

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Concreto autocurable $f'c=210$ kg/cm², reemplazando un porcentaje de agregado grueso con traquita

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Presentada por:
Bach. Aysa Yiré Vásquez Taico

Asesor:
DR. ING. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

CAJAMARCA- PERÚ 2019

Por todo el amor, respeto y gratitud que siento por mis padres, dedicarles este trabajo por su esfuerzo y empeño conmigo es una meta cumplida.

Aysa

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su ayuda sin fin que me permitió presentar esta investigación y sonreír por mis logros. Al Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, asesor de tesis, por su tiempo, sugerencias y correcciones, además de su apoyo constante a través del tiempo universitario. A la memoria del M.I. Héctor Pérez Loayza, un agradecimiento muy especial por su amistad, la que recordaré siempre. A Samuel y Srta. Giovanna, por su amistad. Y en general, a todas las personas que me ayudaron a concretar esta meta.

RESUMEN

Esta investigación se planteó debido a la deficiente práctica de curado del concreto en obra, pese a que NTP 339.033 (2015) establece los procedimientos adecuados para preparar y curar el concreto. Por ello si los especímenes son elaborados y curados en campo, como se indica en la Norma se obtendrían los resultados de diseño esperados. Aunque existe diferentes tipos de curado la más común en obra es el regado del elemento, sin embargo, este tipo de curado no se asemeja al curado de los testigos que nos permiten evaluar la calidad del concreto. Por lo que hay necesidad de estudiar otros métodos de curado para el concreto como, por ejemplo, el autocurado. Es así que la tesis tiene como objetivo determinar la variación de la resistencia a compresión de un concreto $f'_c = 210$ kg/cm² al reemplazar el agregado grueso con traquita saturada al 5%, 10% y 15% y determinar su efecto de autocurado comparando la resistencia del concreto al remplazar los mismos porcentajes de traquita saturada y traquita seca. Los datos se procesaron y analizaron para concluir que al reemplazar el agregado grueso con traquita saturada la variación de la resistencia a compresión es menor que la muestra patrón, pero mayor que su diseño $f'_c = 210$ kg/cm². Y su efecto de curado a los 28 días para los porcentajes de reemplazo 5%, 10% y 15% con traquita saturada aumentan en 23.80%, 26.95 % y 33.65% respecto a la traquita seca.

Palabras clave:

Concreto, autocurado, variación, resistencia a compresión, traquita.

ABSTRACT

This research was raised due to the poor practice of curing concrete on site, despite the fact that NTP 339.033 (2015) establishes the appropriate procedures for preparing and curing concrete. Therefore, if the examples are elaborated and cured in the field, as indicated in the Standard, the expected design results will be obtained. Although there are different types of curing, the most common in the work is the watering of the element, however, this type of curing does not resemble the curing of the witnesses that control the quality of the concrete. Therefore, there is a need to study other curing methods for concrete, such as self-curing. Thus, the thesis aims to determine the variation of the compressive strength of concrete $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ by replacing the coarse aggregate with 5%, 10%, and 15% saturated trachyte, and its self-curing effect comparing the same percentages of saturated trachyte replacement with the dried trachyte replacement percentages. The data was processed and analyzed to conclude that when replacing the coarse aggregate with saturated trachyte, the variation in compressive strength is smaller than the standard sample, but greater than its design $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. And its 28-day curing effect for replacement percentages 5%, 10% and 15% with saturated trachette increase by 23.80%, 26.95% and 33.65% compared to the dry trachyte.

Keys words

Concrete , self-curing, variation , compressive strength , trachyte

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. HIPÓTESIS:	2
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.6. OBJETIVOS	3
1.6.1. Objetivos General	3
1.6.2. Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	4
2.1.1. Internacionales	4
2.1.2. Local	5
2.2. BASES TEÓRICAS	6
2.2.1. Estructura del concreto	6
2.2.1.1. Cemento	6
2.2.1.2. Agregados	9
2.2.1.3. Agua	12
2.2.2. Curado del concreto	13
2.2.2.1. Curado interno utilizando agregados saturados	13
2.2.2.2. Mecánicas de curado del concreto	14
2.2.3. Resistencia a la compresión del concreto	17
2.2.3.1. Características y proporciones de los materiales	18
2.2.3.2. Condiciones de curado	19
2.2.3.3. Parámetros de prueba	19
2.2.4. Dosificación de mezclas	20
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	21
3.1.1. Ubicación geográfica de la investigación	21
3.1.2. Ubicación geográfica de los agregados	21
3.1.3. Ubicación geográfica del reemplazo	21
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	21

3.2.1.	Tipo y diseño de investigación	21
3.2.2.	Variables	21
3.2.3.	Población, muestra y unidad de análisis	22
3.2.3.1.	Población:	22
3.2.3.2.	Muestra:	22
3.2.3.3.	Unidad de análisis:	22
3.3.	METODOLOGÍA	22
3.4.	MATERIALES Y EQUIPOS	24
3.4.1.	Materiales	24
3.4.2.	Equipos	24
3.5.	OBTENCIÓN DE RESULTADOS	24
3.5.1.	Propiedades de los agregados	24
3.5.1.1.	Contenido de humedad	25
3.5.1.2.	Granulometría de los Agregados	26
3.5.1.3.	Módulo de Finura	27
3.5.1.4.	Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	27
3.5.1.5.	Peso específico y Absorción:	28
3.5.1.6.	Peso Unitario	32
3.5.1.7.	Materiales Finos que pasan por el Tamiz N° 200	34
3.6.	TRAQUITA	35
3.6.1.	Peso específico y Absorción	35
3.7.	DISEÑO DE MEZCLA: MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	37
3.7.1.	Elaboración de los Diseños de Mezcla	37
3.7.1.1.	Elaboración de las unidades de estudio cilíndricas de concreto para prueba de compresión	37
3.8.	ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	39
3.8.1.	Para el análisis y procesamiento de datos	39
3.8.2.	Resultados:	39
	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
4.1.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO	49
4.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN	49
4.3.	ANÁLISIS DEL EFECTO DEL AUTOCURADO	50
4.4.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	52
	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
5.1.	CONCLUSIONES	53

5.2. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
APÉNDICE I: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOS DE AGREGADOS	59
APÉNDICE II: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO USANDO EL MÉTODO DE MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS	73
APÉNDICE III: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO	78
APÉNDICE IV: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO	82
APÉNDICE V: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN	86
APÉNDICE VI: FOTOGRAFÍAS	100
ANEXO I: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO FORTIMAX ANTISALITRE	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de cemento	7
Tabla 2: Cementos Adicionados	8
Tabla 3: Límite granulométrico del agregado fino	10
Tabla 4: Límite granulométrico del agregado grueso	11
Tabla 5: Resistencia a compresión del concreto normal	17
Tabla 6: Influencia de la relación a/c en la resistencia	19
Tabla 7: Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a la compresión	22
Tabla 8: Peso de la muestra respecto al T.M.N. de las partículas	26
Tabla 9: Cantidad mínima de muestra a ensayar	35
Tabla 10: Resultados de los ensayos de los agregados y traquita	39
Tabla 11: Resultados del Peso Unitario del concreto fresco	40
Tabla 12: Resultados del Peso Unitario del concreto endurecido	41
Tabla 13: Resistencia a la Compresión del Concreto a los 7, 14 y 28 días	45
Tabla 14: Análisis Granulométrico de la M-1 del agregado fino	59
Tabla 15: Análisis granulométrico de la M-2 del agregado fino	60
Tabla 16: Análisis granulométrico de la M-3 del agregado fino	61
Tabla 17: Análisis granulométrico de la M – 1 del agregado grueso.	62
Tabla 18: Análisis granulométrico de la M – 2 del agregado grueso	63
Tabla 19: Análisis granulométrico de la M – 3 del agregado grueso	64
Tabla 20: Cálculo del peso específico del agua	66
Tabla 21: Cálculo del factor f	66
Tabla 22: Cálculo del peso unitario suelto del agregado fino	66
Tabla 23: Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino	67
Tabla 24: Cálculo del peso específico del agregado fino	67
Tabla 25: Cálculo de la absorción del agregado fino	67
Tabla 26: Cálculo de los vacíos reales para el agregado fino	68
Tabla 27: Cálculo de los vacíos teóricos para el agregado fino	68
Tabla 28: Cálculo del peso específico del agua	68
Tabla 29: Cálculo del factor f	69
Tabla 30: Cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso	69
Tabla 31: Cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso	69
Tabla 32: Cálculo del peso específico del agregado grueso	70
Tabla 33: Cálculo de la absorción del agregado grueso	70
Tabla 34: Cálculo de los vacíos reales para el agregado grueso	70
Tabla 35: Cálculo de los vacíos teóricos para el agregado grueso	71
Tabla 36: Contenido de humedad del agregado fino	71
Tabla 37: Contenido de humedad del agregado grueso	71
Tabla 38: Cálculo de los materiales finos retenidos para el agregado fino	72
Tabla 39: Cálculo de los materiales finos retenidos para el agregado grueso	72
Tabla 40: Relación aproximada entre la resistencia promedio y la resistencia de diseño f'_{cr}/f'_c	73
Tabla 41: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de Asentamiento y Tamaño Máximo Nominal del agregado.	74
Tabla 42: Contenido de Aire para Concreto sin aire incorporado	74

Tabla 43: Relación Agua/Cemento en peso	74
Tabla 44: Módulo de Finura de la Combinación de Los Agregados que da mejores condiciones de trabajabilidad	75
Tabla 45: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón	78
Tabla 46: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 5% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso	78
Tabla 47: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 10% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso	79
Tabla 48: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 15% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso	79
Tabla 49: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 5% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso	80
Tabla 50: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 10% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso	80
Tabla 51: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 15% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso	81
Tabla 52: Resumen del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón y mezclas con reemplazo de traquita saturada y seca en el agregado grueso	81
Tabla 53: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón	82
Tabla 54: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 5% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso	82
Tabla 55: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 10% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso	83
Tabla 56: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 15% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso	83
Tabla 57: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 5% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso	84
Tabla 58: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 10% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso	84
Tabla 59: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 15% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso	85
Tabla 60: Resumen del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón y mezclas con reemplazo de traquita saturada y seca en el agregado grueso.	85
Tabla 61: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón	86
Tabla 62: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón	87
Tabla 63: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón	87
Tabla 64: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 5% de traquita saturada en el agregado grueso	88
Tabla 65: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón + 5% de traquita saturada en el agregado grueso	89
Tabla 66: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón + 5% de traquita saturada en el agregado grueso	89
Tabla 67: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 10% de traquita saturada en el agregado grueso	90

Tabla 68: Resumen de rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón +10% de traquita saturada en el agregado grueso	91
Tabla 69: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón+10% de traquita saturada en el agregado grueso	91
Tabla 70: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 15% de traquita saturada en el agregado grueso	92
Tabla 71: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón+15% de traquita saturada en el agregado grueso	93
Tabla 72: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón+15% de traquita saturada en el agregado grueso	93
Tabla 73: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 5% de traquita seca en el agregado grueso	94
Tabla 74: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón + 5% de traquita seca en el agregado grueso	95
Tabla 75: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón + 5% de traquita seca en el agregado grueso	95
Tabla 76: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 10% de traquita seca en el agregado grueso	96
Tabla 77: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón + 10% de traquita seca en el agregado grueso	97
Tabla 78: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón + 10% de traquita seca en el agregado grueso	97
Tabla 79: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 15% de traquita seca en el agregado grueso	98
Tabla 80: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón + 15% de traquita seca en el agregado grueso	99
Tabla 81: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón + 15% de traquita seca en el agregado grueso	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fracturas típicas de los especímenes de concreto	18
Figura 2: Gráfico de peso unitario del concreto fresco	40
Figura 3: Gráfico de peso unitario del concreto endurecido	41
Figura 4: Gráfico de comparación de la Resistencia a Compresión de las muestras patrón y las muestras con traquita saturada	46
Figura 5: Gráfico de comparación de la Resistencia a Compresión de las muestras patrón y las muestras con traquita seca	46
Figura 6: Gráfico de variación de la resistencia a compresión de las muestras con traquita saturada y seca a los 28 días	47
Figura 7: Gráfico de la variación del autocurado con reemplazo en el agregado grueso por 5% de traquita saturada y seca	47
Figura 8: Gráfico de la variación del autocurado con reemplazo en el agregado grueso por 10% de traquita saturada y seca	48
Figura 9: Gráfico de la variación del autocurado con reemplazo en el agregado grueso por 15% de traquita saturada y seca	48
Figura 10: Curva de distribución granulométrica de la muestra M-1	59
Figura 11: Curva de distribución granulométrica de la muestra M -2	60
Figura 12: Curva de distribución granulométrica de la muestra M-3	61
Figura 13: Curva de distribución granulométrica de la muestra M - 1	62
Figura 14: Curva de distribución granulométrica de la muestra M - 2	63
Figura 15: Curva de distribución granulométrica de la muestra M - 3	64

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo, construyéndose a diario obras civiles con concreto. De acuerdo con la Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM, 2017), en Perú se usaron aproximadamente 32 millones de metros cúbicos en todo el país durante el año 2015.

En Cajamarca, el ladrillo o bloque de cemento son materiales muy empleados en construcciones, de un total de 376,223.00 viviendas, 83,293.00 fueron hechas de con estos materiales (INEI, 2017). Consecuentemente, la elaboración y cumplimiento de un plan de control de calidad para el concreto y los materiales que deben componerlo son necesarios con el fin de cumplir las especificaciones previamente definidas.

Para que el concreto cumpla con las especificaciones para el cual va a ser utilizado, como son la resistencia a la compresión, es necesario que, en los primeros días de edad, se encuentre en un entorno que reúna adecuadas condiciones de temperatura y humedad, que aseguren la hidratación del cemento por la influencia que tiene sobre la resistencia y la durabilidad del concreto. Los métodos utilizados para mantener estas condiciones son conocidas como curado del concreto. (Kosmatka & otros, 2004). Evidenciando que la herramienta más económica y eficaz para garantizar una obra durable, resistente y libre de grietas, es el curado.

Pero se ha detectado que esta práctica en obra es deficiente, razón por la cual los especímenes que se toman de muestra y que son cuidados en condiciones especiales, no son el reflejo del elemento al pie de obra. Esto indica que mientras que un espécimen está alcanzando una resistencia a compresión ($f'c$) del 99%, porque ha estado en inmersión de agua durante 28 días, el elemento en el proyecto puede llegar a desarrollar el 60% o 70% por las deficiencias en el tipo de curado. (Díaz, F. 2015)

La propuesta de esta investigación es un autocurado reemplazando un porcentaje del agregado grueso la traquita saturada. Determinando la resistencia a compresión y la variación

del efecto de autocurado que tiene el reemplazo de concreto con traquita saturada, comparado con el reemplazo de traquita seca. Además, se usa el cemento Fortimax 3, un cemento que con sus adiciones permite tener excelentes resultados frente a los sulfatos, frente a los agregados reactivos ambos casos presentes en Cajamarca por su geografía única y también hace frente al calor de hidratación producido en el proceso de fraguado y endurecimiento.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En cuánto varía la resistencia a compresión y el efecto del autocurado de un concreto $f'c=210$ kg/cm² al reemplazar agregado grueso con traquita saturada?

1.3. HIPÓTESIS:

La variación de la resistencia a compresión y el efecto del autocurado de un concreto $f'c=210$ kg/cm² al reemplazar agregado grueso con traquita saturada aumenta en más del 5%

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Ante la importancia del curado del concreto y su deficiente control en obra, se estudió un concreto autocurable, sencillo de realizar y con accesibilidad a la población Cajamarquina, permitiendo que al utilizar este concreto, los constructores logren con su efecto de autocurado que el elemento puesto en obra tenga el mismo efecto de sumergir una probeta en agua que reemplazar porcentajes de traquita saturada en el agregado grueso y que su resistencia a compresión supere su diseño $f'c=210$ kg/cm² ya que según la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, este $f'c$ es el apropiado para una zona sísmica.

1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación estudió la resistencia a compresión y efecto de autocurado de un concreto utilizando fragmentos de traquita saturada y seca (obtenida de la cantera la Molina – Cajamarca), para reemplazar el agregado grueso (obtenido de la cantera Margarita – Chilote) en porcentajes del 5%, 10% y 15%, con relación agua/cemento de 0.60 y resistencia $f'c=210$ kg/cm². Además, es importante mencionar que no se realizó estudios de resistencia a la flexión, ni durabilidad del concreto.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivos General

- Determinar la variación de la resistencia a compresión y el efecto del autocurado de un concreto al reemplazar agregado grueso con traquita saturada.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Determinar la variación de la resistencia a compresión de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ al reemplazar el agregado grueso por traquita; saturada y traquita seca al 5%, 10% y 15%.
- Comparar el efecto del autocurado utilizando traquita; satura y seca al 5%, 10% y 15%.
- Determinar la variación del peso volumétrico del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ al reemplazar el agregado grueso por traquita; saturada y seca al 5%, 10% y 15%.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. Internacionales

Espinoza, G. (2010) en su tesis realizada en Chile y titulada: Efecto del curado interno en hormigones y su aplicación como método complementario al curado tradicional en obra del hormigón, estudió los beneficios de aplicar curado interno en concretos de distinta razón Agua/Cemento, con puzolanas naturales y distintas condiciones de curado. El curado interno del concreto consiste en utilizar un agente de curado capaz de absorber y almacenar agua, en forma previa al mezclado, para entregarla desde el interior de la mezcla durante el autosecado del concreto, consecuencia de la hidratación del cemento. Este método ha sido estudiado con éxito en concretos de baja razón A/C, los cuales poseen baja permeabilidad, lo que dificulta el acceso hacia el interior de la mezcla de agua de curado desde el exterior. Concluyendo que el curado interno mejora la hidratación del cemento obteniéndose una mayor resistencia, menor tendencia al agrietamiento y mayor durabilidad.

