente donde su mejor dosificación es al aplicarle 3 capas de curado, Z membrana blanco obtiene su mejor resistencia al aplicarle 1 capa de curado y finalmente el curador con mejor resistencia obtenida es el curador Membranil reforzado el cual es suficiente 1 sola capa de curado. En resumen, Sika Antisol S y Eucocure se mantiene su dosificación, en cambio Z membrana blanco y Membranil reforzado varia su dosificación conforme pasa el tiempo.

Tiempo de curado 28 días

Se analizarán y compararán los diferentes curadores utilizados para un solo tiempo de curado y diferentes tipos de capas, para determinar la dosificación optima de cada curador

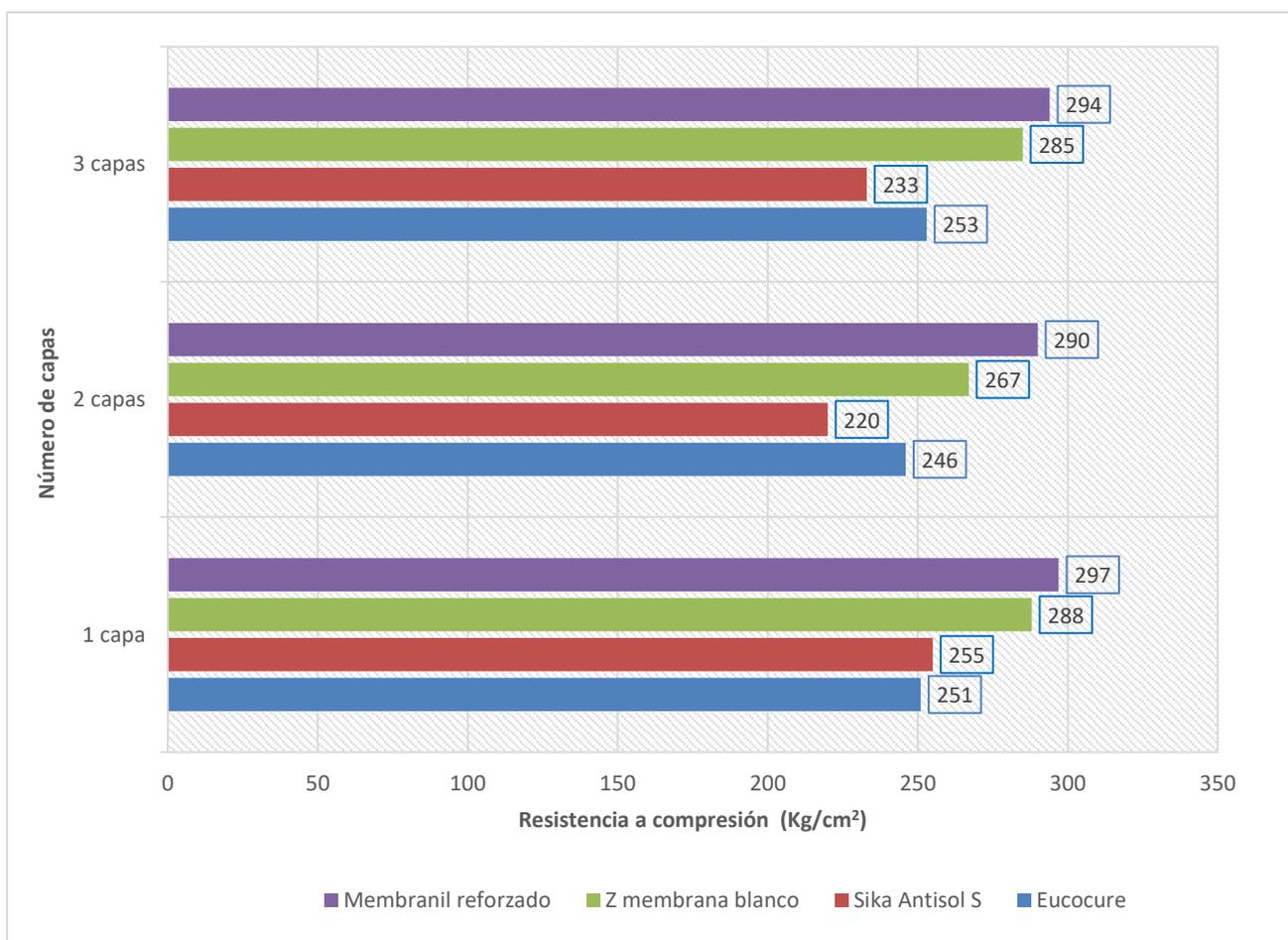


Figura 20: Resistencia a compresión vs nº capas de los curadores a 28 días.

En la figura 20 se puede observar los resultados de resistencia a compresión de las probetas cilíndricas de concreto las cuales fueron ensayadas a los 28 días de curado a diferentes capas, afín de determinar la dosificación óptima para cada curador. De acuerdo a los valores obtenidos se presentarán de forma ascendente: el curador con la resistencia más baja es el de Sika Antisol S teniendo su valor más alto con 1 capa de curado, Eucocure viene ser el siguiente donde su mejor dosificación es al aplicarle 3 capas de curado, Z membrana blanco obtiene su mejor resistencia al aplicarle 1 capa de curado y finalmente el curador con mejor resistencia obtenida es el curador Membranil reforzado el cual es suficiente 1 sola capa de curado. Concluyendo que la resistencia con mejores resultados al 100% lo tiene el curador Membranil reforzado con una dosificación de 1 capa de curado.

5.8. Evaluación económica

Se determinó el costo de poder curar la superficie del concreto con curador químico, curado tipo obra y sin ningún tipo de curado, para de esta manera obtener el costo en soles para un área de 283.20 m², dándonos los siguientes precios para cada curado.



Figura 21: Costo total del curado en (S/.) para una área.

En la figura 21 se observa los costos para curar 283.20 m² de superficie de concreto, donde se ha realizado un análisis de precio unitario para determinar el costo unitario por metro cuadrado de curado y hallar el costo final para un área. El costo de curar con Eucocure o Membranil reforzado es de S/. 308.69 siendo estos con mayor valor dentro de la categoría de curadores químicos, de forma descendente le sigue el curador Sika Antisol S con un valor de S/. 249.22 y el curador Z membrana blanco con un costo de S/. 164.26, así mismo se tiene el curado tipo obra el cual se consideró 7 días de curado, dando un valor de S/. 495.60, siendo este tipo de curado el más costoso y por último está el expuesto al medio ambiente, el cual no se le aplicó ningún tipo de curado.

Dando como conclusión que la mejor opción en cuanto a precios, Z membrana blanco de la marca Z aditivos es la más admisible y económica.

5.9. Resistencia a 28 días de curado

En esta sección se considera la resistencia al 100% del tiempo de curado al aplicarle una capa del curador, ya que como se vio en la discusión de resultados estos cumplen con el diseño de mezcla de 210 kg/cm² y es suficiente para satisfacer la resistencia requerida.

Tabla 58: Tabla resumen de la resistencia a 28 días de curado

Curado	Resistencia diseño 28 días (kg/cm ²)	Resistencia 28 días – 1 capa (kg/cm ²)	Parámetro de diseño
Curador químico	Euco cure	251	Cumple
	Sika Antisol S	255	Cumple
	Z membrana blanco	288	Cumple
	Membranil reforzado	297	Cumple
Medio ambiente		215	Cumple
Poza de curado		283	Cumple
Tipo obra		270	Cumple