Trujillo, R. (2011) en su investigación hecha en México y titulada: Uso de agregado ligero como medio de curado interno en concretos de alto comportamiento fabricado con puzolana, desarrolla concretos de alto comportamiento con relaciones A/C bajas (0.35) los cuales forman una matriz cementante muy densa casi impermeable, lo cual es benéfico desde el punto de durabilidad, empleando agregados finos ligeros comercialmente disponibles en el país en mezclas de mortero con y sin puzolanas con el fin de evaluar su desempeño como agentes de curado interno. El resultado de utilizar agregado saturado como agente de curado interno en concretos de alto comportamiento es la disminución de la retracción autógena.

De los Santos, E. (2012) en México elaboró la tesis titulada Efecto sinérgico de un agente de curado interno y un aditivo reductor de la retracción en el incremento de la durabilidad de concretos de alto desempeño expuestos a un ambiente industrial, presentando los resultados obtenidos de concretos elaborados con materiales que le confieren características distintas a las de un concreto normal, como la implementación de la piedra pómez (agregado ligero) para lograr el curado interno. Otro ingrediente utilizado es un aditivo reductor de la retracción que

le brinda propiedades a la pasta como la reducción de la tensión superficial de los poros y así menor contracción autógena. Por último, uso de ceniza volante tipo F con objetivo de aumentar la vida útil de las estructuras expuestas a estos ambientes degradantes. Los resultados obtenidos dicen que el curado interno por si solo mostró comportamiento mejor ante la corrosión.

Aldana, E. (2014) investigó en Colombia sobre: Uso de material cerámico como material para curado interno en mezclas de concreto, teniendo como finalidad en su investigación evaluar el comportamiento de un concreto al cual se le hizo reemplazo, del agregado grueso por material cerámico para obtener curado interno; valorando algunas de las propiedades mecánicas y de durabilidad de las mezclas hechas con este material. Se evaluó una mezcla de concreto con tres porcentajes diferentes de reemplazo de agregado grueso por material cerámico (0%, 20% y 40%) y dos valores de relación agua/cemento (0.30 y 0.50). Los resultados mostraron que el curado interno resulta benéfico solamente para aumentar la resistencia a la compresión en concretos de baja relación a/c y para reducir la contracción por secado.

Kevern & Nowasell (2017) en Estados Unidos con su investigación titulada: Curado interno de concreto permeable utilizando agregados livianos, estudiaron el efecto de usar agregados livianos húmedos como reemplazo del agregado fino en la mezcla de concreto considerado una saturación de 72 hrs. Los resultados mostraron que existe un aumento significativo del grado de hidratación del concreto de aproximadamente 10% sobre la mezcla patrón. Asimismo, se encontró mayor resistencia a compresión entre los 7 y 28 días para las muestras curadas internamente.

2.1.2. Local

Tejada, L. (2016) desarrolló en Cajamarca la tesis titulada: Efectividad del curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso en comparación a otros tipos de curado, determinando qué efectividad tiene el curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso, referente a la humedad y a la resistencia a la compresión, en comparación a otros tres tipos de curado. Concluyendo que el curado interno mediante la saturación de agregado grueso fue más efectivo en retención de humedad y aumento de resistencia a compresión del concreto a diferencia de los otros tratamientos de curado comunes estudiados. Estos datos se recopilaron utilizando métodos cualitativos y cuantitativos para luego ser procesados y analizados mediante métodos estadísticos.

López, J (2017) presentó en Cajamarca su investigación llamada: Estudio Experimental del curado interno de un concreto con adiciones de arcilla coccionada en reemplazo del agregado grueso, en la que determina la efectividad que tiene el curado interno reemplazando parcialmente el agregado grueso por fragmentos de ladrillo saturado; evaluando la resistencia a la Compresión y flexión; a comparación del curado por inmersión y el curado usando aditivo. Se concluyó que el curado interno mediante el reemplazo del agregado grueso por fragmentos de ladrillo triturado y saturado es efectivo, mostrándonos que a mayor porcentaje de reemplazo los resultados son mejores referente a retención de humedad y aumento de resistencia a compresión y flexión del concreto.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Estructura del concreto

Los reportes del comité ACI 116, citado en Mehta K. & Monteiro, P, 1998, definen al concreto como un material compuesto que consiste esencialmente en un medio conglomerante dentro del cual se hallan ahogadas partículas o fragmentos de agregados. En el concreto de cemento hidráulico, el medio conglomerante está formado por una mezcla de concreto hidráulico y agua. Se puede considerar adiciones o aditivos a la mezcla del concreto, que tiempo después será capaz de resistir grandes esfuerzos a la compresión.

2.2.1.1. Cemento

Es un material finamente pulverizado que no es en sí mismo conglomerante, sino que desarrolla la propiedad conglomerante como resultado de la hidratación (es decir, por las reacciones químicas entre los minerales del cemento y el agua). Un cemento es llamado hidráulico cuando los productos de la hidratación son estables en un medio acuoso. El cemento hidráulico más comúnmente usado para hacer concreto es el cemento portland. (Mheta K. & Monteiro, P, 1998)

Tabla 1: Tipos de cemento

GRUPO I: CEMENTO PORTLAND	
TIPO I	De uso normal, cuando no se requiere ninguna característica especial, se usa en toda obra civil normal.
TIPO II	Cemento de moderado calor de hidratación y resistencia moderada a la acción de los sulfatos, se usa cuando se requiere una resistencia moderada a la acción de los sulfatos y moderado calor de hidratación.
TIPO III	Cemento de altas resistencias iniciales, se utiliza cuando se requiere una rápida puesta de servicio de la estructura de concreto o ganancias rápidas de resistencia.
TIPO IV	Cemento de bajo calor de hidratación, se utiliza para la fabricación de concretos masivos.
TIPO V	Cemento de alta resistencia al ataque de los sulfatos, se utiliza en zonas donde la presencia de los sulfatos son elevados.
GRUPO II: CEMENTO PUZOLÁNICO	
CEMENTO TIPO IP	Es un cemento portland Tipo I que tiene una adición puzolánica entre 15 - 45%, se utiliza en obras donde se requiere bajo calor de hidratación y altas resistencias al ataque de los sulfatos
CEMENTO TIPO IPM	Es un cemento portland Tipo I que tiene una adición puzolánica hasta un 15%, se utiliza en obras donde se requiere un moderado calor de hidratación y resistencias moderadas al ataque de los sulfatos.
GRUPO III: CEMENTO ADICIONADO	
CEMENTO TIPO IS	Es un cemento portland Tipo I que tiene una adición de escorias de altos hornos finamente molidas entre 25 - 70%, se utiliza en obras donde se requiere bajo calor de hidratación y altas resistencias al ataque de los sulfatos.
CEMENTO TIPO ISM	Es un cemento portland Tipo I que tiene una adición de escorias de altos hornos finamente molidas hasta un 15%, se utiliza en obras donde se requiere un moderado calor de hidratación y resistencias moderadas al ataque de los sulfatos.

Fuente: SENCICO (2014)

2.2.1.1.1. Cemento adicionado: Clinker + Yeso + Adición Mineral (NTP 334.090)

En Perú, dentro del ámbito de ASOCEM, hay nueve cementos adicionados con muy buenas características, obedeciendo a la tendencia mundial por sus ventajas hacia las adiciones en los cementos. (ASOCEM, 2017):

Tabla 2: *Cementos Adicionados*

FÁBRICA	TIPO	NOMBRE	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS
UNACEM A.A.A.	IP	ATLAS	-De uso general -Mayor resistencia a largo plazo -Mayor impermeabilidad
	IP	ANDINO	-De uso general -Mayor resistencia a largo plazo -Mejor impermeabilidad
	I(PM)	ANDINO	-De uso general -Mejor impermeabilidad
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	ICo	EXTRA – FORTE	-De uso general -Mejor trabajabilidad
	MS (MH) (R)*	ANTI – SALITRE	-Moderada resistencia a Sulfatos -Resistencia al agua de mar -Moderado calor de hidratación -Opción R – baja reactividad
	HS (R)*	EXTRA – DURABLE	-Alta resistencia a los sulfatos -Moderado calor de hidratación -Opción R – baja reactividad
YURA S.A.A.	IP	ALTA DURABILIDAD	-Mayor impermeabilidad -Mejor resistencia a los sulfatos
	HE*	ALTA RESISTENCIAL INICIAL	-Mayor resistencia inicial -Mayor impermeabilidad
	HS	ANTI – SALITRE	-Alta resistencia a los sulfatos -Mayor impermeabilidad

Fuente: ASOCEM (2017)

Fortimax 3: es un cemento adicionado antisalitre con composición ternaria de Clinker + Escoria de alto horno + Puzolana + Yeso. Fortimax 3 solo tiene poco menos del 70% de Clinker en su composición, las adiciones y el yeso cubren el otro 30% y son las adiciones activas las que brindan sus propiedades especiales: a. Contra los sulfatos (MS), b. En contra del calor de hidratación (MH), c. Frente a los agregados reactivos (R). (Cementos Pacasmayo, 2017).

Al examinar el caso de los sulfatos que son sales presentes en todo clima y ambiente, y en especial en el norte del país por su suelo y geografía única. Se encuentran en el suelo, en los agregados, en los ladrillos. Sin embargo, reaccionan cuando entran en contacto con el agua, cuando el cemento se mezcla con agua se genera al mismo tiempo: a. Silicatos de calcio hidratado: que le da propiedad cementante y b. Hidróxido de calcio: volviendo al cemento soluble, no resistente y vulnerable (Cementos Pacasmayo, 2017)

Cuando los sulfatos se mezclan con el hidróxido de calcio generan sulfatos de calcio hidratados, generando que el concreto se expanda y se agriete la estructura. Además, el fierro se corroe. Por otra parte, también reaccionan frente al aluminato tricálcico, generando una especie de gel conocido como etringita siendo muy expansivo por lo que también causa agrietamiento.

La adición (MS) actúa frente a los sulfatos de tres maneras: a. Remueve el hidróxido de calcio volviendo al cemento más resistente, b. Disminuye la permeabilidad evitando la entrada de sulfatos y c. Diluye el contenido de c_3a para que el concreto no se expanda. (Cementos Pacasmayo, 2017)

2.2.1.2. Agregados

Los agregados son un conjunto de partículas, de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados. Pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra, junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto. (Cementos Yura, 2018)

Los agregados se clasifican de varias maneras, pero principalmente según su tamaño, su procedencia y densidad. La granulometría de los agregados trasciende decisivamente en las

propiedades que caracterizan al concreto, tanto en su estado fresco como endurecido. Al respecto, es aceptado considerar granulometrías apropiadas para elaborar concreto a aquellas que permitan obtener mezclas lo más densas posibles y favorecen su trabajabilidad. La NTP 400.37 incluye tablas de granulometría apropiadas, tanto para la arena como para la piedra; aunque, la misma norma señala que podrán autorizarse otras gradaciones, siempre y cuando existan estudios calificados que aseguren que con el material propuesto se obtenga concreto de la calidad requerida. (SENCICO, 2014)

2.2.1.2.1. Agregado fino

Se denomina agregado fino a todo material que se origina por la desintegración natural o artificial de las rocas y pasa por el tamiz NTP 9.4 mm, que equivale a 3/8” y a la vez cumple con los límites dados en la norma NTP 400.037:2018. Deberá tener una granulometría continua y uniforme. El material deberá quedar retenido en las mallas N°4 y N°100 y su módulo de fineza no deberá ser menor de 2.3 ni exceder a 3.1

Tabla 3: Límite granulométrico del agregado fino

TAMIZ		% QUE PASA (en masa)
9.5 mm	3/8”	100
4.75 mm	N° 4	95 – 100
2.36 mm	N° 8	80 – 100
1.18 mm	N° 16	50 – 85
600 μm	N° 30	25 – 60
300 μm	N° 50	5 – 30
150 μm	N° 100	0 – 10

Fuente: NTP 400.037 (2018)

2.2.1.2.2. Agregado grueso

Es aquel material retenido en el tamiz 4.75 mm o N° 4 y cumple con los límites dados por la NTP 400.037:2018, se puede producir con piedra partida, grava natural o triturada. Sus partículas en lo posible tendrán forma angular o semiangular. La granulometría deberá ser continua y deberá permitir una trabajabilidad apropiada. Esta granulometría no deberá tener más del 5% de agregado retenido en la malla 1½” y no más del 6% del agregado que pasa a través de la malla ¼”

Tabla 4: Límite granulométrico del agregado grueso

TAMIZ		% QUE PASA (en masa)
37.5 mm	3/8"	100
25.0 mm	1"	80 – 100
12.5mm	½ "	25 – 60
4.75mm	Nº 4	0 – 10
2.36mm	Nº 8	0 – 5

Fuente: NTP 400.037 (2018)

2.2.1.2.3. Reemplazos parciales para el agregado

Los productos que sustituyen parcialmente al cemento deben diferenciarse de los aditivos químicos usados en el concreto (por ejemplo, los aditivos plastificantes, superplastificantes, inclusores de aire, etc.), así como también de los sustitutos de los agregados, como por ejemplo vidrio molido, o algunas rocas como la traquita usada en esta investigación:

TRAQUITA: Es una roca ígnea, de tipo extrusivas (de grano fino) (Wadell, J.,1997). Son los equivalentes de grano fino de las sienitas. Su composición varía desde traquitas cuarcíferas hasta traquitas feldespatoides. La composición mineralógica esencial es sanidina., feldespato alcalino, feldespatooides, piroxenas; todos ellos se presentan en una pasta fina fluidal. Estas rocas generalmente tienen texturas porfiriticas. También se presentan en forma de diques y de domos (en forma de cúpula) principalmente por su alta viscosidad. (Rivera, H. 2005)

Se origina a través de un proceso de cristalización fraccionada de los basaltos alcalinos de ambiente no orogénico, junto con los que se suele encontrar en coladas, filones y apófisis de dimensiones limitadas. Esta roca también se encuentra presente en las islas volcánicas medio-oceánicas, siempre asociada a magmas basálticos alcalinos. (Salazar, S. 2017)

Son rocas de color gris, raramente amarillentas o rosadas. Puede presentar fenocristales de feldespatos. Su densidad va de 2,41 – 2.45 g/cm³. Su apariencia presenta una rugosidad muy manifiesta. (Rivera, H. 2005)

2.2.1.3. Agua

El agua está presente durante todo el ciclo de vida del concreto. Empieza durante el mezclado, continúa durante el curado y se perpetua durante el servicio ya sea voluntariamente (canales presas, etc.) o involuntariamente en la forma de precipitaciones o contacto con cuerpos de agua. (López, M., Kahn, L. & Kurti, E, 2005)

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088:2014. Prohibiéndose el empleo de aguas ácidas, calcaras, minerales, aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos industriales, aguas con contenido de sulfatos mayor al 1% de, agua con algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües, aguas que contengan azúcares o sus derivados, igualmente aquellas aguas que contengan porcentaje significativos de sales de sodio o de potasio disueltas, en todos aquellos casos en que la reacción álcali – agregado es posible. Tipos de agua en el concreto:

2.2.1.3.1. Agua de mezclado

El comité 116 del American Concrete Institute, define agua de mezclado como el agua presente en concreto, mortero o grout en estado fresco en adición a cualquier agua absorbida por el agregado.

Cumple una doble función en el concreto, por un lado, participa en la reacción de hidratación del cemento, y por otro confiere al concreto el grado de trabajabilidad necesaria para una correcta puesta en obra. La cantidad de agua de amasado debe limitarse al necesario para conferirle a la pasta la trabajabilidad requerida, ya que el agua en exceso se evapora y crea una red de poros capilares que disminuyen su resistencia. (Quiroz, V & Salamanca, L. 2006)

Las principales funciones del agua de mezcla son: reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto, brindar a la estructura de vacíos necesarios en la pasta y que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. (NTP 339.076:2017)

2.2.1.3.2. Agua de curado

Es la más importante durante la etapa del fraguado y el primer endurecimiento. Tiene por objeto evitar la desecación, mejorar la hidratación del cemento y evitar la retracción prematura. El agua de curado tiene una actuación más duradera que el agua de amasado, u por lo tanto se corre más riesgo al aportar sustancias perjudiciales con el agua de curado que con el de amasado. (Quiroz, V & Salamanca, L. 2006)

2.2.2. Curado del concreto

Metha y Monteiro (1998) definen curado como todos aquellos procedimientos para promover la hidratación del cemento los que consisten en manejo del tiempo, de la temperatura y la humedad inmediatamente después de la colocación del hormigón.

Respecto a la importancia del curado, el Comité 308 del American Concrete Institute expresa que "el curado tiene una influencia significativa sobre las propiedades del concreto endurecido, tanto en el interior del concreto como en su superficie, tales como la resistencia, permeabilidad, resistencia a la abrasión, estabilidad de volumen y resistencia al hielo-deshielo y sustancias anticongelantes. El desarrollo de resistencia superficial puede reducirse significativamente cuando el curado es defectuoso". A partir de esto, resulta razonable suponer que la caracterización de la zona expuesta del concreto debería ofrecer mayor sensibilidad frente a un curado deficiente que las medidas que involucren el volumen completo de la muestra, como la resistencia a compresión. 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.