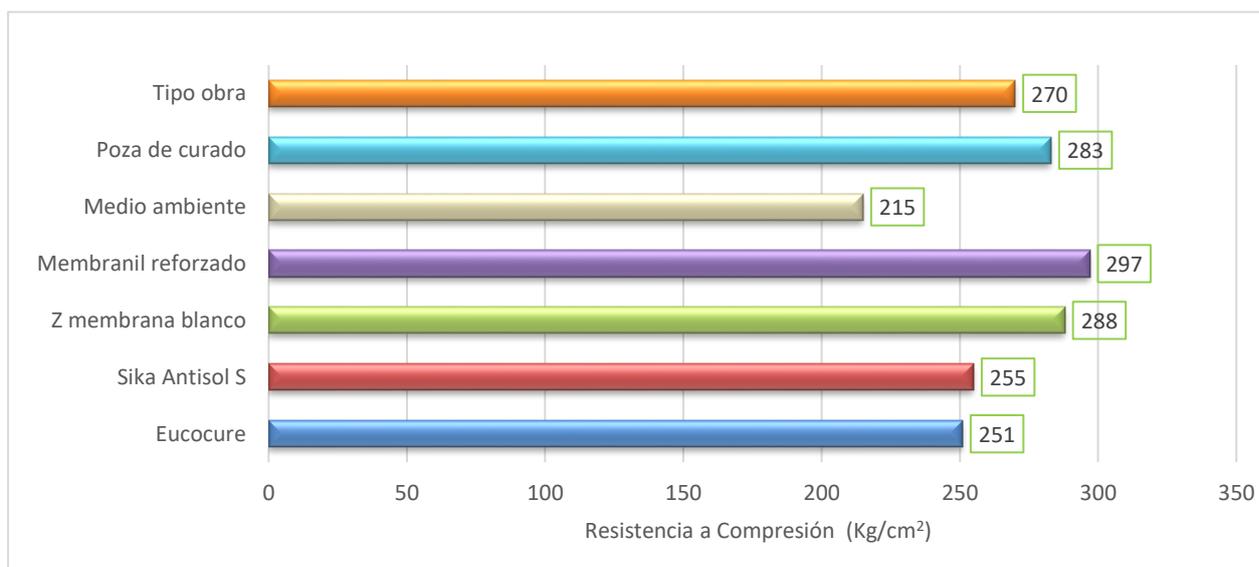


Figura 22: Resistencia a compresión vs curado a 28 días

Se nota claramente en los resultados de la tabla 58, que todos los tipos de curado utilizados en esta investigación cumplen con el diseño de mezcla de 210 kg/cm². Por un lado, los curadores químicos tienen a Membranil reforzado con un valor de resistencia de 297 kg/cm² y a Euco cure con una resistencia de 251 kg/cm². En cambio, con el curado tipo obra se obtuvo una resistencia de 270 kg/cm², el curado en poza llegó a tener una resistencia de 283 kg/cm² y por último el que fue expuesto al medio ambiente sin ningún tipo de curado consiguió una resistencia final de 215 kg/cm², confirmando de esta manera que todos cumplen con el diseño inicial de 210 kg/cm².

CONCLUSIONES

- Se elaboró la caracterización de los agregados gruesos y finos para determinar nuestro diseño de mezcla de concreto $f'c=210$ kg/cm², donde se utilizó agregados de la cantera Rubio Jaen y cemento Portland Pacasmayo tipo I basados en el método ACI 211, obteniendo una relación agua/cemento corregida de 0.59, en proporciones de 16% de cemento, 10% de agua, 41% de grava y 33% de arena gruesa.
- El mejor resultado del curador químico Eucocure es aplicándole 3 capas de curado a los 3, 7, 14 y 28 días, es decir conforme se le aplica más capas aumenta su resistencia.
- El mejor resultado del curador químico Sika Antisol S es de 1 capa para los 3, 7, 14 y 28 días de curado, conforme se le adiciona curador su resistencia baja.
- El mejor resultado del curador químico Z membrana blanco es de 1 capa para los 3, 7, 14 y 28 días de curado, conforme se le adiciona curador su resistencia baja.
- El mejor resultado del curador químico Membranil reforzado es de 2 capas para los 3 y 7 días de curado, luego 1 capa es suficiente para obtener mejores resistencias a 14 y 28 días, concluyendo de esta manera que la aplicación óptima de curado es de 1 capa, al tener valores confiables a los 28 días.
- La resistencia obtenida del concreto con el curado en poza que representa el 100% obtiene una resistencia a los 3 días de 185 kg/cm² en comparación de Eucocure con una resistencia de 162 kg/cm² con 3 capas de curado, Sika Antisol S con un valor de 150 kg/cm² con 1 sola capa, Z membrana blanco obtuvo una resistencia de 238 kg/cm² también con 1 sola capa de curado y por último Membranil reforzado una resistencia de 245 kg/cm² con 2 capas de curado, concluyendo que el curado en poza sobrepasa a Eucocure y Sika Antisol S; y es superado por Z membrana blanco y Membranil reforzado.
- Para una resistencia de 7 días el curado en poza obtuvo una resistencia de 237 kg/cm², Eucocure tuvo una resistencia de 222 kg/cm² con 3 capas de curado, Sika Antisol S con un valor de 197 kg/cm² con 1 sola capa, Z membrana blanco obtuvo una resistencia de 243 kg/cm² también con 1 sola capa de curado y por último Membranil reforzado una resistencia de 269 kg/cm² con 2 capas de curado, concluyendo que el curado en poza sobrepasa a Eucocure y Sika Antisol S; y es superado luego por Z membrana blanco y Membranil reforzado.

- Para una resistencia de 14 días el curado en poza obtuvo una resistencia de 259 kg/cm², Eucocure tuvo una resistencia de 242 kg/cm² con 3 capas de curado, Sika Antisol S con un valor de 227 kg/cm² con 1 sola capa, Z membrana blanco obtuvo una resistencia de 268 kg/cm² también con 1 sola capa de curado y por último Membranil reforzado una resistencia de 294 kg/cm² con 1 capa de curado, concluyendo que el curado en poza sobrepasa a Eucocure y Sika Antisol S; y es superado luego por Z membrana blanco y Membranil reforzado.
- Para una resistencia de 28 días el curado en poza obtuvo una resistencia de 283 kg/cm², Eucocure tuvo una resistencia de 253 kg/cm² con 3 capas de curado, Sika Antisol S con un valor de 255 kg/cm² con 1 sola capa, Z membrana blanco obtuvo una resistencia de 288 kg/cm² también con 1 sola capa de curado y por último Membranil reforzado una resistencia de 297 kg/cm² con 1 capa de curado, concluyendo que el curado en poza sobrepasa a Eucocure y Sika Antisol S; y es superado luego por Z membrana blanco y Membranil reforzado.
- La resistencia obtenida al exponer el concreto al medio ambiente sin ningún tipo de curado, es mucho menor a cualquier método de curado y tiempo de curado utilizado en la investigación.
- La resistencia que obtuvo a los 28 días, el curado tipo obra con 270 kg/cm² es similar al de curado en poza con 283 kg/cm², ya que tiene la tendencia de sobrepasar en todos los tiempos de curado a los curadores químicos Eucocure y Sika Antisol S; y es superado de igual manera por Z membrana blanco y Membranil reforzado.
- Se determinó que el curador que obtuvo la resistencia más favorable fue el curador Chema Membranil reforzado con una dosificación en capas de 1, de acuerdo a la resistencia final obtenida a los 28 días de curado, cabe resaltar que supera en todo momento al curado por inmersión continua en agua o poza de agua + cal.
- Para la evaluación económica se tomó en cuenta el curador Z membrana blanco por ser la mejor opción en cuanto a costos para curar la superficie del concreto, además los resultados de resistencia a 28 días cumplen con el diseño realizado.
- De acuerdo al método de análisis de varianza (ANOVA) para determinar la contrastación de la hipótesis, se obtuvo que el Fexperimental es mayor que el Fteórico corroborando como verdadera la hipótesis planteada.

RECOMENDACIONES

- Determinar la influencia de los curadores químicos con otras marcas del mercado en la superficie del concreto mediante el ensayo a compresión.
- Diagnosticar el comportamiento del curado en la superficie del concreto en otras estaciones del año.
- Evaluar la resistencia a compresión obtenida del concreto con curadores químicos a edades de curado de 56 y 90 días.
- Medir el impacto de los curadores químicos en estructuras que son sometidas a flexión.
- Identificar la mejora de la resistencia a compresión del concreto con aplicación de curadores químicos expuestos a un ambiente ideal de laboratorio en el tiempo de curado.
- Realizar una investigación utilizando otros tipos de cemento como el tipo Ico y Ms, y ver el comportamiento de los curadores.
- Ver la influencia de los curadores de concreto para diferentes $f'c$ de diseño.