Mindess (2003) menciona que el curado es necesario no sólo para alcanzar la resistencia requerida sino para alcanzar el óptimo en todas las propiedades del concreto. Se requiere de un adecuado suministro de humedad para asegurar la hidratación de los materiales cementicios, reducir así la porosidad y maximizar las propiedades mecánicas y durabilidad

2.2.2.1. Curado interno utilizando agregados saturados

El curado interno consiste en incorporar a los concretos ingredientes con pequeñas reservas de agua dentro de la mezcla de concreto, como lo son los agregados porosos (agregados ligeros) arcillas expandidas o polímeros súper absorbentes que sirvan como agentes de curado. Este agente puede ser cualquier componente (aditivo o agregado especial) o un agregado normal introducido dentro de la mezcla de concreto en estado saturado. (Trujillo R., 2011)

Los beneficios de curar internamente el concreto van más allá de solo mejorar la resistencia a la compresión. Principalmente, se logra un mayor grado de hidratación y una reducción de la permeabilidad; incrementando así la impermeabilidad de la matriz cementante ya que el agua de curado externo sólo es capaz de penetrar varios mm bajo el nivel del concreto, mientras que el curado interno permite que el agua sea distribuida de manera más equitativa a través de la sección transversal. A mediados de la década de 1990, una gran variedad de grupos de investigación en Alemania, los Países Bajos, e Israel se habían dedicado a investigar el curado interno mediante el uso de agregados ligeros prehumedecidos. Unos años después de eso, se investigaron otros materiales que podrían funcionar como reservorios de agua internos. (Jensen, O & Hansen, P. 2002).

2.2.2.2. Mecánicas de curado del concreto

Los requerimientos de curado de las estructuras, el tipo de curado a aplicar y su extensión pueden variar dependiendo de muchos factores, entre los que pueden citarse: el tipo de elemento estructural, los materiales que lo componen, en particular el tipo de cementante, las condiciones climáticas de la zona, el tipo de estructura, las condiciones de servicio, la durabilidad deseada y, por último, el grado de agresividad del medio que la rodea.

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” (...) “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”.

Desde que los componentes se unen mediante el proceso de mezclado hasta que adquiere sus propiedades definitivas, el concreto pasa por varias fases o etapas bien marcadas las cuales permiten diferenciar también los requerimientos de curado para cada una de ellas. Puede ser necesario, entonces, implementar los cuidados para evitar la evaporación prematura del agua de la mezcla desde el mismo momento de su transporte al sitio de colocación, durante la misma y continuarlos durante el fraguado y el desarrollo de resistencia. Para cada una de estas etapas puede ser necesario implementar medidas de curado distintas. Los diferentes métodos de curado existentes, básicamente existen dos sistemas de curado que permiten mantener cierto nivel de humedad en el concreto:

2.2.2.2.1. Curado con agua

Por inmersión: Método con mejores resultados, pero presenta inconvenientes de tipo práctico, pues implica inundar o sumergir completamente el elemento de concreto. (SIKA, 2009)

Mediante el empleo de rociadores aspersores: Con este método se consiguen buenos resultados y es fácil de ejecutar. Tiene el inconveniente de que la intermitencia o la aplicación ocasional, pueden conducir a un curado deficiente. (SIKA, 2009)

Empleo de tejidos de fique o de otros materiales absorbentes: Estos tejidos mantienen la humedad en superficies tanto verticales como horizontales, pero deben ser humedecidos periódicamente, con el riesgo de que si no se mantiene el nivel de humedad el curado es deficiente. Además, presentan el problema de absorber, eventualmente, el agua útil del concreto. Deben traslaparse adecuadamente y con holgura y se debe colocar sobre sus extremos arena o bolsas con tierra u otro material pesado que impida que el viento los desarregle y descubija porciones del elemento de concreto. (SIKA, 2009)

Curado con arena, tierra o aserrín: Se emplea con algún éxito el curado mediante el cubrimiento del concreto con alguno de los citados materiales; los dos primeros son muy útiles cuando se presentan vientos fuertes. Tienen, el problema de que pueden manchar el concreto o deteriorarlo como sucede con el aserrín proveniente de maderas con alto contenido de ácido tánico. (SIKA, 2009)

Curado con paja o heno: Cuando se utiliza en el curado este tipo de materiales deben aplicarse capas gruesas y mojadas, para evitar que el viento los levante (debe tener un mínimo de 15 cm de espesor). (SIKA, 2009)

2.2.2.2.2. Materiales selladores

Se trata de hojas o membranas que se colocan sobre el concreto para reducir la pérdida de agua por evaporación. Existen varios tipos de materiales selladores como aplicación de película plástica, papel impermeable y compuestos líquidos para formar membranas de curado. (SIKA, 2009)

2.2.2.2.3. Curado interno utilizando agregados saturados

El agregado utilizado en una mezcla de concreto convencional, puede contener agua interna útil como agua de curado interno. Incluso los agregados de peso normal, previamente saturados, pueden servir como agentes de curado interno y reducir la contracción autógena en cierta medida. Sin embargo, los agregados livianos que tienen una alta porosidad, incluidos en la mezcla como agentes de curado del concreto en estado saturado, son los agregados universalmente aceptados como agentes de curado interno por su mayor eficacia en esta labor (Kovler, 2012).

La idea de los investigadores sugiere incorporar agregados de peso ligero en estado saturado, dentro de la mezcla de concreto, con el fin de proporcionar una fuente interna de agua suficiente que permita sustituir el volumen consumido por la contracción química durante la hidratación. A medida que se hidrata el cemento, el exceso de agua se extrae de los poros relativamente "grandes" del agregado liviano, pero ligeramente más pequeños que los de la pasta de cemento, reduciendo al mínimo el desarrollo de la contracción autógena debido a que las tensiones son controladas por el tamaño del poro vacío de menor tamaño. Se han realizado investigaciones con el fin de evaluar las deformaciones autógenas de concreto ligero producidos con agregados ligeros saturados y el concreto hecho con el agregado de peso normal, pero con una sustitución parcial del agregado por agregado ligero saturado, demostrando que el concreto de alta resistencia y sin contracción autógena podría obtenerse por ambos métodos de curado (Kovler, 2012).

2.2.3. Resistencia a la compresión del concreto

Es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi). (Osorio, J. 2013)

La respuesta del concreto al esfuerzo aplicado depende no solamente del tipo de esfuerzo, sino también de cómo una combinación de varios factores afecta la porosidad de los distintos componentes estructurales del concreto. Los factores incluyen las propiedades y las proporciones de los materiales que constituyen la mezcla del concreto, el grado de compactación y las condiciones del curado. Desde el punto de vista de la resistencia, la relación entre la relación agua/cemento y la porosidad es indudablemente el factor más importante, porque independientemente de otros factores afecta la porosidad de ambos, la matriz de la pasta de cemento y de la zona de transición entre la matriz y el agregado grueso. (Metha, K & Monteiro, P., 1998)

La resistencia a la compresión del concreto con endurecimiento normal a diferentes edades de curado, como un porcentaje de la resistencia a los 28 días de edad es la siguiente:

Tabla 5: Resistencia a compresión del concreto normal

Edad a ensayar	% que alcanza
7 días	70
14 días	77
28 días	85

Fuente: Sanchez, M. & Tapia, M. (2015)

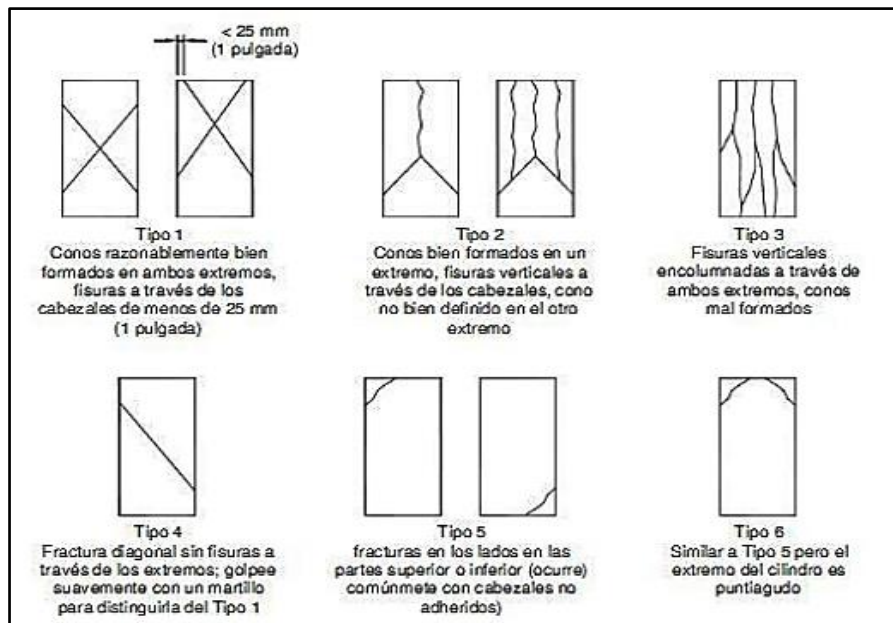


Figura 1: Fracturas típicas de los especímenes de concreto
(Fuente: NTP 300.034:2015)

La respuesta real del concreto al esfuerzo aplicado es un resultado de complejas interacciones entre varios factores, para simplificar estos factores, se los analiza separadamente:

2.2.3.1. Características y proporciones de los materiales

Antes de hacer una mezcla de concreto, el primer paso para obtener un concreto con la resistencia especificada, es la selección de los materiales adecuados y determinación de sus proporciones. Muchos parámetros del diseño de la mezcla son interdependientes; por lo tanto, sus influencias no pueden ser separadas en la realidad (Metha, K & Monteiro, P., 1998):

a. Relación Agua / Cemento. Guevara, G. (2011) dice que se debe tener un claro entendimiento del efecto de la relación agua/cemento, pues está ligado a una gran gama de propiedades mecánicas del concreto. En esta relación, la importancia del agua resulta de gran magnitud, ya que ella y su relación con el cemento están altamente ligados a una gran cantidad de propiedades del material final que se obtendrá, en donde usualmente conforme más agua se adicione, aumenta la fluidez de la mezcla y, por lo tanto, su trabajabilidad y plasticidad, lo cual presenta grandes beneficios para la mano de obra; pero, comienza a disminuir la resistencia debido al mayor volumen de espacios creados por el agua libre. Así, se puede afirmar que la resistencia del concreto depende altamente de la relación por peso entre el agua y el cemento

Tabla 6: *Influencia de la relación a/c en la resistencia*

Agua/Cemento	f'c (kg/cm²)
0.36	420
0.40	370
0.45	340
0.50	295
0.55	275
0.60	230
0.65	220
0.70	185
0.75	165
0.80	140

Fuente: Guevara (2011)

2.2.3.2. Condiciones de curado

Son procedimientos dedicados a promover la hidratación del cemento, que consisten en el control del tiempo, la temperatura y las condiciones de humedad, inmediatamente después de la colocación de una mezcla de concreto. A una relación dada de agua/cemento, la porosidad de una pasta de cemento hidratada se determina por el grado de hidratación del cemento. En condiciones normales de temperatura, algunos de los componentes constitutivos del cemento portland comienzan a hidratarse en cuanto se agrega el agua, pero las reacciones de la hidratación se desaceleran considerablemente cuando los productos de la hidratación cubren los granos del cemento anhidro. El tiempo y la humedad son factores importantes en el proceso de hidratación controlada por la difusión del agua. Además, el aumento de la temperatura tiene un efecto acelerador en las reacciones de hidratación. (Metha, K & Monteiro, P., 1998)

2.2.3.3. Parámetros de prueba

El ensayo universalmente conocido para determinar la resistencia a la compresión, es el ensayo sobre probetas cilíndricas elaboradas en moldes especiales que tienen 150 mm de diámetro y 300 mm de altura. La norma NTP 339.034:2015/ASTM C39 rige los procedimientos de elaboración de los cilindros y ensayo de resistencia a la compresión respectivamente.

2.2.4. Dosificación de mezclas

Los métodos para dosificación del concreto tienen finalidad encontrar las proporciones adecuadas de cada uno de los materiales componentes que integran la mezcla para satisfacer los requerimientos específicos de cada proyecto. La mezcla de concreto que se elabore debe ser trabajable, consistente y a la vez cohesiva; estas propiedades facilitaran la adecuada colocación en los encofrados y a la vez pueda ser una alternativa económica. (Polando & Setién, sf.)

El cálculo teórico de las proporciones en que hay que mezclar los componentes deben ser comprobadas con antelación experimentalmente en el laboratorio para que la puesta en obra resulte de la manera esperada, ya que ningún método de dosificación puede tener en cuenta la gran cantidad de factores que influyen en las propiedades del concreto a obtener. Las dosificaciones se basan en: dosificación del concreto según la mezcla de sus componentes en volumen y en función de la cantidad de cemento que se necesite por m^3 ; la dosificación por peso de sus componentes, partiendo de una cantidad fija de cemento por m^3 ; y la dosificación en razón a las resistencias requeridas del concreto a los 7, 14, 28 días de edad del concreto. Con cualquier método se debe conocer: a. Tipo de cemento y sus propiedades, b. Granulometría, peso específico y unitario, % de humedad y % de absorción de los agregados. (Polando & Setién, sf.)

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

3.1.1. Ubicación geográfica de la investigación

Se desarrolló en la región, provincia y distrito de Cajamarca, con una altura de la capital de 2760 m.s.n.m. y con un clima templado y seco por el día y frío en la noche.

3.1.2. Ubicación geográfica de los agregados

Obtenidos de la cantera “Margarita”, los agregados son extraídos del río Jequetepeque, Ubicada en el distrito de Chilete, Provincia de Contumazá, región Cajamarca, a una altura de 847 m.s.n.m. Sus coordenadas son: Este: 739093 m y Norte: 9200754 m

3.1.3. Ubicación geográfica del reemplazo

Obtenida de la cantera “La Molina”, ubicada en el sector La Molina, distrito, provincia y región Cajamarca a una altura de 2825 m.s.n.m., con coordenadas: Este: 774270 m y Norte: 9211731 m

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo y diseño de investigación

- a. Tipo de investigación : Experimental
- b. Diseño de investigación : Correlacional

3.2.2. Variables

- a. Dependiente : Resistencia a compresión del concreto
- b. Independiente : Porcentaje de reemplazo de agregado grueso con traquita saturada

3.2.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.2.3.1. Población:

Especímenes de concreto

3.2.3.2. Muestra:

Tamaño de muestra para especímenes cilíndricos para ensayo de Resistencia a compresión:

Tabla 7: Cantidad de especímenes para ensayos de resistencia a la compresión

Edad de Ensayo (días)	Mezcla Patrón Inmersión	Mezcla con Dosificación de 5% Traquita		Mezcla con Dosificación de 10% Traquita		Mezcla con Dosificación de 15% Traquita		SUB TOTAL
		Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada	
7	10	10	10	10	10	10	10	70
14	10	10	10	10	10	10	10	70
28	10	10	10	10	10	10	10	70
TOTAL								210

3.2.3.3. Unidad de análisis:

Cada probeta a ensayar

3.3. METODOLOGÍA

Para la investigación se considera el siguiente procedimiento:

- a. Elección de los materiales a emplear: Agregados de la cantera Margarita, Traquita de la cantera La Molina y Cemento Fortimax 3
- b. Determinar las características físicas y mecánicas de los agregados: Las propiedades físicas de los agregados se analizaron mediante los ensayos establecidos en la normativa.
- c. Calcular los diseños de mezcla: utilizando el Método de Módulo de finura de la combinación de los agregados, considerando los siguientes diseños de mezcla:
 - Mezcla patrón: Sin reemplazo de traquita en la mezcla de concreto.

- Mezcla con dosificación del 5% de traquita: Presenta reemplazo en el agregado grueso por traquita; saturada y traquita seca.
- Mezcla con dosificación del 10% de traquita: Presenta reemplazo en el agregado grueso por traquita; saturada y traquita seca.
- Mezcla con dosificación del 15% de traquita: Presenta reemplazo en el agregado grueso por traquita; saturada y traquita seca.

d. Elaborar los especímenes de concreto:

- Especímenes cilíndricos de concreto sin traquita: se elaboraron 30 especímenes que fueron ensayados a resistencia a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días, curadas por inmersión.
- Especímenes cilíndricos de concreto con reemplazo en el agregado grueso de traquita saturada: se elaboraron 90 especímenes que fueron ensayados a resistencia a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días, (30 especímenes para cada porcentaje planteado: 5, 10 y 15%).
- Especímenes cilíndricos de concreto con reemplazo en el agregado grueso de traquita seca: se elaboraron 90 especímenes que fueron ensayados a resistencia a compresión a la edad de 7, 14 y 28 días, (30 especímenes para cada porcentaje planteado: 5, 10 y 15%).

e. Curado de especímenes de concreto:

- Especímenes cilíndricos para curado sumergido en agua: siguiendo los procedimientos de la NTP 339.033:2015/ASTM C 31 para curar especímenes cilíndricos de concreto sumergiéndolos en agua de curado, nos indica que Transcurridas 24 ± 8 horas después de elaborar los especímenes, deberán ser desmoldados y se procede a realizar el curado por sumersión en agua que tenga una temperatura cercana a $20^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$, saturando el agua con cal viva en un porcentaje del volumen de agua.
- Especímenes cilíndricos de concreto con reemplazo en el agregado grueso de traquita saturada: procedimiento sin curado externo. Solo fueron desmoldadas y almacenadas en un ambiente abierto, empleando el autocurado ya que la traquita fue saturada al máximo por tres días.
- Especímenes cilíndricos de concreto con reemplazo en el agregado grueso de traquita seca: procedimiento sin curado externo. Solo fueron desmoldadas y almacenadas en un ambiente abierto.

f. Ensayos a compresión uniaxial de los especímenes de concreto a los 7, 14 y 28 días.

- g. Análisis y procesamiento de datos.
- h. Conclusiones y recomendaciones.