REFERENCIAS

- Asociación de productores de cemento. (2015). La sostenibilidad de concreto como beneficio para la sociedad. Obtenido de <http://www.asocem.org.pe/productos-b/la-sostenibilidad-de-concreto-como-beneficio-para-la-sociedad>. Consultado el 10 de septiembre del 2018.
- Banco central de reserva. (2018). Gestión - Grupo El Comercio. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/sector-construccion-repunta-5-1-primer-trimestre-avance-inversion-publica-234052>. Consultado el 10 de septiembre del 2018.
- Cemex Mexico. (2015). Manual del constructor Cemex. Obtenido de <https://www.cemexmexico.com/documents/27057941/45587277/aplicaciones-manual-construccion-general.pdf/772d227d-d168-efc4-a2e3-86ba78c80cb4>. Consultado el 13 de septiembre del 2018.
- Clarín. (2016). Problemas en el concreto por el paso del tiempo. Obtenido de https://www.clarin.com/arq/construccion/Problemas-hormigon-paso-tiempo_0_NJ6e4-pCg.html. Consultado el 14 de septiembre del 2018.
- Construcción. (2018). Cemento Portland usos y tipos. Obtenido de <http://canalconstruccion.com/cemento-portland-usos-y-tipos.html>. Consultado el 14 de septiembre del 2018.
- Contreras, S.; Velazco, C. (2018). Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la Ciudad de Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5522>. Consultado el 15 de septiembre del 2018.
- C-tres Mexico. (s.f.). Beneficios de nuestros curadores base acrílica. Obtenido de <http://www.ctres.mx/blog/beneficios-de-nuestros-curadores-base-acrilica>. Consultado el 16 de septiembre del 2018.
- Duran, J. (2018). Estudio de las propiedades del concreto $f'c=210$ kg/cm² aplicado a condiciones simuladas de curado en obra, en la ciudad de Arequipa, con Cemento Portland tipo IP. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6120>. Consultado el 20 de septiembre del 2018.
- El Comercio. (2018). Sector construcción habría mantenido crecimiento en marzo. Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/sector-construccion-habria-mantenido-crecimiento-marzo-noticia-516822>. Consultado el 21 de septiembre del 2018.
- En Obra. (2017). Panorama mundial de la construcción en el 2017. Obtenido de <https://en-obra.com/noticias/panorama-mundial-de-la-construccion-para-el-2017/>. Consultado el 21 de septiembre del 2018.
- Enciso, H.; Mujica, A. & Trujillo, K. (2017). Evaluación de la variación y desarrollo de la resistencia a compresión del concreto de calidad $f'c= 210$ kg/cm² curado con Aloe vera con respecto a

- curados usuales, usando agregados de las canteras de Vicho y Cunyac. Obtenido de <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/988>. Consultado el 24 de septiembre del 2018.
- Fletes, O. (2013). La importancia del concreto como material de construcción. Obtenido de http://www.academia.edu/7037474/La_importancia_del_concreto_como_material_de_construccion. Consultado el 25 de septiembre del 2018.
- García, L. (2012). Construcción con concreto. Obtenido de <http://www.arqhys.com/contenidos/concreto-construccion.html>. Consultado el 25 de septiembre del 2018.
- Gestión. (2018). Sector construcción crecería más de 3% en el 2018 por mayor inversión minera y obra pública. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/sector-construccion-creceria-mas-3-2018-mayor-inversion-minera-y-obra-publica-230620>. Consultado el 26 de septiembre del 2018.
- Humaní, E. (2016). Ensayo de peso unitario de agregados, peso específico y absorción. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/327145882/ENSAYO-DE-PESO-UNITARIO-DE-AGREGADOS-PESO-ESPECIFICO-Y-ABSORCION>. Consultado el 27 de septiembre del 2018.
- Hueso, A., & Cascant, J. (2012). Metodología y técnicas cuantitativas de investigación. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17004/Metodolog%C3%ADa%20y%20t%C3%A9cnicas%20cuantitativas%20de%20investigaci%C3%B3n_6060.pdf?sequence. Consultado el 26 de septiembre del 2018.
- Lam, M. (2005). Estudio de la variabilidad de la resistencia del concreto aplicando curador químico de uso externo y utilizando cemento portland tipo I. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2007>. Consultado el 30 de septiembre del 2018.
- Londoño, C. (2016). El curado. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/wp-content/uploads/2016/02/WEB-El-curado.pdf>. Consultado el 1 de Octubre del 2018.
- López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de http://bdigital.unal.edu.co/6167/5/9589322824_Parte1.pdf. Consultado el 1 de octubre del 2018.
- Manuel, F. (2013). Hormigon. Madrid: Garceta Grupo Editorial.
- Medina, L.; Quispe, N. (2017). Protección óptima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2832>. Consultado el 1 de octubre del 2018.
- Olomó, P. (2000). El concreto armado en las estructuras. México: Editorial Trillas, S.A.
- Pacasmayo. (2016). Concreto estándar. Obtenido de https://www.pacasmayoprofesional.com/aplicaciones/pprofesional/Pacasmayo.nsf/xsp_detalle.xsp?numeproduc=6%0D%0A#. Consultado el 2 de octubre del 2018.

- Pérez, M. (s.f.). Concreto: Material de Construcción del siglo XXI. Obtenido de <http://www.imcyc.com/cyt/junio04/siglo.htm>. Consultado el 3 de octubre del 2018.
- Polanco, A. (2012). Manual Laboratorio Mecánica de Suelos. Obtenido de http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_DE_LAB_MEC_DE_SUELOS_I.pdf. Consultado el 4 de octubre del 2018.
- Ramos, P. (2000). Influencia de un curador de aplicación externa sobre las propiedades del concreto de mediana a baja resistencia con cemento Portland tipo I. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4289>. Consultado el 4 de octubre del 2018.
- Sánchez, A. (2017). Gestión - Grupo El Comercio. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/inei-construccion-sigue-racha-positiva-logra-crecimiento-alto-agosto-219826>. Consultado el 5 de octubre del 2018.
- Superintendencia nacional de servicios de saneamiento. (2017). La calidad de agua potable en el Perú. Obtenido de http://www.sunass.gob.pe/Publicaciones/agua_potable.pdf. Consultado el 6 de octubre del 2018.
- Sika Colombia. (s.f.). Sika informaciones técnicas: Curado del concreto. Obtenido de https://ury.sika.com/dms/getdocument.get/cf277e57-5c4b-3d39-bad3-8b323a019b0e/SikaColombia-Curado_del_Concreto.pdf. Consultado el 6 de octubre del 2018.
- The Euclid Chemical Company. (2017). Cure seal guide. Obtenido de https://www.euclidchemical.com/fileshare/WhatsNew/Cure_Seal_Guide_Spanish.pdf. Consultado el 6 de octubre del 2018.
- Toledo, M. (2013). Peso específico y absorción del agregado fino. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/151512704/Peso-Especifico-y-Absorcion-del-Agregado-Fino>. Consultado el 6 de Octubre del 2018.

APÉNDICE

APÉNDICE 1: Verificación de la contrastación de hipótesis

En estado endurecido:

Los resultados obtenidos al ensayar el concreto en estado endurecido se analizarán para rechazar o corroborar la hipótesis planteada mediante un análisis de varianza.

Además, se trabaja con un valor de confiabilidad del 95 %, un intervalo de confianza que nos permiten aproximar, una vez calculado el valor de la variable en la muestra, entre qué rango de valores se encuentra el valor de la variable en la población, con un grado de incertidumbre que podemos determinar.

Datos Previos.

H_1 : Hipótesis alterna

H_0 : Hipótesis nula

Hipótesis

H_1 : Existe relación significativa entre los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto incrementando progresivamente la resistencia a compresión, Trujillo 2018.

H_0 : No existe relación significativa entre los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto incrementando progresivamente la resistencia a compresión, Trujillo 2018.

Grados de libertad (G.L.)

Donde:

a = número de niveles de la variable (A).

b = número de niveles de la variable (B).

c = número de niveles de la variable (C).

n = número de réplicas.

G.L. de las variables independientes

- Curadores (A)

$$G.L. = a - 1 = 4 - 1 = 3$$

- Tiempo de curado (B)

$$G.L. = b - 1 = 4 - 1 = 3$$

- Número de capas (C)
G.L. = $c - 1 = 3 - 1 = 2$
- G.L. de las variables conjugadas (A x B)
G.L. = $(a - 1) \times (b - 1) = (4 - 1) \times (4 - 1) = 9$
- G.L. de las variables conjugadas (A x C)
G.L. = $(a - 1) \times (c - 1) = (4 - 1) \times (3 - 1) = 6$
- G.L. de las variables conjugadas (B x C)
G.L. = $(b - 1) \times (c - 1) = (4 - 1) \times (3 - 1) = 6$
- G.L. de las variables conjugadas (A x B x C)
G.L. = $(a - 1) \times (b - 1) \times (c - 1) = (4 - 1) \times (4 - 1) \times (3 - 1) = 18$
- G.L. del error
G.L. = $a \times b \times c (n - 1) = 4 \times 4 \times 3 \times (3 - 1) = 96$

Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95 % como nivel de confianza ($\alpha = 0.05$), debido a que es un nivel de confianza habitual en investigaciones experimentales, y es un compromiso entre formular premisas con la probabilidad de acertar.

Criterio de rechazo

La hipótesis alterna (H_1) se acepta si $F_0 > F_{\alpha, v_1, v_2}$, donde:

- F_0 se obtiene experimentalmente.
- F_{α, v_1, v_2} , se obtiene mediante tablas estadísticas.

Asimismo, $v_1 = a - 1$ y $v_2 = a (n - 1)$, donde "a" es el número de niveles y "n" el número de réplicas.

Resistencia a la compresión

Se realizó los cálculos correspondientes del análisis F de Fisher para la verificación de la contrastación de hipótesis para los días evaluados a compresión.

Tabla 59: Análisis ANOVA para la resistencia a compresión

Origen de las variaciones	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F Experimental	F Teórico
Curadores	3	124706,51	41568,84	1352,71	2.71
Tiempo de curado	3	149445,52	49815,17	1621,06	2.71
Número de capas	2	7527,37	3763,69	122,48	3.10
Interacción AxB	9	10108,86	1123,21	36,55	1.99
Interacción AxC	6	10855,51	1809,25	58,88	2.20
Interacción BxC	6	1906,84	317,81	10,34	2.20
Interacción AxBxC	18	4831,87	268,44	8,74	1,74
Error	96	2949,75	30,73	--	--
Total	143	312332,23	--	--	--

APÉNDICE 2: Caracterización de agregados

Ensayo granulométrico

Tabla 60: Ensayo de granulometría del agregado fino

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Muestra 1				Muestra 2				Muestra 3			
		Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Pasa (%)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Pasa (%)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Pasa (%)
1"	25.40	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
3/4"	19.00	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1/2"	12.50	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
3/8"	9.50	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
Nº4	4.75	34	3	3	97	36	4	4	96	38	4	4	96
Nº8	2.36	111	11	15	85	113	11	15	85	114	11	15	85
Nº16	1.18	132	13	28	72	129	13	28	72	127	13	28	72
Nº30	0.60	189	19	47	53	185	19	46	54	182	18	46	54
Nº50	0.30	292	29	76	24	291	29	75	25	292	29	75	25
Nº100	0.15	213	21	97	3	213	21	97	3	216	22	97	3
Nº200	0.08	21	2	99	1	24	2	99	1	24	2	99	1
Fondo	0	8	1	100	0	9	1	100	0	8	1	100	0
Sumatoria		1000	100,00			1000	100			1001	100		

Tabla 61: Ensayo de granulometría del agregado grueso

N° Tamiz	Abertura (mm)	Muestra 1				Muestra 2				Muestra 3			
		Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Pasa (%)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Pasa (%)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	Peso retenido acumulado (%)	Pasa (%)
1"	25.00	0	0	0	100	0	0	0	100	1	0	0	100
3/4"	19.00	4	0	0	100	2	0	0	100	5	0	0	100
1/2"	12.50	88	9	9	91	69	7	7	93	76	8	8	92
3/8"	9.50	397	40	49	51	412	41	48	52	402	40	48	52
N°4	4.75	405	41	89	11	399	40	88	12	406	41	89	11
N°8	2.36	105	11	100	0	119	12	100	0	111	11	100	0
N°16	1.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N°30	0.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N°50	0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N°100	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N°200	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fondo	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0
Sumatoria		1000	100	0	0	1000	100	0	0	1000	100	0	0

Tabla 62: Medidas estadísticas para granulometría del agregado fino

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Promedio de porcentaje que pasa (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Desviación estándar (%) ASTM C136	Rango para tres valores (%) ASTM C136	Límite superior ASTM C136 (%)	Límite inferior ASTM C136 (%)
1/2"	12.50	100	0.0	0.0	0.0	0	100	100
3/8"	9.50	100	0.0	0.0	0.0	0	100	100
Nº4	4.75	96	0.3	0.6	0.3	1.6	100	95
Nº8	2.36	85	0.0	0.0	0.6	1.6	100	80
Nº16	1.18	72	0.0	0.0	0.6	1.6	85	50
Nº30	0.60	54	0.3	0.6	0.8	2.4	60	25
Nº50	0.30	25	0.3	0.6	0.8	2.4	30	5
Nº100	0.15	3	0.0	0.0	0.4	1.0	10	0
Nº200	0.08	1	0.0	0.0	0.4	1.1	5	0

Tabla 63: Medidas estadísticas para granulometría del agregado grueso

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Promedio de porcentaje que pasa (%)	Varianza (%)	Desviación estándar (%)	Desviación estándar (%) ASTM C136	Rango para tres valores (%) ASTM C136	Límite superior ASTM C136 (%)	Límite inferior ASTM C136(%)
1"	25.00	100	0.0	0.0	0.0	0.0	100	100
3/4"	19.05	100	0.04	0.21	0.3	0.9	100	100
1/2"	12.50	92	1.20	1.10	2.4	6.4	100	90
3/8"	9.50	52	0.29	0.54	1.3	3.7	70	40
Nº4	4.75	11	0.55	0.74	0.8	2.1	15	0
Nº8	2.36	0	0.00	0.02	0.0	0.0	5	0

Peso unitario suelto y compactado

Tabla 64: Volumen del molde para peso unitario suelto y compactado de los agregados

Material	Código	Peso del molde (kg)	Peso molde + agua (kg)	Peso del agua (kg)	Densidad del agua (kg/m ³)	Volumen del molde (m ³)
Volumen de agua	V1	0,988	8.284	7.296	997.06	0.00732
	V2		8.283	7.295		0.00732
	V3		8.281	7.293		0.00731
Promedio						0,007

Tabla 65: Peso unitario suelto y compactado de los agregados

Material	Código	Peso molde (kg)	Peso molde+ muestra suelta (kg)	Peso molde + muestra compactada (kg)	Peso de la muestra suelta (kg)	Peso de la muestra compactada (kg)	Volumen del molde (m ³)	Peso unitario suelto (kg/m ³)	Peso unitario compactado (kg/m ³)
Agregado grueso	AG1	0.988	11.648	12.984	10.660	11.996	0.007	1457	1640
	AG2		11.634	12.959	10.646	11.971		1455	1636
	AG3		11.689	12.966	10.701	11.978		1463	1637
Promedio								1460	1640
Agregado fino	AF1	0.988	13.346	14.921	12.358	13.933	0.007	1689	1904
	AF2		13.372	14.905	12.384	13.917		1693	1902
	AF3		13.391	14.911	12.403	13.923		1695	1903
Promedio								1690	1900

Tabla 66: Medidas estadísticas para peso unitario suelto y compactado de los agregados

Ensayos	Agregado	Peso unitario promedio (kg/m ³)	Varianza (kg/m ³)	Desviación estándar (kg/m ³)	Desviación estándar (kg/m ³) ASTM C29	Rango para tres valores (kg/m ³) ASTM C29
Peso unitario suelto	Agregado fino	1690	18.0	4	14	40
	Agregado grueso	1460	19.7	4		
Peso unitario compactado	Agregado fino	1900	16.9	4		
	Agregado grueso	1640	11.0	3		

Peso Específico

Tabla 67: Peso específico y absorción de lo agregado grueso

Material	Código	Peso muestra seca al horno (g) A	Peso muestra (S.S.S.) (g) B	Peso muestra sumergida en agua (g) C	Densidad seca (g/cm ³)	Densidad (S.S.S.) (g/cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	Absorción (%)
Agregado grueso	AG1	492.87	500.11	321	2.75	2.79	2.87	1.5
	AG2	491.33	500.10	327	2.84	2.89	2.99	1.8
	AG3	492.15	500.00	328	2.86	2.91	3.00	1.6
Promedio					2.82	2.86	2.95	1.6

Tabla 68: Medidas estadísticas del peso específico y absorción de lo agregado grueso

Ensayos	Resultados promedio (kg/m ³)	Varianza (kg/m ³)	Desviación estándar (kg/m ³)	Desviación estándar (kg/m ³) ASTM C127	Rango para tres valores (kg/m ³) ASTM C127
Densidad (S) (kg/m ³)	2820	3	2	9	25
Densidad (S.S.S) (kg/m ³)	2860	4	2	7	20
Densidad Aparente (kg/m ³)	2950	4	2	7	20
Absorción (%)	1.6	0.03	0.16	-	-

Tabla 69: Peso específico y absorción de lo agregado fino

Material	Código	Peso muestra seca al horno (g) A	Peso fiola (g) M	Peso fiola + agua (g) B	Peso fiola + muestra (S.S.S.) (g) N	Peso fiola + agua + muestra (S.S.S.) (g) C	Peso de la muestra (S.S.S.) (g) S=N-M	Densidad seca (g/cm ³)	Densidad (S.S.S.) (g/cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	Absorción (%)
Agregado fino	AF1	476.30	154.94	654.21	633.63	955.29	478.69	2.68	2.70	2.72	0.5
	AF2	462.97	170.08	666.98	635.45	962.49	465.37	2.73	2.74	2.76	0.5
	AF3	474.93	163.61	661.10	640.52	961.80	476.91	2.70	2.71	2.73	0.4
Promedio								2.70	2.71	2.74	0.5

Tabla 70: Medidas estadísticas del peso específico y absorción de lo agregado fino