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS

3.4.1. Materiales

- Cemento Fortimax 3: cemento adicionado de la empresa Cementos Pacasmayo.
- Agregados: Los agregados grueso y fino proceden de la cantera “Margarita” – Chilete.
- Traquita: Procedente de la cantera “La Molina” – Sector La Molina, Cajamarca.
- Agua: Cumple con los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma NTP 339.088:2014

3.4.2. Equipos

- Balanza: con sensibilidad de 0.1 gr.
- Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm.
- Cono de Abrams y barra compactadora de acero, circular, recta, de 1/2" de diámetro y 60 cm. de largo, con un extremo redondeado.
- Deformímetro.
- Esferas de acero
- Estufa a temperatura constante de $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Fiola de vidrio
- Juego de tamices: N° 200, N°100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 3 1/2" y 4"
- Máquina Universal.
- Moldes de concreto circulares de 6" de diámetro y 12" de altura.

3.5. OBTENCIÓN DE RESULTADOS

3.5.1. Propiedades de los agregados

Los agregados tienen una influencia notable en el concreto, ya que estos participan en gran porcentaje dentro de la masa de concreto, por ello sus propiedades y características

contribuyen a las propiedades del concreto. Para la obtención de las propiedades de los agregados, nos guiamos de las normas y bases para realizar los ensayos.

Muestreo de los agregados: muestras con un apropiado tamaño ya que debían ser empleadas en los ensayos normalizados, y representativas, para ello se empleó el método del cuarteo (NTP 400.043:2015). Con la finalidad de ser capaces de diseñar mezclas de concreto y obtener de ellas, resultados apropiados en cuanto a resistencia, es necesario conocer las siguientes propiedades de los agregados:

3.5.1.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad se determina como la relación que existe entre el peso del agua (W_w) contenida en la muestra y el peso de su fase sólida (W_s). Se expresa en porcentaje:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots (1)$$

Ensayo de contenido de humedad:

- Material:

Tres muestras del agregado fino (500 gr. cada una)

Tres muestras del agregado grueso (3000 gr. cada una)

- Equipo

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

Estufa

Taras

Procedimiento: El proceso se realiza en laboratorio.

- Pesar la tara (W_t)

- Pesar la muestra húmeda más tara (W_{m+t})

- Colocar la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C

- Pesar la muestra seca más tara (W_{s+t})

- Determinar el peso del agua $W_w = (W_{m+t}) - (W_{s+t}) \dots (2)$

- Determinar el peso de la muestra seca $W_s = (W_{s+t}) - W_t \dots (3)$

- Determinar el contenido de humedad $W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots (1)$

3.5.1.2. Granulometría de los Agregados

El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre con aberturas cuadradas. Entre más uniforme la granulometría, mayor economía.

Tabla 8: *Peso de la muestra respecto al T.M.N. de las partículas*

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL ABERTURAS CUADRADAS	PESO MÍNIMO DE LA MUESTRA (KG)/(LN)
9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg.)	1 (2)
12,5 mm ($\frac{1}{2}$)	2 (4)
19.0 mm ($\frac{3}{4}$)	5 (11)
25.0 mm (1)	10 (22)
37.5 mm ($1\frac{1}{2}$)	15 (33)
50.0 mm (2)	20 (44)
63.0 mm ($2\frac{1}{2}$)	35 (77)
75.0 mm (3)	60 (130)
90 mm ($3\frac{1}{2}$)	100 (220)
100 mm (4)	150 (330)
125 mm (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012:2013

Ensayo de Granulometría: Agregado grueso y Agregado Fino

El metodo para la distribución de los tamaños de las particulas de los agregados por tamizado está describo en la normas NTP 400.012:2013

- Material:

Tres muestras del agregado seco (500 gr. cada una)

Tres muestras del agregado grueso (3000 gr. cada una)

- Equipo

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

Juego de tamices

Horno $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento: El proceso se hace en laboratorio.

- Pesar la tara (W_t)
- Pesar las muestras con los pesos respectivos (tanto de agregado fino como agregado grueso)
- Llevar al horno las muestras a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se colocarán los tamices en orden para poder pasar las muestras y corroborar que cumplan las especificaciones requeridas en las Normas.
- Colocamos la muestra sobre el tamiz superior y se procede a agitar el juego de tamices de manera constante.
- La labor se dará por terminada si al paso de un minuto no pasa más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz.
- Pesamos lo retenido en cada tamiz y cazoleta
- Procesar los datos.

3.5.1.3. Módulo de Finura

Es un índice de la finura de los agregados, entre mayor sea el modo de finura, más grueso será el agregado. Cambios significativos en la granulometría de la arena tienen una repercusión importante en la demanda de agua y, en consecuencia, en la trabajabilidad del concreto por lo que si se deberá ajustar el contenido de cemento y agua para conservar la resistencia del concreto. Se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100.

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado (No.100, No.50, No.30, No.16, No.8, No.4, } \frac{3}{8}'' , \frac{3}{4}'' , 1\frac{1}{2}'' , 3'')}{100} \dots(4)$$

3.5.1.4. Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso

Se determina a partir de un análisis por tamices y, de acuerdo a la Norma NTP 400.037:2018 el tamaño máximo nominal del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.

3.5.1.5. Peso específico y Absorción:

3.5.1.5.1. Absorción:

Es el aumento de masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas se le expresa como porcentaje de la masa seca (NTP 400.022:2013)

Agregado grueso:

$$Ab\% = \frac{(B-A)}{A} \times 100 \dots (5)$$

A: Peso en el aire de la muestra seca en el horno

B: Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (SSS)

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

Agregado fino:

$$Ab\% = \frac{(500-W)}{W} \times 100 \dots (6)$$

W: Masa de la muestra secada en estufa, gr.

3.5.1.5.2. Peso específico o Densidad

Es la masa de las partículas del agregado seco al horno, por unidad de volúmenes, de partículas de agregado, incluyendo el volumen de los poros permeables dentro de las partículas, pero sin incluir los espacios vacíos entre las partículas. (NTP 400.022:2013)

3.5.1.5.3. Peso específico aparente:

Es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del material, a la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a conocida temperatura.

Agregado grueso:

$$Pea = \frac{A}{A-C} \dots (7)$$

A: Peso en el aire de la muestra seca en el horno

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

Agregado fino:

$$Pea = \frac{W}{(V-V_a)-(500-W)} \dots (8)$$

V: Volumen del frasco, cm³

W: Masa de la muestra secada en estufa, gr.

Va: Masa (gr.) o volumen (cm³) del agua añadida al frasco

3.5.1.5.4. Peso específico de masa:

Es la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable, a la masa en el agua de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a conocida temperatura.

Agregado grueso:

$$Pem = \frac{A}{B-C} \dots (9)$$

A: Peso en el aire de la muestra seca en el horno

B: Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (SSS)

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

Agregado fino:

$$Pem = \frac{W}{(V-V_a)} \dots (10)$$

V: Volumen del frasco, cm³

W: Masa de la muestra secada en estufa, gr.

Va: Masa (gr.) o volumen (cm³) del agua añadida al frasco

3.5.1.5.5. Peso específico de masa saturada superficialmente seca

Relacionado a las partículas del agregado, es la condición en la que los poros permeables de las partículas de agregado están llenos de agua por inmersión, durante el periodo de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas

Agregado grueso:

$$PeaSSS = \frac{B}{B-C} \dots (11)$$

B: Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (SSS)

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

Agregado fino:

$$PeSSS = \frac{500}{(V-V_a)} \dots (12)$$

V: Volumen del frasco, cm^3

V_a: Masa (gr.) o volumen (cm^3) del agua añadida al frasco

Ensayo de Peso específico y Absorción :

En la NTP 400.022:2013 se describe el procedimiento y cálculos para el ensayo

a. Agregado grueso

- Material: tres muestras tamizadas por la malla N°4 del agregado grueso

- Equipo

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

Canastilla de alambre de 3.5 mm

Juego de tamices

Horno $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$.

Procedimiento:

- Llevar al horno las muestras de ensayo a una temperatura de $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$ durante un lapso de 24 ± 4 horas

- Dejar enfriar las muestra a temperatura ambiente aproximadamente una hora

- Saturamos el agregado grueso a una temperatura de $110^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$ durante un lapso de 24 ± 4 horas

- Cuando retiramos la muestra del horno, extendemos un gran trapo y encima el agregado y con ayuda de una franela vamos secando el material hasta obtener un estado saturado superficialmente seco (SSS)

- Obtener la masa de la muestra en el aire en estado SSS.

- Colocamos dentro de la canastilla la muestra para determinar la masa aparente de muestra sumergida en el agua en su estado SSS (Removemos las partículas para ayudar al escape del aire atrapado)
- Llevar al horno las muestras a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un lapso de 24 ± 4 horas
- Hallar el peso en el aire de la muestra seca al horno.

b. Agregado fino

- Material:

Tres muestras de agregado fino

- Equipo

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

Fiola

Horno $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad:

Procedimiento:

- Las muestras de ensayo se colocan se llevan al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un lapso de 24 ± 4 horas.
- Colocar las muestras en un recipiente que permita poder cubrirla con agua para saturar por un lapso de 24 ± 4 horas.
- Removemos el exceso de agua de tal manera que evitemos la pérdida de finos.
- Colocamos la muestra sobre una superficie expuesta a temperatura ambiente, (importante que la superficie no sea absorbente), hasta obtenga una condición de flujo libre.
- Haremos la prueba de Humedad: para ello se coloca el molde sobre una superficie no absorbente suave con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar una porción del agregado fino suelto parcialmente seco en el molde y se hasta el tope y amontonar material adicional por encima de la parte superior del molde sujetándolo con los dedos de la mano que sostiene el molde. Ligeramente apisonar el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora. Comience cada golpe aproximadamente a 5 mm por encima de la superficie superior del agregado fino. Ajustar la altura inicial de la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuir los golpes sobre la superficie. Retirar la arena suelta de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad de la superficie está todavía presente, el

agregado fino conservará la forma moldeada. La ligera caída del agregado fino moldeado indica que se ha llegado a un estado de superficie seca y podemos continuar el ensayo:

- Llenar parcialmente la fiola con agua e introducimos $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ de agregado fino saturado superficialmente seco y llenar de agua adicional hasta aproximada el 90% de su capacidad.
- Agitar la fiola manualmente para eliminar todas las burbujas de aire visibles.
- Luego, llevar el nivel de agua de la fiola a su capacidad de calibración.
- Determinar la masa la masa total de la fiola, el espécimen y el agua.
- Retirar el agregado fino de la fiola, secar en el horno a una masa constante, a una temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, enfriar en aire a temperatura ambiente durante $1 \text{ h} \pm \frac{1}{2} \text{ h}$, y determinar la masa.
- Determinar la masa de la fiola llena a su capacidad de calibración con agua.

3.5.1.6. Peso Unitario

Ya sea suelto o compactado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario, se expresa en kg/m^3 del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen. Conocimiento el peso unitario del agregado se puede calcular el contenido de vacíos, clasificar a los agregados en livianos, normales y pesados y tener una medida de la uniformidad del agregado.

3.5.1.6.1. Peso unitario suelto (P.U.S.)

Para determinarlo se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto derrame y a continuación se nivela a ras con una varilla. El concepto P.U.S. es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto. Se usará para conocer el consumo de áridos por m^3 de concreto.

3.5.1.6.2. Peso unitario compactado (PUC)

Se denomina P.U.C. cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria. Con él se determina el volumen absoluto de los agregados por cuanto estos van a estar sometidos a una compactación durante el proceso de colocación del concreto.

Ensayo de Peso Unitario Volumétrico: Compactado

- Material:

Muestra del agregado grueso.

- Equipo

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

Cucharón

Recipiente

Varillas de apistonado

Procedimiento:

- Secar una cantidad de agregado grueso que abarque más de la totalidad del recipiente, en la mufla durante 24 horas a una temperatura promedio de 11 °C.
- Sacar la muestra de la mufla y llenar con esta muestra hasta 1/3 de su capacidad y se compacta con ayuda de la varilla con 25 golpes fuertes.
- Se llena hasta la 2/3 de su capacidad y se compacta esta segunda capa con 25 golpes de varilla, sin penetrar en la capa previa ya compactada y lo mismo para la última capa (hasta que desborde)
- Nivelar la capa superficial del agregado utilizando la varilla, de manera de enrasarla con el borde superior del recipiente.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido de agregado grueso y se registra el valor.
- Determinación del volumen real del recipiente: Debido a la irregularidad de la superficie interior del recipiente para obtener su volumen, lo hacemos determinando el volumen de agua en el recipiente llenándolo con una cantidad de agua que se encuentre aproximadamente a 16 °C y pesamos; considerando un valor de 999.03 para el Peso específico del Agua a 16 °C.

Ensayo de Peso Unitario Volumétrico: Suelto

- Material:

Muestra del agregado grueso.

- Equipo

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

Cucharón

Recipiente

Varillas de apistonado

Procedimiento:

- Secar una cantidad de agregado grueso que abarque más de la totalidad del recipiente, en la mufla durante 24 horas a una temperatura promedio de 11 °C.
- Sacar la muestra de la mufla y llenar con esta muestra (desde una altura 5 cm. Sobre el borde del recipiente) hasta llenar el recipiente
- Nivelar la capa superficial del agregado utilizando la varilla, de manera de enrasarla con el borde superior del recipiente.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido de agregado grueso y registrar este valor.
- Determinación del volumen real del recipiente: Debido a la irregularidad de la superficie interior del recipiente para obtener su volumen, lo hacemos determinando el volumen de agua en el recipiente llenándolo con una cantidad de agua que se encuentre aproximadamente a 16 °C y pesamos; considerando un valor de 999.03 para el Peso específico del Agua a 16 °C.

Fórmulas empleadas

$$Vol. recipiente = \frac{Peso\ del\ agua\ en\ el\ recipiente}{Peso\ \gamma\ Agua\ a\ 16^{\circ}C} \dots(13)$$

$$P. U. Vol. suelto = \frac{Peso\ de\ la\ muestra\ suelta}{Vol. recipiente} \dots(14)$$

$$P. U. Vol. compactado = \frac{Peso\ de\ la\ muestra\ compactada}{Vol. recipiente} \dots(15)$$

3.5.1.7. Materiales Finos que pasan por el Tamiz N° 200

Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado las partículas que pasan el tamiz 75 mm, tales como arcillas, agregados muy finos y materiales solubles en el agua.

$$\% \text{ material fino retenido en T No. 200} = \frac{M_{seca\ de\ muestra\ original} - M_{seca\ de\ muestra\ luego\ del\ lavado}}{M_{seca\ de\ muestra\ original}} \times 100 \dots (16)$$

El tamaño de la muestra de ensayo, después de haber sido secada deberá considerar la tabla de Cantidad mínima de muestra a ensayar:

Tabla 9: Cantidad mínima de muestra a ensayar

T.M.N. DEL AGREGADO	CANTIDAD MÍNIMA (gr.)
4.75 mm (Nº4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (Nº4) a 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ "	1000
Mayor que 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ ") a 19 mm ($\frac{3}{4}$ "	2500
Mayor a 19 mm ($\frac{3}{4}$ ")	5000

Fuente: NTP 400.018:2013

Ensayo de Materiales Finos que pasan por el Tamiz N°200

- Material:

Muestra de ensayo.

- Equipo

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

Tamices (No. 200 y No. 16)

Recipiente

Horno $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Procedimiento:

- La muestra a ensayar debe haber sido previamente secada por 24 horas a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Pesarse la cantidad calculada de la tabla: *Cantidad mínima de muestra a ensayar*.
- Colocar la muestra en el recipiente y cubrirlo con agua suficiente que a la vez nos permita agitarla para separar las partículas finas.
- Colocar la muestra sobre el tamiz normalizado N°200 y verter agua de lavado hasta que esta esté clara.
- Secar el material retenido sobre los tamices por 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y determinar la masa con aproximación al 0,1 % de la masa original de la muestra.

3.6. TRAQUITA

3.6.1. Peso específico y Absorción

Las normas que serán nuestra guía para la elaboración de estas propiedades serán la NTP 400.022 Y ASTM C 18, al no contarse con la norma correspondiente para la determinación de propiedades de la roca traquita.

Equipo:

- Balanza: sensibles a 0,1 g o menos, y una precisión de 0,1 % de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo.
- Fiola: para introducir la muestra de agregado fino.
- El molde y barra compactadora: El molde metálico deberá tener la forma de cono con las dimensiones de la siguiente manera: 40 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte superior, 90 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte inferior y 75 mm \pm 3 mm de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0.8 mm. La barra compactadora de metal tendrá una masa de 340 g \pm 15 g y una cara plana circular de apisonamiento de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.
- Estufa: capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C \pm 5°C.

Muestreo:

- Extraer la roca taquita de la cantera en la condición de meteorizada.
- Pulverizar la roca, para ello hay dos procedimientos: (1) se disgrega la muestra con la ayuda de un mazo sobre una superficie plana no absorbente, (2) Pasar la muestra ya disgregada por un molino de grano con la finalidad de disgregar aún más las partículas.
- Al utilizar la traquita como material cementante deberemos tamizarla por el tamiz de 1/2, ya que no contamos en la ciudad de Cajamarca con un molino industrial de bola, el cual es el que se utiliza para este procedimiento.
- Colocar la muestra de ensayo en un recipiente y secar en la estufa hasta una masa constante a una temperatura 110°C \pm 5°C.
- Sacar de la estufa y dejar que se enfríe a una temperatura apropiada de manipulación, cubrir con agua y dejar reposar durante 24h \pm 4h.
- Decantar el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla con frecuencia para garantizar el secado homogéneo. Continuar esta operación hasta que la muestra de ensayo obtenga una condición de flujo libre.
- Continuar con el procedimiento de prueba de humedad superficial:

Prueba de humedad superficial:

- Colocar el molde firmemente sobre una superficie no absorbente suave con el diámetro mayor hacia abajo.
- Colocar una porción del agregado fino suelto parcialmente seco en el molde llenándolo hasta el tope y amontonar material adicional por encima de la parte superior del molde sujetándolo

con los dedos de la mano que sostiene el molde, apistonando en el molde con 25 golpes con la barra compactadora. Comience cada golpe aproximadamente a 5 mm por encima de la superficie superior del agregado fino.