Ensayos	Resultados promedio (kg/m ³)	Varianza (kg/m ³)	Desviación estándar (kg/m ³)	Desviación estándar (kg/m ³) ASTM C128	Rango para tres valores (kg/m ³) ASTM C128
Densidad (S) (kg/m ³)	2700	1	1	11	13
Densidad (S.S.S) (kg/m ³)	2710	1	1	9.5	27
Densidad Aparente (kg/m ³)	2740	1	1	9.5	27
Absorción (%)	0.5	0.00	0.05	0.11	0.31

Contenido de humedad

Tabla 71: Contenido de humedad de los agregados

Muestra	Código	Peso tara (g)	Peso tara + muestra natural (g)	Peso tara + muestra seca (g)	Peso muestra natural (g) P_h	Peso muestra seca (g) P_s	Humedad (%) W
Agregado Fino	AF1	45.18	211.25	210.42	166.07	165.24	0.50
	AF2	41.56	207.13	206.22	165.57	164.66	0.55
	AF3	42.76	209.00	208.14	166.24	165.38	0.52
Promedio							0.52
Agregado grueso	AG1	28.81	134.17	133.67	105.36	104.86	0.48
	AG2	28.40	138.95	138.41	110.55	110.01	0.49
	AG3	27.89	135.43	134.90	107.54	107.01	0.50
Promedio							0.49

Tabla 72: Medidas estadísticas del contenido de humedad de los agregados

Agregado	Contenido de humedad promedio (%)	Varianza (%)	Desviación Estándar (%)	Desviación estándar (%) ASTM C566	Rango aceptable para tres resultados (%) ASTM C566
Agregado Fino	0.52	0.65	0.81	0.28	0.92
Agregado Grueso	0.49	0.09	0.30		

APENDICE 3: Resultados del ensayo en estado endurecido

Ensayo a compresión

Tabla 73: Resistencia a compresión del curador Eucocure

Nº	Codificación	Días de curado	Fuerza (kN)	Resistencia (N/mm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	Curador Eucocure - 1 capa	3	121,60	15,48	157,74	159
2			121,80	15,51	158,05	
3			124,80	15,89	161,92	
1	Curador Eucocure - 2 capas	3	110,80	14,11	143,78	151
2			116,60	14,85	151,32	
3			122,20	15,56	158,56	
1	Curador Eucocure - 3 capas	3	125,30	15,95	162,53	162
2			125,90	16,03	163,35	
3			123,90	15,78	160,80	
1	Curador Eucocure - 1 capa	7	162,30	20,66	210,53	210
2			158,10	20,13	205,12	
3			164,80	20,98	213,79	
1	Curador Eucocure - 2 capas	7	160,70	20,46	208,49	206
2			157,00	19,99	203,70	
3			158,90	20,23	206,14	

Nº	Codificación	Días de curado	Fuerza (kN)	Resistencia (N/mm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	Curador Eucocure - 3 capas	7	173,50	22,09	225,10	222
2			170,20	21,67	220,82	
3			168,50	21,45	218,58	
1	Curador Eucocure - 1 capa	14	173,50	22,09	225,10	226
2			169,90	21,63	220,41	
3			179,31	22,83	232,64	
1	Curador Eucocure - 2 capas	14	167,70	21,35	217,56	221
2			165,20	21,03	214,30	
3			178,80	22,77	232,03	
1	Curador Eucocure - 3 capas	14	178,40	22,71	231,41	239
2			185,80	23,66	241,10	
3			189,20	24,09	245,48	
1	Curador Eucocure - 1 capa	28	193,10	24,59	250,57	251
2			189,30	24,10	245,58	
3			196,80	25,06	255,36	
1	Curador Eucocure - 2 capas	28	185,80	23,66	241,10	249
2			193,90	24,69	251,59	
3			195,80	24,93	254,04	
1	Curador Eucocure - 3 capas	28	188,20	23,96	244,15	253
2			200,30	25,50	259,85	
3			197,30	25,12	255,97	

Tabla 74: Resistencia a compresión del curador Sika Antisol S

Nº	Codificación	Días de curado	Fuerza (kN)	Resistencia (N/mm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	Curador Sika Antisol S- 1 capa	3	118,00	15,02	153,05	150
2			114,20	14,54	148,16	
3			115,20	14,67	149,49	
1	Curador Sika Antisol S- 2 capas	3	92,40	11,76	119,83	122
2			94,50	12,03	122,59	
3			94,50	12,03	122,59	
1	Curador Sika Antisol S- 3 capas	3	84,00	10,70	109,03	118
2			93,10	11,85	120,75	
3			94,70	12,06	122,89	
1	Curador Sika Antisol S- 1 capa	7	155,30	19,77	201,46	197
2			149,10	18,98	193,41	
3			150,30	19,14	195,04	
1	Curador Sika Antisol S- 2 capas	7	142,90	18,19	185,36	181
2			138,20	17,60	179,34	
3			137,80	17,55	178,83	
1	Curador Sika Antisol S- 3 capas	7	123,60	15,74	160,39	163
2			125,30	15,95	162,53	
3			128,20	16,32	166,30	

Nº	Codificación	Días de curado	Fuerza (kN)	Resistencia (N/mm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	Curador Sika Antisol S- 1 capa	14	166,70	21,22	216,23	227
2			175,90	22,40	228,26	
3			181,60	23,12	235,59	
1	Curador Sika Antisol S- 2 capas	14	166,70	21,22	216,23	217
2			170,80	21,75	221,63	
3			163,50	20,82	212,16	
1	Curador Sika Antisol S- 3 capas	14	155,50	19,80	201,76	203
2			154,40	19,66	200,34	
3			158,80	20,22	206,04	
1	Curador Sika Antisol S- 1 capa	28	191,70	24,41	248,74	255
2			202,60	25,8	262,90	
3			196,10	24,97	254,44	
1	Curador Sika Antisol S- 2 capas	28	168,20	21,42	218,27	220
2			169,60	21,59	220,00	
3			171,50	21,84	222,55	
1	Curador Sika Antisol S- 3 capas	28	174,30	22,19	226,12	233
2			188,10	23,95	244,05	
3			176,20	22,43	228,56	

Tabla 75: Resistencia a compresión del curador Z membrana blanco

Nº	Codificación	Días de curado	Fuerza (kN)	Resistencia (N/mm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	Curador Z membrana blanco - 1 capa	3	182,60	23,25	236,92	240
2			187,20	23,84	242,93	
3			184,50	23,49	239,36	
1	Curador Z membrana blanco - 2 capas	3	123,69	15,75	160,49	162
2			128,60	16,37	166,81	
3			122,00	15,53	158,25	
1	Curador Z membrana blanco - 3 capas	3	131,41	16,73	170,48	166
2			127,90	16,28	165,89	
3			124,20	15,81	161,10	
1	Curador Z membrana blanco - 1 capa	7	187,30	23,85	243,03	243
2			185,70	23,64	240,89	
3			189,80	24,17	246,29	
1	Curador Z membrana blanco - 2 capas	7	153,50	19,54	199,11	205
2			159,90	20,36	207,47	
3			161,70	20,59	209,81	
1	Curador Z membrana blanco - 3 capas	7	166,79	21,24	216,44	221
2			168,00	21,39	217,96	
3			175,10	22,29	227,14	

Nº	Codificación	Días de curado	Fuerza (kN)	Resistencia (N/mm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	Curador Z membrana blanco - 1 capa	14	202,40	25,77	262,60	268
2			210,10	26,75	272,58	
3			206,90	26,34	268,40	
1	Curador Z membrana blanco - 2 capas	14	186,30	23,72	241,71	240
2			183,70	23,39	238,34	
3			185,20	23,58	240,28	
1	Curador Z membrana blanco - 3 capas	14	187,60	23,89	243,44	244
2			183,40	23,35	237,94	
3			193,60	24,65	251,18	
1	Curador Z membrana blanco - 1 capa	28	225,52	28,71	292,55	292
2			219,40	27,93	284,61	
3			231,20	29,44	299,99	
1	Curador Z membrana blanco - 2 capas	28	204,78	26,07	265,65	263
2			196,80	25,06	255,36	
3			207,40	26,41	269,12	
1	Curador Z membrana blanco - 3 capas	28	214,58	27,32	278,39	285
2			218,70	27,85	283,79	
3			225,50	28,71	292,55	

Tabla 76: Resistencia a compresión del curador Membranil reforzado

Nº	Codificación	Días de curado	Fuerza (kN)	Resistencia (N/mm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	Curador Membranil reforzado - 1 capa	3	182,34	23,22	236,61	240
2			187,69	23,90	243,54	
3			184,21	23,45	238,96	
1	Curador Membranil reforzado - 2 capas	3	187,23	23,84	242,93	245
2			189,68	24,15	246,09	
3			190,65	24,27	247,31	
1	Curador Membranil reforzado - 3 capas	3	185,67	23,64	240,89	242
2			184,78	23,53	239,77	
3			187,98	23,93	243,85	
1	Curador Membranil reforzado - 1 capa	7	186,00	23,68	241,30	246
2			192,90	24,56	250,27	
3			190,50	24,26	247,21	
1	Curador Membranil reforzado - 2 capas	7	214,90	27,36	278,80	269
2			203,73	25,94	264,33	
3			203,00	25,85	263,41	
1	Curador Membranil reforzado - 3 capas	7	188,90	24,05	245,07	248
2			191,00	24,32	247,82	
3			193,78	24,67	251,39	

Nº	Codificación	Días de curado	Fuerza (kN)	Resistencia (N/mm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	Curador Membranil reforzado - 1 capa	14	232,80	29,64	302,03	294
2			225,70	28,74	292,86	
3			220,60	28,09	286,24	
1	Curador Membranil reforzado - 2 capas	14	220,30	28,05	285,83	286
2			221,40	28,19	287,26	
3			219,30	27,92	284,50	
1	Curador Membranil reforzado - 3 capas	14	225,40	28,70	292,45	288
2			214,60	27,32	278,39	
3			226,50	28,84	293,88	
1	Curador Membranil reforzado - 1 capa	28	231,67	29,50	300,61	297
2			227,81	29,01	295,61	
3			228,12	29,05	296,02	
1	Curador Membranil reforzado - 2 capas	28	225,78	28,75	292,96	290
2			224,43	28,58	291,23	
3			219,45	27,94	284,71	
1	Curador Membranil reforzado - 3 capas	28	226,75	28,87	294,19	294
2			230,23	29,31	298,67	
3			221,89	28,25	287,87	

ANEXOS

ANEXO 1: Panel fotográfico



Figura 23: Análisis granulométrico de los agregados.



Figura 24: Peso específico y absorción de los agregados.



Figura 25: Peso unitario suelto y compactado de los agregados.



Figura 26: Contenido de humedad de los agregados.



Figura 27: Evaluación química de los agregados y agua con el multiparámetro.



Figura 28: Ensayo de Slump o consistencia.



Figura 29: Probetas en poza de curado agua + cal.



Figura 30: Curado de probetas con aspersor manual.



Figura 31: Exposición de probetas al medio ambiente



Figura 32: Ensayo de resistencia a compresión.



Figura 33: Curador Membranil reforzado marca Chema.



Figura 34: Curador Sika Antisol S marca Sika.



Figura 35: Curador Z membrana blanco de la marca Z Aditivos.

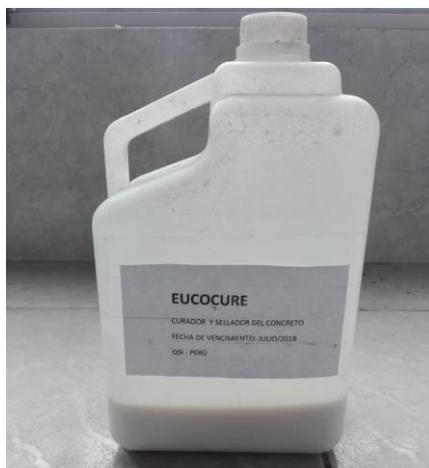


Figura 36: Curador Eucocure de la marca Química Suiza.

ANEXO 3: Solicitud del curador Euco cure a la empresa Química Suiza

Solicitud de Curador

09 de Marzo del 2018
Bachiller en Ingeniería Civil – José Alberto Horna Barriga
Mz w Lt 42 San Isidro – Trujillo – La Libertad

Quien dirige esta solicitud es JOSE ALBERTO HORNA BARRIGA, con el documento de identidad: 46977452, con el debido respeto que merece su persona Ing. José Calderón Flores, expongo que deseo realizar un pedido colaborativo para los productos de curadores de concreto a fecha 09 de marzo del presente año por motivo de estar realizando mi proyecto de tesis, teniendo en consideración que en dicha investigación se hará mención de los productos Euco, de la marca Química Suiza y la eficiencia que estos puedan dar a mis resultados esperados.

Adjunto el nombre como apoyo a la presente solicitud detallando todos los productos y sus referencias:

✓ EUCOCURE

Compuesto acrílico curador y sellador de concreto

Debido a lo expuesto le pido que estudie mi solicitud para considerar su aprobación si lo considerara oportuno.

De antemano le agradezco su atención y consideración hacia mi solicitud.

Atentamente,

José Alberto Horna Barriga
Bachiller en Ingeniería Civil

ANEXO 4: Ficha técnica del curador Eucocure

AUXILIARES PARA CONCRETO – CURADORES QUÍMICOS



una empresa 



EUCOCURE

COMPUESTO ACRÍLICO CURADOR Y SELLADOR DE CONCRETO

DESCRIPCIÓN

EUCOCURE es un compuesto acrílico que forma una membrana elástica recomendada en el curado del concreto fresco y el sellado del concreto endurecido. La membrana sella la superficie de concreto evitando la evaporación de agua del elemento permitiendo el desarrollo adecuado de resistencias en el elemento. EUCOCURE está completamente desprovisto de compuestos orgánicos volátiles.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Pavimentos, losas industriales
- Pisos, muros y columnas
- Concreto cara vista
- Elementos prefabricados
- Concreto interior y exterior

BENEFICIOS

- Forma una barrera eficiente en la superficie del concreto para evitar la evaporación del agua del elemento.
- Está diseñado para aplicaciones exteriores e interiores.
- Ayuda a desarrollar la resistencia del concreto a través de una hidratación apropiada del cemento.
- Rápida aplicación.
- Totalmente desprovisto de compuestos orgánicos volátiles.

PROPIEDADES

Apariencia	: Líquido
Color	: Blanco opaco
Densidad	: 1.01 kg/l

INFORMACIÓN TÉCNICA

Resultados Típicos de Ingeniería

- Tiempo de Secado: 40 minutos a 21°C

NORMAS / ESPECIFICACIONES

- Cumple con los estándares especificados en la Norma ASTM C-309, Tipo 2, Clase A



EUCOCURE

COMPUESTO ACRÍLICO CURADOR Y SELLADOR DE CONCRETO

INSTRUCCIONES DE USO

- EUCOCURE ha sido diseñado para uso sobre concreto fresco solamente.
- Agitar el producto antes de su utilización.
- Aplicar inmediatamente después de terminar con el acabado superficial del concreto fresco utilizando de preferencia un aspersor (manual o industrial) para obtener una superficie completamente saturada con el producto.
- Temperatura de aplicación mínima: + 5 °C
- La membrana de EUCOCURE se puede retirar utilizando agua a presión.
- El producto se puede distribuir con un aspersor de bomba manual o un aspersor industrial sin aire. Si se aplica con rodillo, use uno de fibra corta.

DOSIFICACIÓN / RENDIMIENTO

- EUCOCURE tiene un rendimiento de 5.0 m³/l – 7.5 m³/l para concreto de superficie rugosa o lisa respectivamente, con un consumo de 0.13 a 0.2 l/m².
- Los valores pueden variar en función de la calidad y absorción del material.

PRESENTACIÓN

EUCOCURE se ofrece en cilindros de 200 kg (196 l) y baldes de 20 kg (19.6 l).

PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- No permita que el material se congele, eleve su temperatura hasta obtener la consistencia líquida.
- Almacene en un lugar fresco y seco antes de usarlo.
- No exponga la superficie con EUCOCURE a la lluvia o agua durante las 2 primeras horas.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

EUCOCURE debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

Temperatura de almacenamiento mínima: +5°C

Vida útil: 1 año.