-Retirar la arena suelta de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad de la superficie está todavía presente, el agregado fino conservará la forma moldeada. La ligera caída del agregado fino moldeado indica que se ha llegado a un estado de superficie seca.

-Continuar secando con agitación constante y ensayar a intervalos frecuentes hasta que la prueba indique que la muestra ha alcanzado una condición de superficie seca.

Procedimiento de los ensayos:

- Llenar parcialmente la fiola con agua. Introducir en ella $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ de agregado fino de saturada seca superficialmente y llenar de agua adicional hasta aproximada el 90% de su capacidad. Agitar la fiola manualmente: rodar, invertir o agitar manualmente el picnómetro para eliminar las burbujas de aire visibles.
- Después de la eliminación de todas las burbujas de aire llevar el nivel de agua en la fiola a su capacidad de calibración. Determinar la masa total de la fiola, el espécimen y el agua.
- Retirar el agregado fino de la fiola, secar en el horno a una masa constante, a una temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, enfriar en aire a temperatura ambiente durante $1 \text{ h} \pm \frac{1}{2} \text{ h}$, y determinar la masa.
- Determinar la masa de la fiola lleno a su capacidad de calibración con agua.

3.7. DISEÑO DE MEZCLA: MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

3.7.1. Elaboración de los Diseños de Mezcla

Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de trabajabilidad, resistencia, consistencia, durabilidad y economía.

3.7.1.1. Elaboración de las unidades de estudio cilíndricas de concreto para prueba de compresión

Se usan cilindros para la compresión con dimensiones $150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$, con dosificaciones y considerando los procedimientos de la NTP 339.183, se tiene:

Equipos y Herramientas:

- a.** Moldes Cilíndricos: Para que nos sean útiles, los moldes serán de acero, ya que este es un material que no absorberá, ni tendrá reacción con el cemento, consideremos las dimensiones de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura. Tendremos en consideración que antes de vaciar la mezcla estos moldes deberán haber sido untados con aceite de cocina pues así su desencofrado será mucho más fácil y rápido.
- b.** Varilla de apistonado: Será de acero y lisa, de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud, con sus extremos de forma redondeada tipo semi-esférica.
- c.** Mazo: Con cabeza de hule de peso aproximado a 0.8 Kg.
- d.** Balanza Electrónica: balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 5 g.
- e.** Mezcladora: Fue una mezcladora tipo trompo eléctrico de 6 pies cúbicos de capacidad.
- f.** Herramientas manuales: Palas, baldes, espátulas y alisadores de metal para la superficie del concreto, cucharones y reglas.

Elaboración de los especímenes cilíndricos de concreto:

- a.** Sobre una superficie nivelada y rígida se colocarán los moldes de acero
- b.** Colocar la mezcla de concreto dentro del molde con el cucharón que asegure la distribución del concreto.
- c.** Llenar el molde en tres capas de igual volumen, pero considerando que la última capa deberá tener una cantidad de mezcla suficiente para que después de compactado el molde quede lleno.
- d.** Compactar cada capa con 25 penetraciones de la varilla de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior.
- e.** Golpear los lados del molde ligeramente por 15 veces con el mazo de goma alrededor de todo el molde para liberar las burbujas que estaban atrapadas.
- f.** Enrazar el exceso de mezcla con la varilla de compactación y dar el acabado con una espátula para tener una superficie lisa y plana.
- g.** Codificar cada unidad de estudio con el número de muestra, fecha, hora y tipo de tratamiento.
- h.** Desencofrar las unidades de estudio al haber transcurrido 24 ± 8 horas.
- i.** Realizar el curado por inmersión de las unidades de estudio.

Elaboración de especímenes cilíndricos con un porcentaje de reemplazo de traquita; saturada y seca en el agregado grueso:

- a. Sobre una superficie nivelada y rígida se colocarán los moldes de acero
- b. Colocar la mezcla de concreto dentro del molde con el cucharón que asegure la distribución del concreto.
- c. Llenar el molde en tres capas de igual volumen, pero considerando que la última capa deberá tener una cantidad de mezcla suficiente para que después de compactado el molde quede lleno.
- d. Compactar cada capa con 25 penetraciones de la varilla de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior.
- e. Golpear los lados del molde ligeramente por 15 veces con el mazo de goma alrededor de todo el molde para liberar las burbujas que estaban atrapadas.
- f. Enrazar el exceso de mezcla con la varilla de compactación y dar el acabado con una espátula para tener una superficie lisa y plana.
- g. Codificar cada unidad de estudio con el número de muestra, fecha, hora y tipo de tratamiento.
- h. Desencofrar las unidades de estudio al haber transcurrido 24 ± 8 horas.

3.8. ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.8.1. Para el análisis y procesamiento de datos

Uso del programa Excel 2016, para realizar cálculos, tablas y gráficas necesarios en el estudio.

3.8.2. Resultados:

Tabla 10: *Resultados de los ensayos de los agregados y traquita*

	Unidad	A. F.	A. G.	Traquita
Peso Específico de Masa	gr/m ³	2.621	2.618	1.74
Peso Específico de Masa S.S.S.	gr/m ³	2.652	2.646	2.01
Peso Específico de Aparente	gr/m ³	2.705	2.694	2.42
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	1620	1357	-
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1747	1477	-
Contenido de Humedad	W %	5.33	0.298	-
Absorción (%)	%	1.18	1.072	16.7
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	2.89	0.48	-
Módulo de finura	-	3.04	6.75	-

Tabla 11: Resultados del Peso Unitario del concreto fresco

MUESTRA	UNID.	MEZCLA PATRÓN	TRAQUITA SATURADA 5%	TRAQUITA SATURADA 10%	TRAQUITA SATURADA 15%	TRAQUITA SECA 5%	TRAQUITA SECA 10%	TRAQUITA SECA 15%
M - 1	kg/m ³	2330.12	2267.88	2336.17	2248.61	2204.75	2244.67	2291.51
M - 2	kg/m ³	2254.03	2350.09	2359.60	2288.69	2298.15	2387.11	2300.92
M - 3	kg/m ³	2366.95	2273.26	2384.34	2286.13	2315.22	2250.21	2253.47
M - 4	kg/m ³	2329.74	2250.36	2227.47	2253.64	2300.91	2254.04	2257.83
M - 5	kg/m ³	2233.06	2268.68	2315.55	2302.36	2302.90	2347.79	2269.29
M - 6	kg/m ³	2345.11	2347.38	2262.95	2316.11	2300.65	2255.43	2192.37
M - 7	kg/m ³	2297.45	2354.87	2332.59	2313.39	2310.30	2281.23	2266.51
M - 8	kg/m ³	2324.96	2370.38	2312.22	2398.50	2253.47	2215.68	2316.02
M - 9	kg/m ³	2330.97	2335.44	2241.76	2349.30	2312.97	2293.76	2272.63
M - 10	kg/m ³	2331.94	2347.82	2328.80	2280.03	2300.02	2307.48	2332.71
Promedio		2314.43	2316.62	2310.15	2303.68	2289.93	2283.74	2275.33

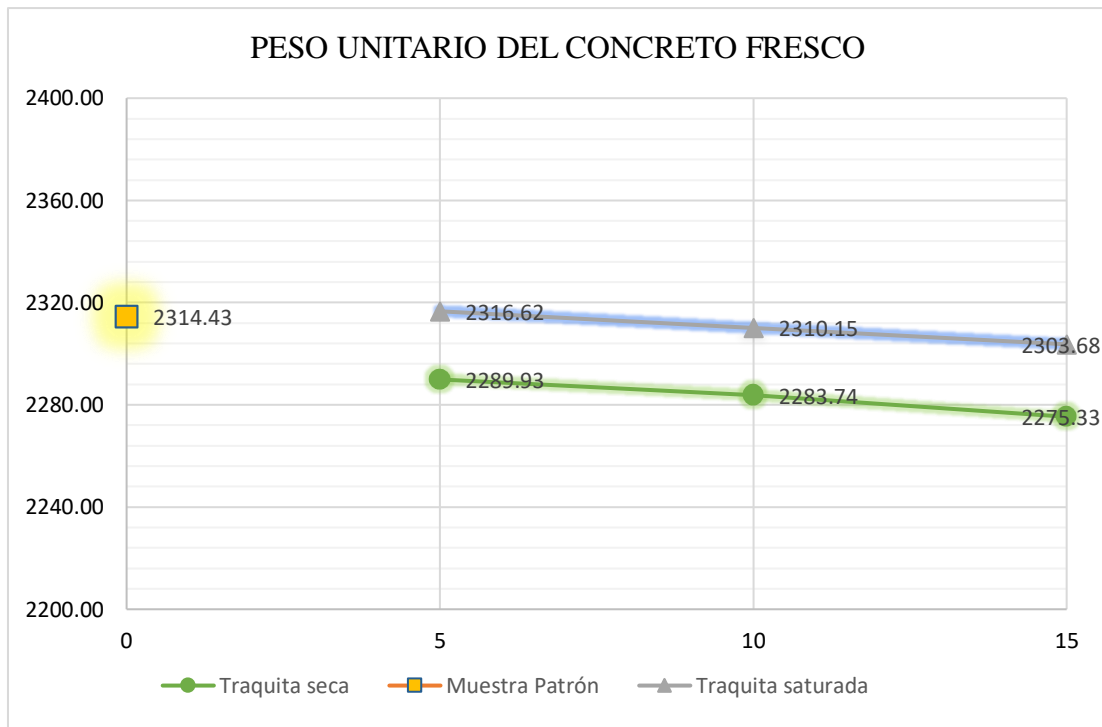


Figura 2: Gráfico de peso unitario del concreto fresco

Tabla 12: Resultados del Peso Unitario del concreto endurecido

MUESTRA	UNID.	MEZCLA PATRÓN	TRAQUITA SATURADA 5%	TRAQUITA SATURADA 10%	TRAQUITA SATURADA 15%	TRAQUITA SECA 5%	TRAQUITA SECA 10%	TRAQUITA SECA 15%
M - 1	kg/m ³	2324.82	2263.98	2333.20	2245.81	2201.75	2241.74	2287.51
M - 2	kg/m ³	2248.73	2346.19	2356.63	2285.89	2295.15	2384.18	2296.92
M - 3	kg/m ³	2361.65	2269.36	2381.37	2283.33	2312.22	2247.28	2249.47
M - 4	kg/m ³	2324.44	2246.46	2224.50	2250.84	2297.91	2251.11	2253.83
M - 5	kg/m ³	2227.76	2264.78	2312.58	2299.56	2299.90	2344.86	2265.29
M - 6	kg/m ³	2339.81	2343.48	2259.98	2313.31	2297.65	2252.50	2188.37
M - 7	kg/m ³	2292.15	2350.97	2329.62	2310.59	2307.30	2278.30	2262.51
M - 8	kg/m ³	2319.66	2366.48	2309.25	2395.70	2250.47	2212.75	2312.02
M - 9	kg/m ³	2325.67	2331.54	2238.79	2346.50	2309.97	2290.83	2268.63
M - 10	kg/m ³	2326.64	2343.92	2325.83	2277.23	2297.02	2304.55	2328.71
Promedio		2309.13	2312.72	2307.18	2300.88	2286.93	2280.81	2271.33

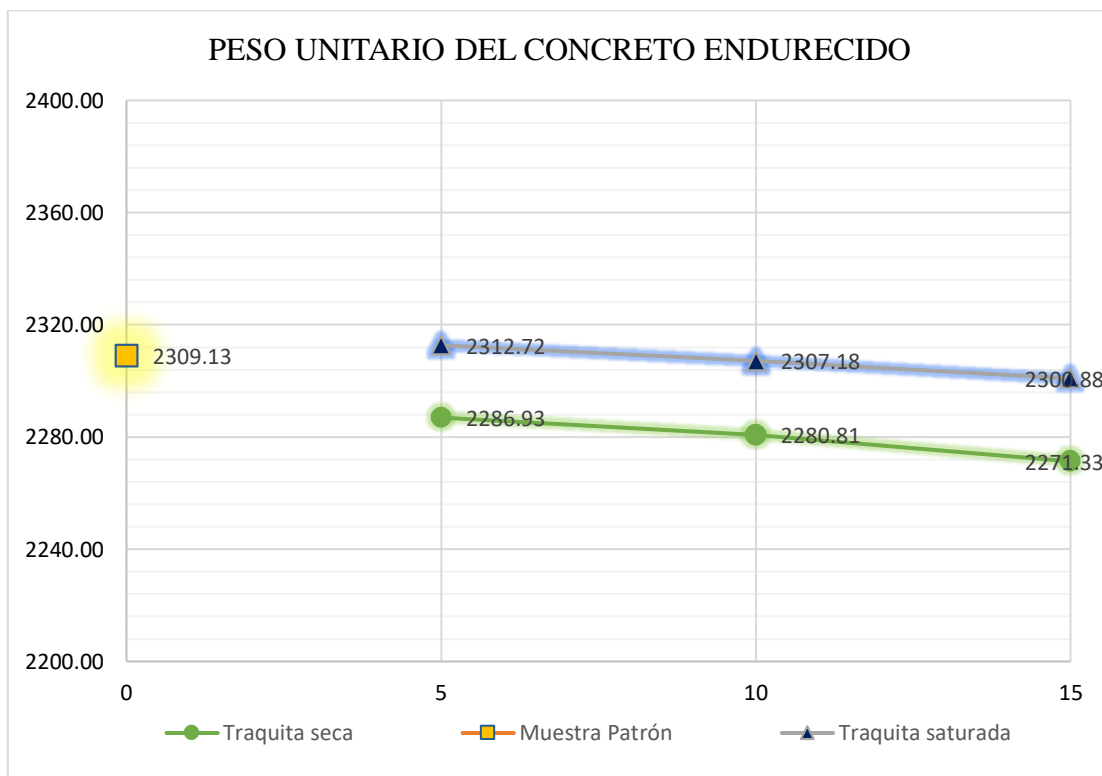


Figura 3: Gráfico de peso unitario del concreto endurecido

Elaboración de los Diseños de Mezcla

Para el diseño de mezcla se usó el método de Módulo de finura de la combinación de los agregados, obteniendo los siguientes diseños. Para el diseño completo ver el apéndice II.

DISEÑO PATRÓN:

Cemento =	337.62	kg/m ³
Agua de diseño =	176.69	lts/m ³
Agregado fino húmedo=	891.90	kg/m ³
Agregado grueso húmedo =	885.15	kg/m ³

El volumen aproximado se ha calculado para 5 especímenes= 0.03 m³

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento	10.13 kg/tanda
Agua efectiva	5.30 lts/tanda
Agregado fino	26.76 kg/tanda
Agregado grueso	26.55 kg/tanda

Como los curados empiezan a diferir, una vez corregidos los agregados, se hace un reemplazo del agregado grueso por traquita; saturada y seca, permitiendo el autocurado del concreto, teniendo en cuenta los pesos de ambos componentes para no afectarlos. Se tiene:

REEMPLAZO CON TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

DISEÑO CON 5% DE REEMPLAZO

Cemento =	337.62	kg/m ³
Agua de diseño =	176.69	lts/m ³
Agregado fino húmedo=	891.90	kg/m ³
Agregado grueso húmedo =	840.85	kg/m ³
Traquita triturada =	44.30	kg/m ³

DISEÑO CON 10% DE REEMPLAZO

Cemento =	337.62	kg/ m ³
Agua de diseño =	176.69	lts/ m ³
Agregado fino húmedo=	891.90	kg/ m ³
Agregado grueso húmedo =	796.63	kg/ m ³
Traquita triturada =	88.52	kg/ m ³

DISEÑO CON 15% DE REEMPLAZO

Cemento =	337.62	kg/cm ³
Agua de diseño =	176.69	lts/cm ³
Agregado fino húmedo=	891.90	kg/cm ³
Agregado grueso húmedo =	752.35	kg/cm ³
Traquita triturada =	132.80	kg/cm ³

REEMPLAZO CON TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

DISEÑO CON 5% DE REEMPLAZO

Cemento =	337.62	kg/m ³
Agua de diseño =	181.55	lts/m ³
Agregado fino húmedo=	891.90	kg/m ³
Agregado grueso húmedo =	840.89	kg/m ³
Traquita triturada =	44.26	kg/m ³

DISEÑO CON 10% DE REEMPLAZO

Cemento =	337.62	kg/m ³
Agua de diseño =	186.41	lts/m ³
Agregado fino húmedo=	891.90	kg/m ³
Agregado grueso húmedo =	796.63	kg/m ³
Traquita triturada =	88.52	kg/m ³

DISEÑO CON 15% DE REEMPLAZO

Cemento =	337.62 kg/m ³
Agua de diseño =	191.27 lts/m ³
Agregado fino húmedo=	891.90 kg/m ³
Agregado grueso húmedo =	752.37 kg/m ³
Traquita triturada =	132.78 kg/m ³

El volumen aproximado se ha calculado para 5 especímenes= 0.03 m³

REEMPLAZO CON TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

DISEÑO CON 5% DE REEMPLAZO

Cemento	10.13 kg/tanda
Agua efectiva	5.45 lts/tanda
Agregado fino	26.76 kg/tanda
Agregado grueso	25.23 kg/tanda
Traquita	0.87 kg/tanda