ANEXO 5: Ficha técnica del curador Sika Antisol S

	
<h1>HOJA TÉCNICA</h1> <h2>Sika® Antisol® S</h2>	
<p>Compuesto líquido para el curado de concreto</p>	
<p>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</p>	<p>Sika® Antisol® S es una emulsión líquida que cuando es aplicada con un pulverizador sobre concreto fresco desarrolla una película impermeable y sellante de naturaleza micro cristalina. Asegura una protección perfecta al concreto después que el cemento ha reaccionado positivamente, de gran adherencia y resistencia mecánica para anclajes estructurales.</p> <p>USOS</p> <p>Sika® Antisol® S ofrece una protección durable y consistente del concreto fresco contra una evaporación demasiado rápida debido a la acción del sol y viento, por lo tanto previene el desarrollo de fisuras superficiales en la mezcla de cemento en proceso de endurecimiento. Es especialmente apropiado para el tratamiento de superficies verticales donde la previsión es realizada para la posterior protección de la estructura sin efectos negativos.</p> <p>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</p> <p>Si el Sika® Antisol® S es aplicado correctamente no mancha las superficies. Hace las superficies muy resistentes y compactas debido a que el residuo cristalino del producto cierra todos los poros superficiales del concreto incorporándose en éste. Además, la película no impide la adherencia de tratamientos posteriores o pinturas.</p> <p>Adicionalmente, se puede caminar (tráfico ligero) sobre las áreas tratadas sólo después de 24 horas.</p>
<p>NORMA</p>	<p>Cumple con la Norma U.N.I. 8656 bajo la clase tipo 1.</p>
<p>DATOS BÁSICOS</p>	
<p>FORMA</p>	<p>ASPECTO</p> <p>Líquido</p> <p>COLORES</p> <p>Transparente</p> <p>PRESENTACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Balde x 20 L. ▪ Cilindro x 200 L.
<p><small>Hoja Técnica Sika® Antisol® S 19.11.14, Edición 10</small></p>	
<p>1/3</p>	

ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Sika® Antisol® S puede ser almacenado en un sitio libre de congelamiento a temperaturas sobre los +5 °C durante 2 años.
DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD 1.11 kg/L ± 0.01
INFORMACIÓN DEL SISTEMA	
DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS El consumo de Sika® Antisol® S es de 162 cm ³ – 180 cm ³ de producto por m ² de superficie. Haciendo uso de un equipo pulverizador operado por una sola persona, se puede aplicar alrededor de 1000 m ² de superficie en una jornada de 8 horas.
MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE APLICACIÓN Sika® Antisol® S debe ser aplicado puro mediante un equipo pulverizador a una presión aproximada de 1 atmósfera de presión, pulverizándolo directamente en una sola pasada sobre el concreto fresco. La aplicación debe ser realizada después de colocado y acabado el concreto inmediatamente después que el agua superficial haya desaparecido, teniendo cuidado de lograr una película de protección continua y consistente. En el caso de superficies verticales, inmediatamente después de retirar el encofrado las superficies deben ser lavadas con agua limpia y luego el producto debe ser pulverizado en forma uniforme sobre la superficie. DESECHO No arrojar el producto a ríos, canales o al suelo. No arrojar los envases vacíos en el medio ambiente El producto no es tóxico ni inflamable
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD	
PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma naturales o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
OBSERVACIONES	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe
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. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de las 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 .

ANEXO 6: Ficha técnica del curador Z Membrana blanco o transparente

Z MEMBRANA BLANCO O TRANSPARENTE	
<p>DESCRIPCION</p> <p>Es un curador de color blanco o transparente que evita el evaporamiento del agua del concreto. Cumple con las normas ASTM C309 INTITEC 339-C88. TIPO 1 D, TIPO 2, CLASE A. No contiene polimeros.</p> <p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Facilita la retención de la humedad. • Posee superficies sin polvo • Tiene mayor dureza superficial ya que el sistema de arrocera debilita superficialmente a la losa. • Resiste los cambios de temperatura. • Por la membrana que forma desarrolla su mayor fuerza y resistencia. • Es compatible la membrana que forma, con el tarrajeo y la pintura látex, caucho, epoxica. <p>USOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se emplea en losas, techos, canales. • En 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. 	<p>APLICACION</p> <ul style="list-style-type: none"> • La aplicación puede ser con brocha, mochila pulverizadora, rodillo, Etc. <p>CUIDADOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una vez aplicado evitar el tráfico. • Agítese antes de usar. • Lavar la mochila pulverizadora, rodillo o brocha cada vez que se termine de aplicar el producto Z MEMBRANA BLANCO . <p>RENDIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Gal Z MEMBRANA BLANCO = 25 - 30 m²/Gal. • Densidad = 1.17 kg / Lt. <p>ENVASES</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Galón, 5 Galones, 55 Galones

ANEXO 7: Ficha técnica del curador Membranil reforzado



Hoja Técnica

MEMBRANIL REFORZADO

Curador de concreto tipo membrana, protector del concreto fresco para aplicar en climas templados

CUR.6.4.2
RMP - V.0

DESCRIPCIÓN	<p>MEMBRANIL REFORZADO es un curador líquido que una vez aplicado sobre el concreto fresco, forma una membrana que evita la evaporación prematura del agua de amasado y lo protege. Con esta alternativa de curado se evitan grietas o fisuras en la superficie del concreto y permite que se alcance la fuerza a la compresión deseada o de diseño. Producto adecuado a la norma ASTM C 309 Clase A Tipo 1.</p>										
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Forma una película rápida y continua sobre el concreto fresco y endurecido, otorgando así un periodo máximo de hidratación, a una temperatura desde 5°C hasta 25° C y por adversas que sean las condiciones del tiempo. - Protege el concreto de la acción nociva de agentes atmosféricos como: altas temperaturas, vientos fuertes y lluvia. - Aumenta la resistencia mecánica a la abrasión superficial, contrarrestando el desgaste prematuro. - Evita la formación de fisuras superficiales y descascamiento por refracción. 										
USOS	<ul style="list-style-type: none"> - Losas de estacionamientos, edificios, veredas y calzadas. - Elementos de concreto caravista. - Losas de pavimentos, autopistas vehiculares, carretera y pistas de aterrizaje. - Taludes y muros de contención. - Canales, curado de tubos prefabricados y acueductos de concreto armado. - Puentes, concreto de obras de arte. - Elementos de concreto en general. 										
DATOS TÉCNICOS	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">Color:</td> <td>Lechoso, transparente una vez seco</td> </tr> <tr> <td>Apariencia:</td> <td>Líquido</td> </tr> <tr> <td>Ph:</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Densidad:</td> <td>1.0 Kg/lt</td> </tr> <tr> <td>VOC¹:</td> <td>0 gr/lt</td> </tr> </table> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;">Para mayor información, solicitar certificados de ensayos de laboratorios externos.</p>	Color:	Lechoso, transparente una vez seco	Apariencia:	Líquido	Ph:	8	Densidad:	1.0 Kg/lt	VOC ¹ :	0 gr/lt
Color:	Lechoso, transparente una vez seco										
Apariencia:	Líquido										
Ph:	8										
Densidad:	1.0 Kg/lt										
VOC ¹ :	0 gr/lt										
PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agítese bien antes de emplear. 2. Aplíquelo en dos manos directamente del envase (sin diluir) con brocha, rodillo o mochila de aspersión sobre la superficie a curar: <ul style="list-style-type: none"> - Losas, techos: sobre el concreto fresco cuando desaparezca la exudación de la superficie o que se note la superficie ligeramente húmeda. - Vigas, columnas: inmediatamente después del desencofrado. 										

¹ Compuestos Orgánicos Volátiles.

CETOX
CENTRO TECNOLÓGICO S.A.C.
273-2318 | 999312833

ATENCIÓN AL CLIENTE:

(511) 336-8407

Página 1 de 2

Hoja Técnica



Calidad que Construye

MEMBRANIL REFORZADO

Curador de concreto tipo membrana, protector del concreto fresco para aplicar en climas templados

CUR.6.4.2
RMP - V.0

RENDIMIENTO No deberá excederse de 15 m² por galón, para garantizar una película que pueda adecuarse a las normas ASTM.

PRESENTACIÓN Envase de 1 gal. (Código: 21008004)
Envase de 5 gal. (Código: 21008005)
Envase de 55 gal. (Código: 21008055)

ALMACENAMIENTO De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 12 meses.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico).
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, lávelos con abundante agua.
Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.

Tú Distribuidor Perú.Com

Correo: ventas@tudistribuidorperu.com

Correo: ventas@tudistribuidoronline.com

Rpc:993009601 RPM #943071869

www.tudistribuidoronline.com

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.

Página 2 de 2

ANEXO 8: Ficha técnica del cemento Portland tipo I



PACASMAYO

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CG-F-04
Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.
(*) Requisito opcional.



Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

ANEXO 9: Costo del cemento Portland tipo I en Maestro

MAESTRO

Fonocompras: **6310-310**
 Síguenos en:

PRODUCTOS
HAZLO CON MAESTRO
TIENDAS
TALLERES
CATÁLOGO
SUSCRÍBETE

CATEGORÍAS

AUTO +

BAÑOS Y COCINAS +

COMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA +

ELECTRICIDAD +

FERRETERÍA +

FIERRO Y HIERRO +

GASFITERÍA +

HERRAMIENTAS Y MAQUINARIAS +

ILUMINACIÓN +

JARDIN +

LIMPIEZA +

LÍNEA BLANCA Y CLIMATIZACIÓN +

MAESTRO / PRODUCTOS / OBRA GRUESA / ARIDOS Y AGLOMERADOS / CEMENTO



Cemento pacasmayo tipo i

Ver precio por Tienda:
Trujillo

S/ 24.90

sku: 1402579

Precios y stock actualizados el 15/10/2018 7:15am
Precios referenciales y sujetos a variaciones.
Stock sujeto a disponibilidad de cada tienda. Consultar precio y stock en tienda.
Imágenes referenciales. Los productos no incluyen accesorios excepto lo indicado en la descripción del producto.