DISEÑO CON 10% DE REEMPLAZO

Cemento	10.13 kg/tanda
Agua efectiva	5.59 lts/tanda
Agregado fino	26.76 kg/tanda
Agregado grueso	23.90 kg/tanda
Traquita	1.75 kg/tanda

DISEÑO CON 15% DE REEMPLAZO

Cemento	10.13 kg/tanda
Agua efectiva	5.74 lts/tanda
Agregado fino	26.76 kg/tanda
Agregado grueso	22.57 kg/tanda
Traquita	2.62 kg/tanda

REEMPLAZO CON TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

DISEÑO A 5% DE REEMPLAZO

Cemento	10.13 kg/tanda
Agua efectiva	5.74 lts/tanda
Agregado fino	26.76 kg/tanda
Agregado grueso	25.23 kg/tanda
Traquita	1.33 kg/tanda

DISEÑO A 10% DE REEMPLAZO

Cemento	10.13 kg/tanda
Agua efectiva	5.74 lts./tanda
Agregado fino	26.76 kg/tanda
Agregado grueso	23.90 kg/tanda
Traquita	2.66 kg/tanda

DISEÑO A 15% DE REEMPLAZO

Cemento	10.13 kg/tanda
Agua efectiva	5.74 lts./tanda
Agregado fino	26.76 kg/tanda
Agregado grueso	23.90 kg/tanda
Traquita	2.98 kg/tanda

El volumen aproximado se ha calculado para 5 especímenes= 0.03 m³

Tabla 13: Resistencia a la Compresión del Concreto a los 7, 14 y 28 días

RESISTENCIA A COMPRESIÓN	UNIDAD	DÍAS		
		7	14	28
MEZCLA PATRÓN	kg/ cm ²	168.67	197.14	306.58
TRAQUITA SATURADA 5%	kg/ cm ²	158.32	188.75	228.96
TRAQUITA SATURADA 10%	kg/ cm ²	137.82	174.44	215.65
TRAQUITA SATURADA 15%	kg/ cm ²	118.05	168.96	205.19
TRAQUITA SECA 5%	kg/ cm ²	105.48	157.05	174.46
TRAQUITA SECA 10%	kg/ cm ²	97.77	145.08	157.53
TRAQUITA SECA 15%	kg/ cm ²	91.14	124.38	136.15

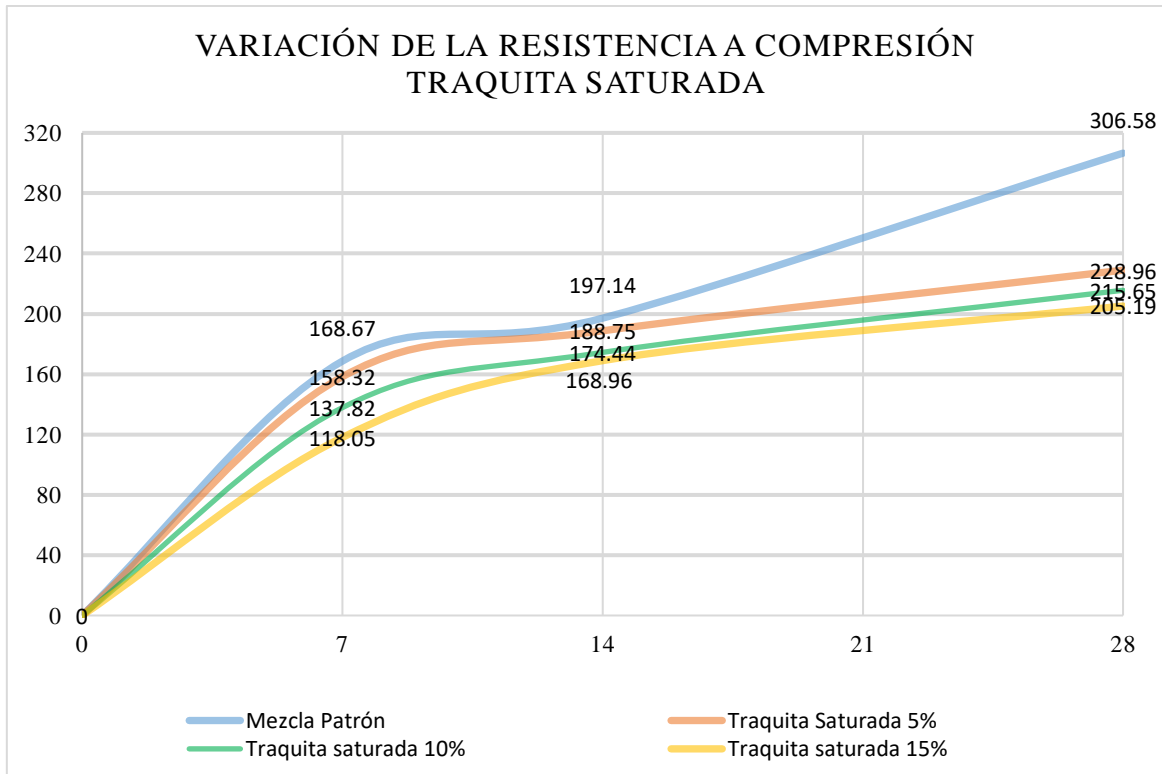


Figura 4: Gráfico de comparación de la Resistencia a Compresión de las muestras patrón y las muestras con traquita saturada

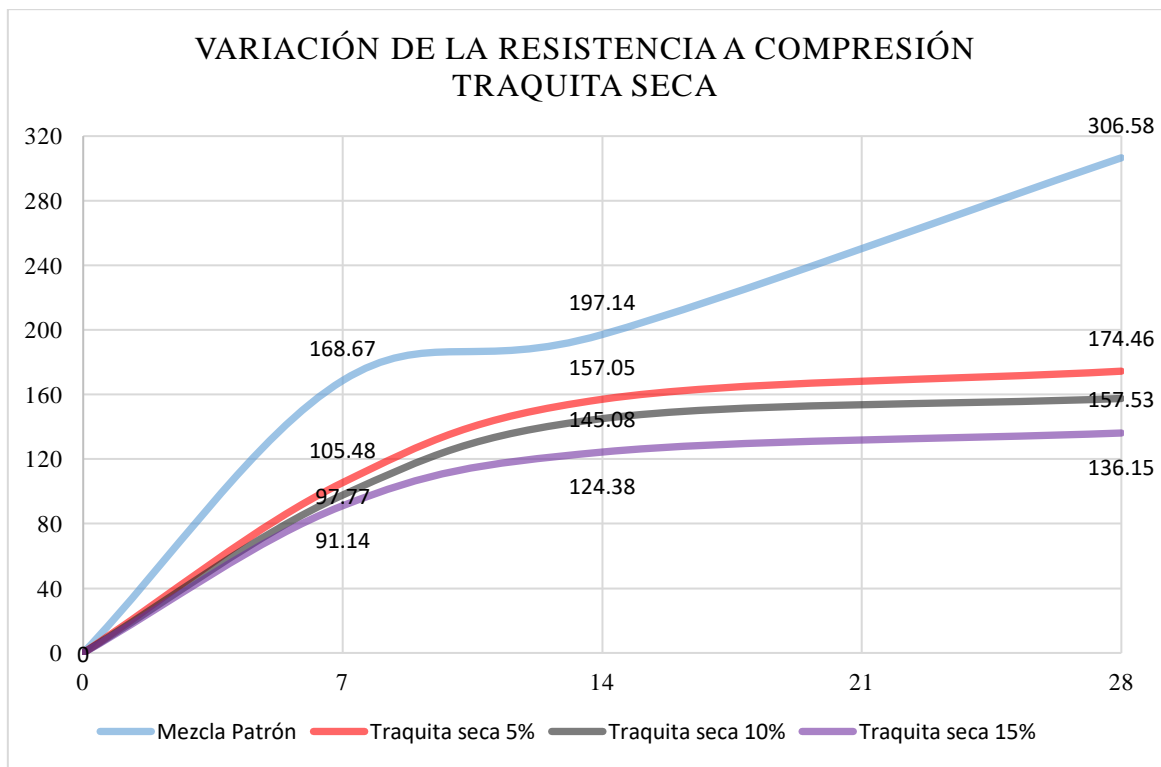


Figura 5: Gráfico de comparación de la Resistencia a Compresión de las muestras patrón y las muestras con traquita seca

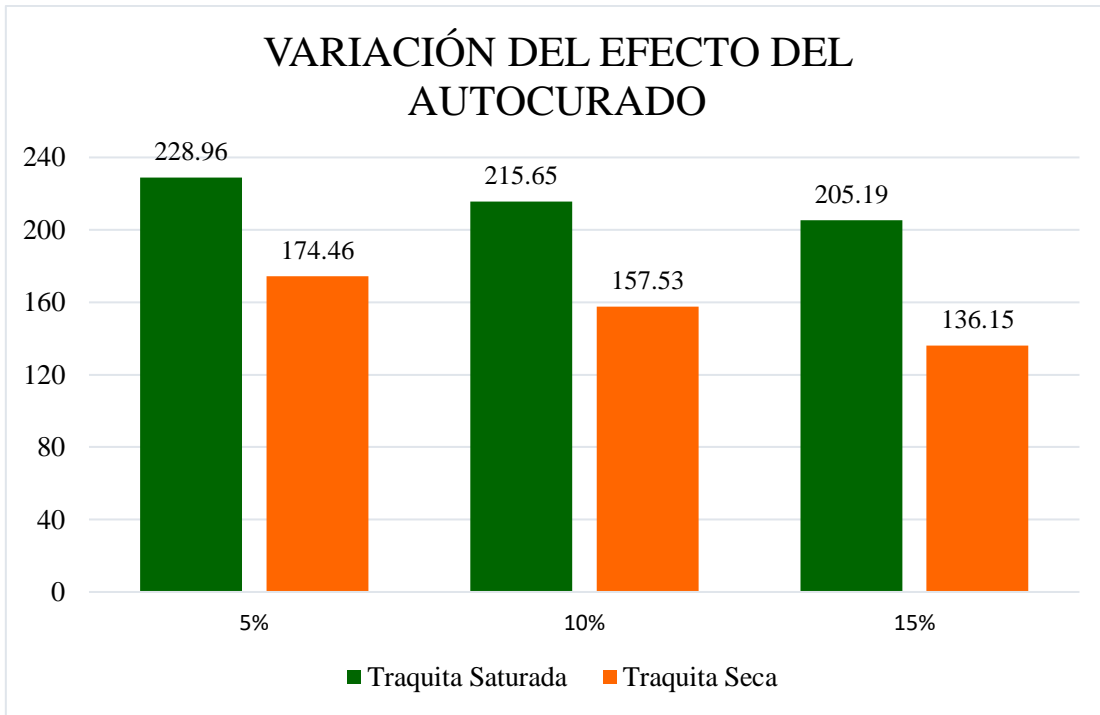


Figura 6: Gráfico de variación de la resistencia a compresión de las muestras con traquita saturada y seca a los 28 días

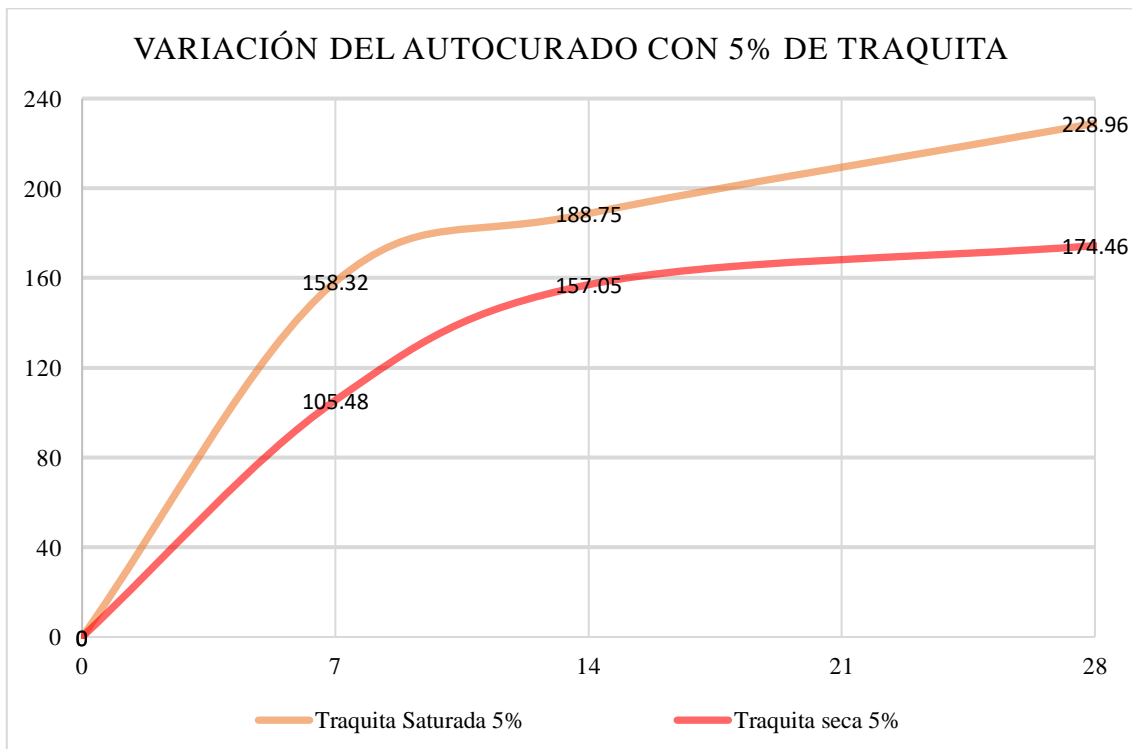


Figura 7: Gráfico de la variación del autocurado con reemplazo en el agregado grueso por 5% de traquita saturada y seca

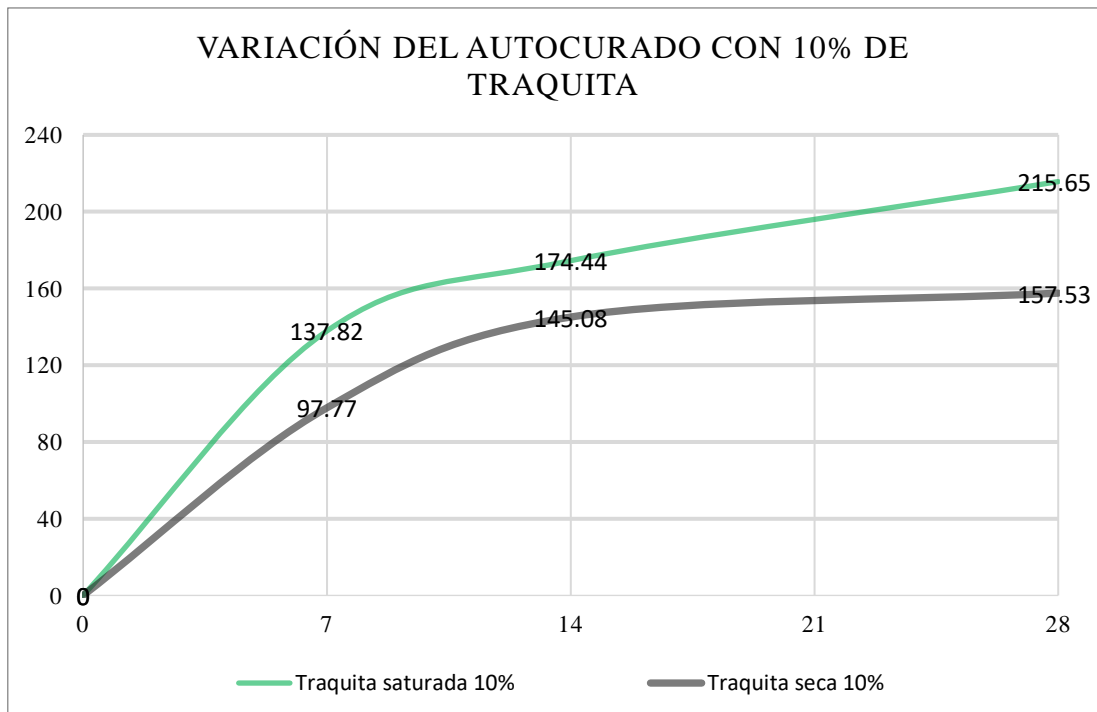


Figura 8: Gráfico de la variación del autocurado con reemplazo en el agregado grueso por 10% de traquita saturada y seca

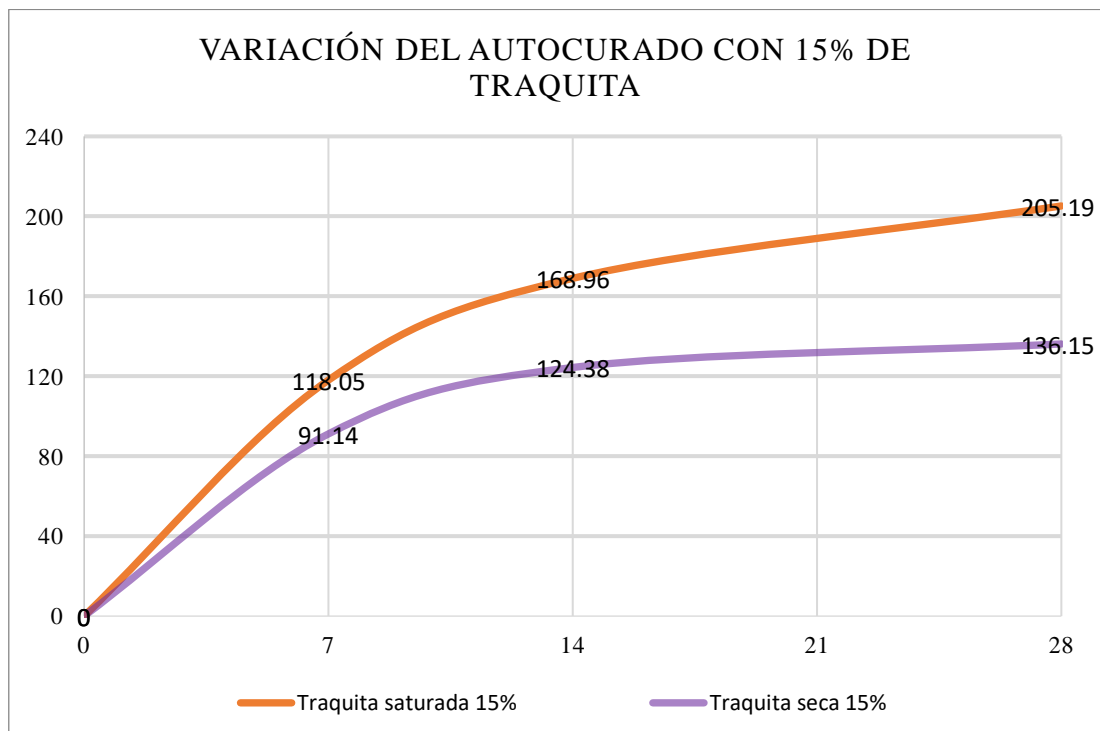


Figura 9: Gráfico de la variación del autocurado con reemplazo en el agregado grueso por 15% de traquita saturada y seca