Ficha Técnica

Atributos	Detalles
Usos	Estructuras que requieran un rápido desencofrado, que no requieren propiedades especiales y para concreto armado en general.

ANEXO 10: Límites máximos permisibles para agua potable SUNASS

Cuadro 7
Límites máximos permisibles referenciales de los parámetros de calidad del agua potable

Parámetro	LMP ref.	Referencias
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	1
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	1
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	1
pH	6,5-8,5	1
Turbiedad, UNT	5	1
Conductividad, 25 °C μ S/cm	1.500	3
Color, UCV-Pt-Co	20	2
Cloruros, mg/L	250	2
Sulfatos, mg/L	250	2
Dureza, mg/L	500	3
Nitratos, mg NO_3^- /L	50	1
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) 2
Manganeso, mg/L	0,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) 2
Aluminio, mg/L	0,2	1
Cobre, mg/L	3	2
Plomo, mg/L	0,1	2
Cadmio, mg/L	0,003	1
Arsénico, mg/L	0,1	2
Mercurio, mg/L	0,001	1
Cromo, mg/L	0,05	1
Flúor, mg/L	2	2
Selenio, mg/L	0,05	2

Fuente: SUNASS
Elaboración: SUNASS

ANEXO 11: Normativa utilizada para el desarrollo experimental

NORMA TÉCNICA **NTP 400.012**
PERUANA **2001**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

2001-05-31
2ª Edición

R.0071-2001/INDECOPI-CRT. Publicada el 2001-06-17

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

NORMA TÉCNICA NTP 339.185
PERUANA 2013

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para
contenido de humedad total evaporable de agregados por
secado**

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

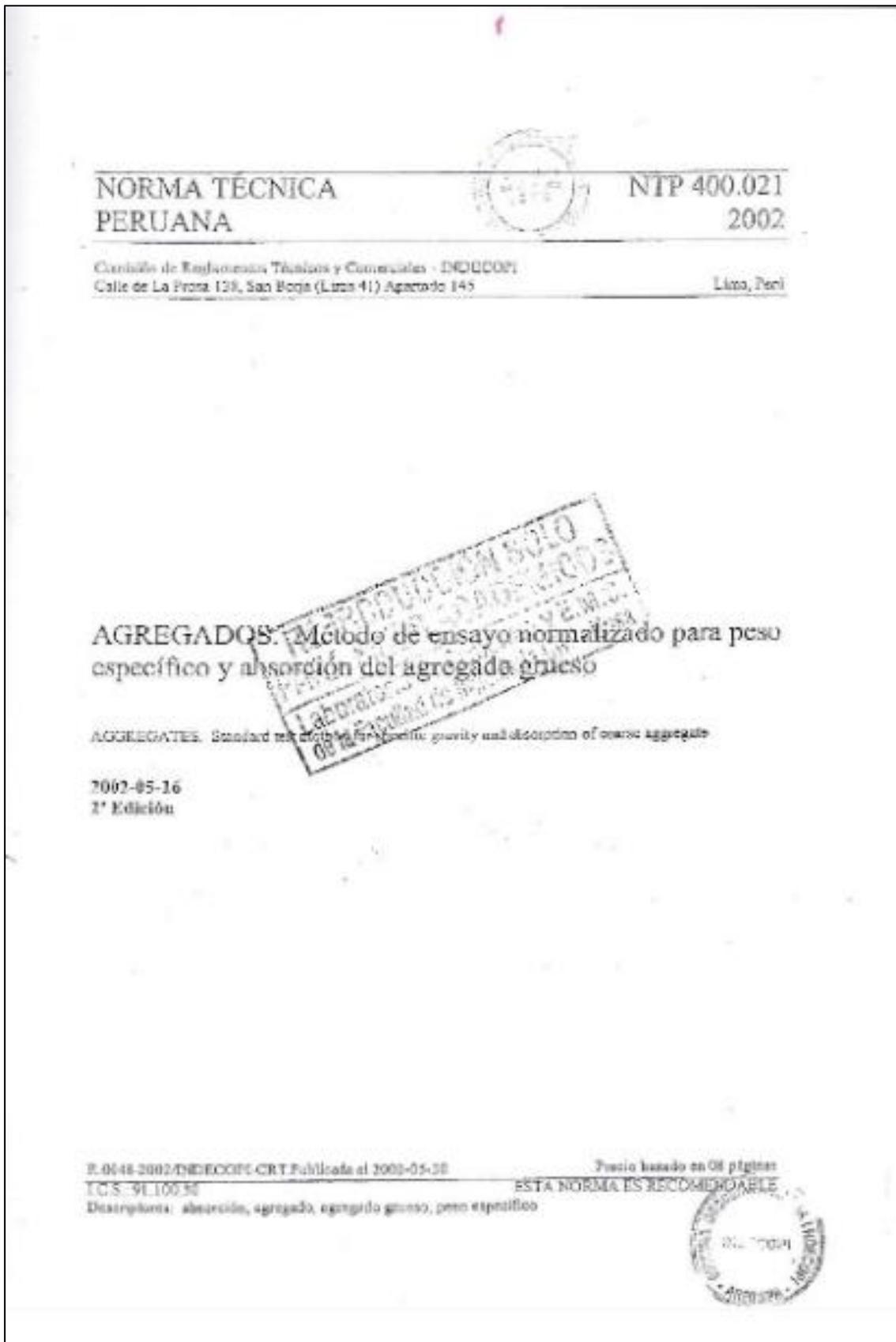
Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 566-13
Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying, Derecho de autor
de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por
autorización de ASTM International

2013-08-07
2ª Edición

R_0054-2013/CNE-INDECOPI. Publicada el 2013-08-24
I.C.S.: 91.100.30
Descriptor: Agregados, secado, contenido de humedad

Precio basado en 08 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2013



**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.022
2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino

AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 128-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2013-12-26
3ª Edición**

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16

Precio basado en 20 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.017
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

AGGREGATE. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate

**1999-04-21
2ª Edición**

R.0021-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-04-29

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Hormigón, Método de ensayo, Probetas cilíndricas, curado de la probeta

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.088
2006**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada
en la producción de concreto de cemento Portland.
Requisitos**

CONCRETE. Mixing water used in the production of Portland cement concrete. Requirements

**2006-02-16
2ª Edición**

R.0013-2006/INDECOPI-CRT. Publicada el 2006-03-06

Precio basado en 13 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agua combinada, densidad, aditivos estabilizantes de hidratación, agua de mezcla, agua reciclada

NORMA TÉCNICA	NTP 400.037
PERUANA	2014

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto

AGGREGATES. Standard Specification for Concrete Aggregates

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 33/C33M:2013, Standard Specification for Concrete Aggregates, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2014-12-30
3ª Edición

R.0151-2014/CNB-INDECOPI Publicada el 2015-01-14

Precio basado en 20 páginas

I.C.S.:91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregados, concreto, requisitos

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2014

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.035
2009**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland

CONCRETE. Standard test method for measure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2009-12-23
3ª Edición**

R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20

Precio basado en 09 páginas

I.C.S.: 91.100.10

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

NORMA TÉCNICA **NTP 339.183**
PERUANA **2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y
curado de especímenes de concreto en el laboratorio**

CONCRETE. Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory

2013-01-16
2ª Edición

R.0006-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-02-01 Precio basado en 24 páginas
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: hormigón, concreto, curado, laboratorio, curado de especimen

© INDECOPI 2013

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.216
2016**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**CONCRETO. Práctica normalizada para la utilización de
cabezales con almohadillas de neopreno en el ensayo de
resistencia a la compresión de cilindros de concreto
endurecido**

CONCRETE. Standard practice for use of unbonded caps in determination of compressive strength of hardened concrete cylinders

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C1231/C1231M:2014 Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2016-09-07
2ª Edición**

R.D. N° 022-2016-INACAL/DN. Publicada el 2016-09-14

Precio basado en 13 páginas

I.C.S.: 91.100.30; 81.080

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Tapas, cilindros de refrentado, resistencia a la compresión, almohadilla, resistencia, sistemas de refrentado, almohadillas, refrentado elastomérico, neopreno

© ASTM 2014 - © INACAL 2016

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.034
2015**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la
determinación de la resistencia a la compresión del concreto
en muestras cilíndricas**

Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2015-12-22
4ª Edición

R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 19 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

© ASTM 2015 - © INACAL 2015