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO

4.1.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PESO FRESCO DEL CONCRETO

La figura 2 presenta los resultados del peso unitario del concreto fresco, donde se obtuvo que la mezcla patrón, las mezclas con reemplazo agregado por traquita saturada del 5%, 10% y 15%, las mezclas con reemplazo agregado por traquita seca del 5%, 10% y 15%, obteniendo 2314.43 kg/m³, 2316.32 kg/m³, 2310.15 kg/m³, 2303.68 kg/m³, 2289.93 kg/m³, 2283.74 kg/m³, 2275.33 kg/m³ respectivamente. Todas las mezclas tuvieron trabajabilidad ya que los componentes de las masas del concreto pudieron mezclarse fácilmente además su manejabilidad, transporte, colación y su compactación en los moldes cilíndricos

4.1.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PESO ENDURECIDO DEL CONCRETO

La figura 3 presenta los resultados del peso unitario del concreto endurecido, donde se obtuvo un rango de 2275.33 kg/m³ de la mezcla con reemplazo del agregado grueso con 15% de traquita seca hasta 2309.13 kg/m³ de la mezcla patrón. Con estos datos consideramos que el concreto tiene un peso adecuado pues se encuentra dentro del rango que varía de 2200 kg/m³ hasta 2400 kg/m³ para un concreto convencional, pero cabe resaltar que la densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad de agregado, cantidad de agua y cemento, entre otros factores.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

4.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

La Figura 4 muestra los resultados de la resistencia a la compresión de las muestras patrón y las muestras con reemplazos del agregado grueso por traquita saturada. Los resultados más altos de resistencia son los de las muestras patrón, con 168.67 kg/cm², 197.14 kg/cm² y 306.58 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente. El reemplazo del agregado grueso con 5% de traquita obtuvo 158.32 kg/cm², 188.75 kg/cm² y 228.96 kg/cm², significando, que la mezcla patrón varía sobre este porcentaje de reemplazo un 6.14% a los 7 días, 4.26% a los 14 días y 25.32% a los

28 días. El reemplazo con 10% de traquita obtuvo 137.82 kg/cm², 174.14 kg/cm² y 215.65 kg/cm², lo que significa, que la mezcla patrón varía sobre este porcentaje de reemplazo un 18.29% a los 7 días, 11.51% a los 14 días y 29.66% a los 28 días. Finalmente, con reemplazo del 15% de traquita se obtuvo 118.05 kg/cm², 168.96 kg/cm² y 205.19 kg/cm², lo que significa, que la mezcla patrón varía sobre este porcentaje de reemplazo un 30.01% a los 7 días, 14.29% a los 14 días y 33.07% a los 28 días. Sin embargo, con el 5% y 10% de reemplazo de traquita saturada las resistencias son mayor que la resistencia de diseño $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

En la figura 5 contiene los resultados de la resistencia a la compresión de las muestras patrón y las muestras con reemplazos del agregado grueso por traquita seca. Los mayores resultados de resistencia son los de las muestras patrón, con 168.67 kg/cm², 197.14 kg/cm² y 306.58 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente. El reemplazo del agregado grueso con 5% de traquita obtuvo 105.48 kg/cm², 157.05 kg/cm² y 174.46 kg/cm², significando, que la mezcla patrón varía sobre este porcentaje de reemplazo un 37.46% a los 7 días, 20.34% a los 14 días y 43.09% a los 28 días. El reemplazo con 10% de traquita obtuvo 97.77 kg/cm², 145.08 kg/cm² y 157.53 kg/cm², significa, que la mezcla patrón varía sobre este porcentaje de reemplazo un 42.03% a los 7 días, 26.41% a los 14 días y 48.62% a los 28 días. Finalmente, con reemplazo del 15% de traquita se obtuvo 91.14 kg/cm², 124.38 kg/cm² y 136.15 kg/cm², lo que significa, que la mezcla patrón varía sobre este porcentaje de reemplazo un 45.97% a los 7 días, 36.91% a los 14 días y 55.59% a los 28 días.

4.3. ANÁLISIS DEL EFECTO DEL AUTOCURADO

Con la figura 6 se analiza el efecto de autocurado de la traquita seca y la traquita saturada. El reemplazo del agregado grueso con 5% de traquita saturada obtuvo 228.96 kg/cm² y la traquita seca 174.46 kg/cm² a los 28 días, aumentando un 23.80%. Con reemplazo del agregado grueso con 10% de traquita saturada obtuvo 215.65 kg/cm² y la traquita seca 157.53 kg/cm² a los 28 días, aumentando un 26.95%. Y, con reemplazo del agregado grueso con 15% de traquita saturada obtuvo 205.65 kg/cm² y la traquita seca 136.15 kg/cm² a los 28 días, aumentando un 33.65%.

4.3.1. ANÁLISIS DEL EFECTO DEL AUTOCURADO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO CON 5% DE TRAQUITA SATURADA Y SECA

La figura 7 muestra la variación del efecto del autocurado de la traquita saturada y la seca. Con el 5% de reemplazo de traquita saturada se obtuvo 158.32 kg/cm², 188.75 kg/cm² y 228.96 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, mientras que con la traquita seca se obtuvo 105.48 kg/cm², 157.05 kg/cm² y 174.46 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, produciéndose el aumento de la variación del efecto de autocurado con la traquita saturada en 33.38%, 16.79% y 23.80% respectivamente en los días ensayados.

4.3.2. ANÁLISIS DEL EFECTO DEL AUTOCURADO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO CON 10% DE TRAQUITA SATURADA Y SECA

La figura 8 muestra la variación del efecto del autocurado de la traquita saturada y la seca. Con el 10% de reemplazo de traquita saturada se obtuvo 137.82 kg/cm², 174.44 kg/cm² y 215.65 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, mientras que con la traquita seca se obtuvo 97.77 kg/cm², 145.08 kg/cm² y 157.53 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, produciéndose el aumento de la variación del efecto de autocurado con la traquita saturada en 29.06%, 16.83% y 26.95% respectivamente en los días ensayados.

4.3.3. ANÁLISIS DEL EFECTO DEL AUTOCURADO REEMPLAZANDO EL AGREGADO GRUESO CON 15% DE TRAQUITA SATURADA Y SECA

La figura 9 muestra la variación del efecto del autocurado de la traquita saturada y la seca. Con el 15% de reemplazo de traquita saturada se obtuvo 118.05 kg/cm², 168.96 kg/cm² y 205.19 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, mientras que con la traquita seca se obtuvo 91.14 kg/cm², 124.38 kg/cm² y 136.15 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, produciéndose el aumento de la variación del efecto de autocurado con la traquita saturada en 22.80%, 26.38% y 33.65% respectivamente en los días ensayados.

4.4. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se contrasta la hipótesis parcialmente. Se rechaza que la variación de la resistencia a compresión de la traquita saturada respecto a la muestra patrón aumente más del 5%, sin embargo, se aclara que las muestras con 5% y 10% de reemplazo de traquita saturada son mayores que el $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Y se acepta que el efecto del autocurado del concreto al reemplazar agregado grueso con 5%, 10% y 15% de traquita saturada respecto al 5%, 10% y 15% de la traquita seca aumenta más del 5%.

Mientras que Tejada, L. (2016) en su tesis titulada: Efectividad del curado interno del concreto mediante saturación del agregado grueso en comparación a otros tipos de curado, acepta totalmente su hipótesis de que el curado interno mediante la saturación de agregado grueso fue más efectivo en aumento de resistencia a compresión del concreto a diferencia de los otros tratamientos de curado comunes estudiados en 8.15%.

Y López, J (2017) en su investigación llamada: Estudio Experimental del curado interno de un concreto con adiciones de arcilla coccionada en reemplazo del agregado grueso, determinó la efectividad que tiene el curado interno reemplazando parcialmente el agregado grueso por fragmentos de ladrillo saturado en 5%, 15% y 20%. Aceptando su hipótesis totalmente pues concluyó que a mayor porcentaje de reemplazo los resultados son mejores referente a aumento de resistencia a compresión en 8.73%.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✚ A los 28 días, el ensayo de resistencia a compresión obtuvo, para la muestra patrón 306.58 kg/cm², para el reemplazo del agregado grueso con 5%, 10% y 15% de traquita saturada se obtuvo 228.96 kg/cm², 215.65 kg/cm² y 205.19 kg/cm², concluyendo que la muestra patrón es superior a estos porcentajes en 25.32%, 29.66% y 33.07%. Sin embargo, con el 5% y 10% de reemplazo de traquita saturada las resistencias son mayor que la resistencia de diseño $f^c = 210$ kg/cm²
- ✚ El efecto de autocurado de la traquita saturada respecto a la traquita seca es mucho mayor. El reemplazo del agregado grueso con 5% de traquita saturada obtuvo 228.96 kg/cm² y la traquita seca 174.46 kg/cm² a los 28 días, aumentando un 23.80%. Con reemplazo del agregado grueso con 10% de traquita saturada obtuvo 215.65 kg/cm² y la traquita seca 157.53 kg/cm² a los 28 días, aumentando un 26.95%. Y, con reemplazo del agregado grueso con 15% de traquita saturada obtuvo 205.65 kg/cm² y la traquita seca 136.15 kg/cm² a los 28 días, aumentando un 33.65%.
- ✚ El peso unitario del concreto fresco es mayor que el del concreto endurecido, presentando una variación para la mezcla patrón de 5.30 kg/m³. Para el reemplazo en el agregado grueso con traquita saturada de 5%, 10% y 15% varían 3.90 kg/m³, 2.97 kg/m³ y 2.80 kg/m³ respectivamente. Para el reemplazo en el agregado grueso con traquita seca de 5%, 10% y 15% varían 3.00 kg/m³, 2.93 kg/m³ y 4.00 kg/m³ respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✚ Para futuras investigaciones se recomienda evaluar el efecto del autocurado del concreto realizando ensayos a flexión y durabilidad.
- ✚ En futuras investigaciones se recomienda estudiar otro tipo de reemplazos como la arcilla saturada, en porcentajes del agregado grueso.
- ✚ Es recomendable utilizar porcentajes de reemplazo del agregado grueso con reemplazo del 5% de traquita saturada para evaluar la variación de la resistencia a compresión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 116. 2000. Cement and Concrete Terminology, in ACI Manual of Concrete Practice. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI. p. 73.
- ACI Committee 308. 2001. Guide to curing concrete. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI. s.p.
- ACI Committee 318. 2002. Building Code Requirements for Structural Concrete. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI. s.p.
- Aldana Barcinilla, ES. 2014. Uso de material cerámico como material para curado interno en mezclas de concreto. Tesis M. Cs. Bogotá, Colombia, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 128 p.
- ASOCEM. (Asociación de productores de cemento, Perú). 2017. ASOCEM: Los cementos adicionados en el Perú (en línea, sitio web). Consultado 12 oct. 2018. Disponible en: <http://www.asocem.org.pe/productos-a/los-cementos-adicionados-en-el-peru>
- Cementos Pacasmayo. 2017. ¿Cuál es la gran diferencia de Fortimax 3 con otros cementos? (en línea, sitio web). Consultado 12 oct. 2018. Disponible en: <https://www.cementospacasmayo.com.pe/>
- De Los Santos Rodríguez, EU. 2012. Efecto sinérgico de un agente de curado interno y un aditivo reductor de la retracción en el incremento de la durabilidad de concretos de alto desempeño expuestos a un ambiente industrial. Tesis M. Cs. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, Universidad Autónoma de Nuevo León. 133 p.
- Díaz Paz, LF. 2015. Ingeniería del Siglo XXI (en línea, sitio web). Consultado 12 oct. 2018. Disponible en: <http://ingenieriadelconcreto/2015/10/concreto-autocurado.html>
- Espinoza Hijazin, GJ. 2010. Efecto del curado interno en hormigones y su aplicación como método complementario al curado tradicional en obra del hormigón Tesis M. Cs. Santiago de Chile, Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile. 177 p.
- Guevara Fallas, G. 2011. Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. Costa Rica, Tecnológico de Costa Rica, 7p.
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2018. NTP 400.037. AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos. 4ª Edición. Lima, Perú.
- INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2015. NTP 400.043. AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo. 2ª Edición. Lima, Perú.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2017. NTP 339.076. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar el contenido del ion cloruro en las aguas usadas en la elaboración de concretos y morteros de cemento Pórtland. 3a Edición. Lima, Perú.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2017. NTP 339.034. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4ª Edición. Lima, Perú.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2015. NTP 339.033. CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. 4ª Edición. Lima, Perú.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2014. NTP 339.088. CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Pórtland. Requisitos. 3ª Edición (Revisada en 2019). Lima, Perú.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2018. NTP 334.009. CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos. MODIFICACIÓN TÉCNICA 1. 1ª Edición. Lima, Perú.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2018. NTP 334.082. CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos de desempeño. MODIFICACIÓN TÉCNICA 1. 1ª Edición. Lima, Perú.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). 2018. NTP 334.090. CEMENTOS. Cemento Pórtland adicionados. Requisitos. MODIFICACIÓN TÉCNICA 1. 1ª Edición. Lima, Perú.

INACAL(Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2013. NTP 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. (Revisada en 2019) Lima, Perú.

INACAL(Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2013. NTP 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3ª Edición. (Revisada en 2019) Lima, Perú.

INACAL(Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2013. NTP 400.018. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (Nº 200) por lavado en agregados. 3ª Edición. (Revisada en 2018). Lima, Perú.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2017. INEI: Características de la infraestructura de las viviendas particulares, (en línea, sitio web). Consultado 12 oct. 2018. Disponible en: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap04.pdf

- Jensen, OM. y Hansen, PF. 2002. Water Entrained Cement Based Materials: II. Experimental Observations. Cement and Concrete Research. EE.UU. 978 p.
- Kevern, JT; Nowasell, QC. 2017. Internal curing of pervious concrete using lightweight aggregates. USA. s.p.
- Kosmatka; Steven; otros. 2004. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Illinois, EE.UU, Portland Cement Association, 261 – 262 p.
- Kovler, K. 2012. Efecto combinado de curado interno y aditivo reductor de contracción en el potencial de agrietamiento del concreto de alta resistencia. Editorial H.W. 114 p.
- López Mego, J. 2017. Estudio Experimental del curado interno de un concreto con adiciones de arcilla coccionada en reemplazo del agregado grueso. Tesis Pregrado, Cajamarca, Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 165 p.
- López, M; Kahn, LF; Kurti, KE. (2005). Curado interno en hormigones de alto desempeño - un nuevo paradigma. Santiago de Chile, Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, 10 p.
- Mehta, K; Monteiro, O. 1998. Concreto, estructura, propiedades y materiales. New York, Usa, McGraw-Hill. s.p
- Mindess, S. 2003. Concrete. Upper Saddle River, USA. NJ: Prentice Hall. s.p.
- MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento). 2009. Norma Técnica de Edificaciones E 060. CONCRETO ARMADO. Lima, Perú.
- Neville, AM. 1999. Tecnología del Concreto. México, Editorial Trillas, s.p.
- Neville, AM. 2003 Estudio de la problemática en la práctica del Concreto. Farmington Hills, USA. American Concrete Institute. s.p.
- Sánchez, M; Tapia, M. 2015. Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días. Tesis M. Cs. Trujillo, La Libertad, Perú, Universidad Privada Antenor Orrego.
- Osorio, JD. 2013. Resistencia mecánica del concreto y Resistencia a la compresión (en línea, sitio web). Consultado 12 oct. 2018. Disponible es: <https://www.360enconcreto.com/>
- Polando, M; Setién J. sf. Dosificación de hormigones. Cantabria, Universidad de Cantabria. 15p.
- Quiroz Crespo, MV; Salamanca Osuna, LE. 2006. Tecnología del hormigón. Tesis Pregrado. Cochabamba, Bolivia, Universidad Mayor de San Simón. 429 p.
- Rivera, H. 2005. Geología General. Lima, Perú: Universidad Mayor de San Marcos. 412 p.

- Salazar Pretell, FS. 2017. Concreto autocurable de alta resistencia $f'c=420$ kg/cm², con un porcentaje de traquita en el agregado grueso comparado con los procesos más usados de curado. Tesis Pregrado. Cajamarca, Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 157 p.
- SENCICO. (Servicio Nacional para la Capacitación de la Industria de la Construcción).2014. Manual de Preparación, Colocación y Cuidados del Concreto. Lima, Perú, Cartolan SRL. 40p.
- SIKA. (2009). Curado del Concreto e Informaciones Técnicas. Bogotá, Colombia. 15p.
- Tejada Arias, LM. 2016. Efectividad del curado interno del concreto mediante la saturación del agregado grueso en comparación a otros tipos de curado. Tesis M. Cs. Cajamarca, Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 151 p.
- Trujillo Rodríguez, R. 2011. Uso de agregado ligero como medio de curado interno en concretos de alto comportamiento fabricado con puzolanas. Tesis M. Cs. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León. 165 p.
- Wadell, J. 1997. Manual de la Construcción con Concreto. Editorial McGraw – Hill, s.p.

APÉNDICE I: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOS DE AGREGADOS

I. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS

I.1. Análisis granulométrico de las muestras de agregado fino

Tabla 14: Análisis Granulométrico de la M-1 del agregado fino

PESO INICIAL			1500.00 gr.				
PESO SECO MENOR A N° 200			5.00 gr.				

TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO		% QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	103.00	6.87	6.87	93.13	89.00	100.00
N° 8	2.36	178.00	11.87	18.73	81.27	65.00	100.00
N° 16	1.18	273.00	18.20	36.93	63.07	45.00	100.00
N° 30	0.60	346.00	23.07	60.00	40.00	25.00	80.00
N° 50	0.30	340.00	22.67	82.67	17.33	5.00	48.00
N° 100	0.15	243.00	16.20	98.87	1.13	0.00	12.00
N° 200	0.075	12.00	0.80	99.67	0.33	0.00	0.00
CAZOLETA	-	5.00	0.33	100.00	0.00	0.00	0.00
PESO TOTAL		1500.00	100.00	MÓDULO DE FINURA	3.041		

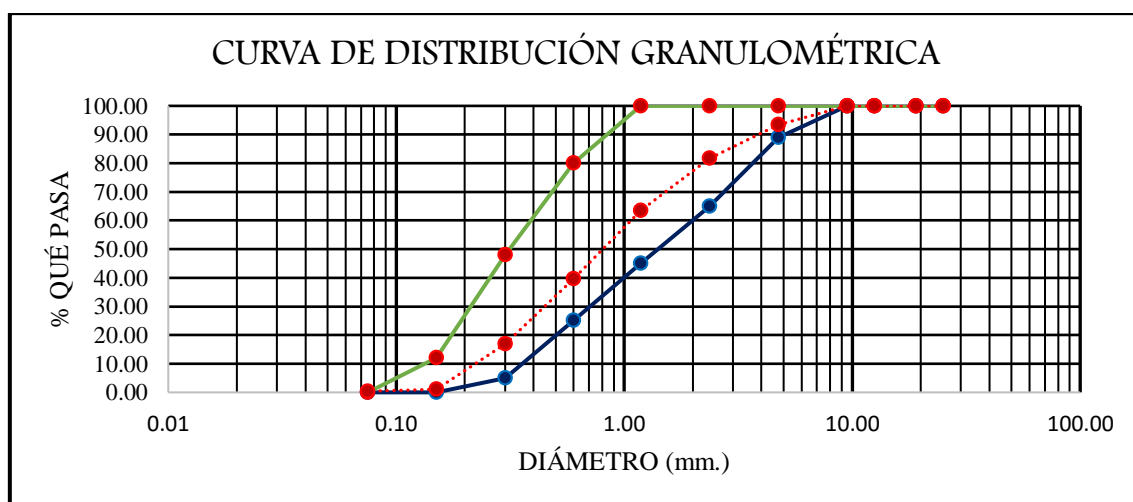


Figura 10: Curva de distribución granulométrica de la muestra M-1

Tabla 15: Análisis granulométrico de la M-2 del agregado fino

PESO INICIAL		1500.00 gr.					
PESO SECO MENOR A N° 200		4.00 gr.					
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO		% QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	102.00	6.87	6.87	93.20	89.00	100.00
N° 8	2.36	179.00	11.93	18.73	81.27	65.00	100.00
N° 16	1.18	273.00	18.20	36.93	63.07	45.00	100.00
N° 30	0.60	348.00	23.20	60.13	39.87	25.00	80.00
N° 50	0.30	336.00	22.40	82.53	17.47	5.00	48.00
N° 100	0.15	243.00	16.20	98.73	1.27	0.00	12.00
N° 200	0.075	15.00	1.00	99.73	0.27	0.00	0.00
CAZOLETA	-	4.00	0.27	100.00	0.00	0.00	0.00
PESO TOTAL		1500.00	100.00	MÓDULO DE FINURA	3.049		

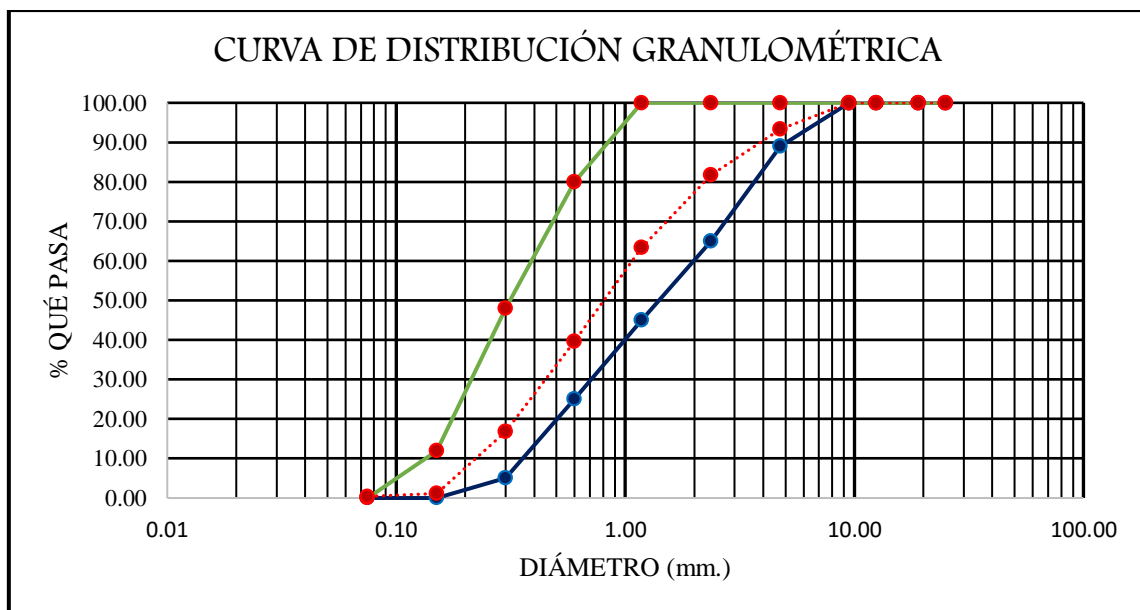


Figura 11: Curva de distribución granulométrica de la muestra M-2

Tabla 16: Análisis granulométrico de la M-3 del agregado fino

PESO INICIAL		1500.00 gr.					
PESO SECO MENOR A N° 200		6.00 gr.					
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO		% QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.75	100.00	6.67	6.67	93.33	89.00	100.00
N° 8	2.36	174.00	11.60	18.27	81.73	65.00	100.00
N° 16	1.18	275.00	18.33	36.60	63.40	45.00	100.00
N° 30	0.60	357.00	23.80	60.40	39.60	25.00	80.00
N° 50	0.30	342.00	22.80	83.20	16.80	5.00	48.00
N° 100	0.15	235.00	15.67	98.87	1.13	0.00	12.00
N° 200	0.075	11.00	0.73	99.60	0.40	0.00	0.00
CAZOLETA	-	6.00	0.40	100.00	0.00	0.00	0.00
PESO TOTAL		1500.00	100.00	MÓDULO DE FINURA	3.040		

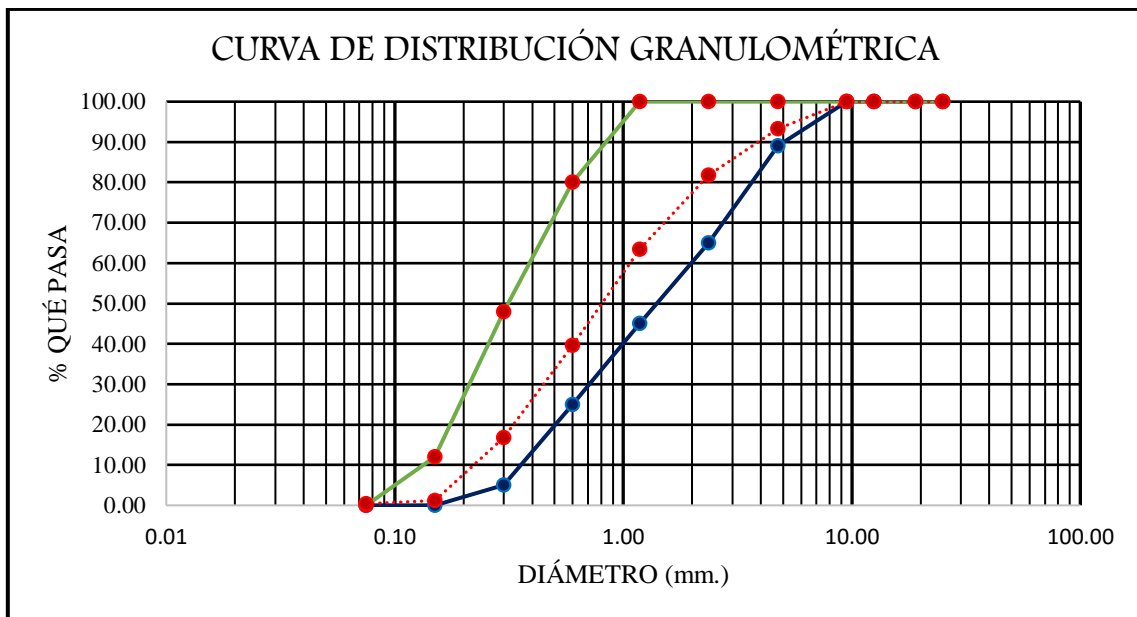


Figura 12: Curva de distribución granulométrica de la muestra M-3

I.2. Análisis granulométrico de las muestras de agregado grueso

Tabla 17: Análisis granulométrico de la M – 1 del agregado grueso.

PESO INICIAL		8000.00 gr.					
PESO SECO MENOR A N° 200		21.00 gr.					
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO		% QUÉ PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO:	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.00	368.00	4.60	4.60	95.40	90.00	100.00
1/2"	12.50	2554.00	31.93	36.53	63.48	45.00	70.00
3/8"	9.50	3128.00	39.10	75.63	24.38	20.00	55.00
N° 4	4.75	1635.00	20.44	96.07	3.93	0.00	10.00
N° 8	2.36	294.00	3.68	99.75	0.25	0.00	5.00
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.75	0.25	0.00	0.00
N° 30	0.60	0.00	0.00	99.75	0.25	0.00	0.00
N° 50	0.30	0.00	0.00	99.75	0.25	0.00	0.00
N° 100	0.15	0.00	0.00	99.75	0.25	0.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.75	0.25	0.00	0.00
CAZOLETA	-	21.00	0.25	100.00	0.00	0.00	0.00
PESO TOTAL		8000.00	100.00	MÓDULO DE FINURA	6.750		

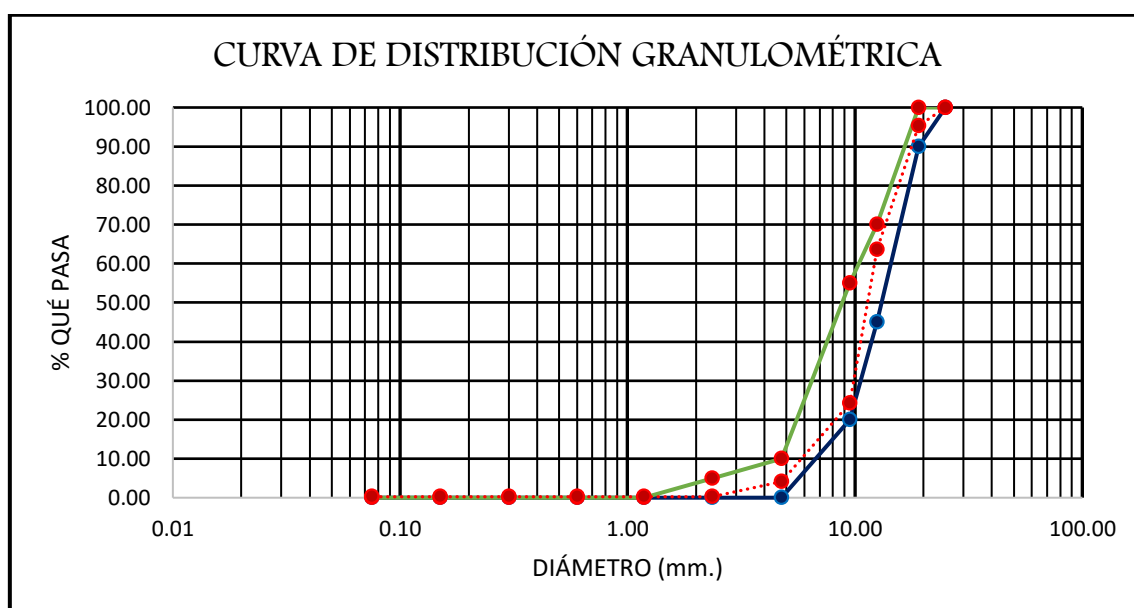


Figura 13: Curva de distribución granulométrica de la muestra M – 1

Tabla 18: Análisis granulométrico de la M – 2 del agregado grueso

PESO INICIAL			8000.00 gr.				
PESO SECO MENOR A N° 200			23.00 gr.				
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO		% QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO:	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.00	355.00	4.44	4.44	95.56	90.00	100.00
1/2"	12.50	2575.00	32.19	36.63	63.38	45.00	70.00
3/8"	9.50	3110.00	38.88	75.51	24.49	20.00	55.00
N° 4	4.75	1663.00	20.79	96.30	3.70	0.00	10.00
N° 8	2.36	274.00	3.42	99.72	0.28	0.00	5.00
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.72	0.28	0.00	0.00
N° 30	0.60	0.00	0.00	99.72	0.28	0.00	0.00
N° 50	0.30	0.00	0.00	99.72	0.28	0.00	0.00
N° 100	0.15	0.00	0.00	99.72	0.28	0.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.72	0.28	0.00	0.00
CAZOLETA	-	23.00	0.28	100.00	0.00	0.00	0.00
PESO TOTAL		8000.00	100.00	MÓDULO DE FINURA		6.748	

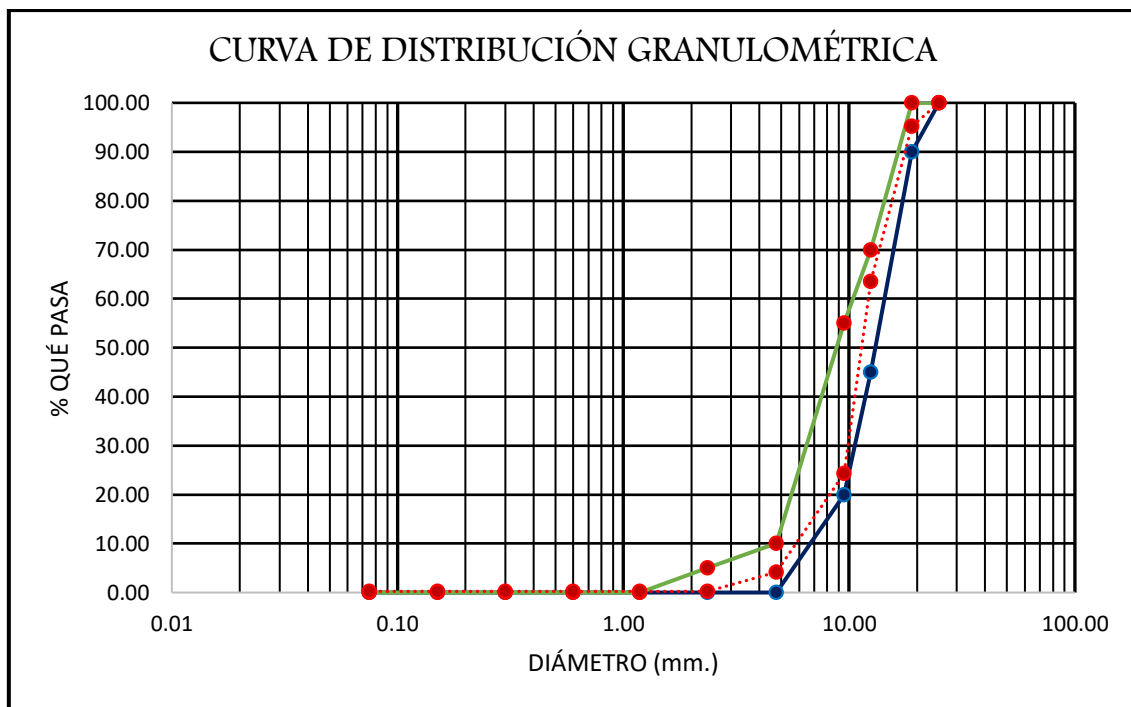


Figura 14: Curva de distribución granulométrica de la muestra M – 2

Tabla 19: Análisis granulométrico de la M – 3 del agregado grueso

PESO INICIAL		8000.00 gr.					
PESO SECO MENOR A N° 200		19.00 gr.					
TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO		% QUÉ PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO:	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.00	381.00	4.76	4.76	95.24	90.00	100.00
1/2"	12.50	2533.00	31.66	36.43	63.58	45.00	70.00
3/8"	9.50	3145.00	39.31	75.74	24.26	20.00	55.00
N° 4	4.75	1608.00	20.10	95.84	4.16	0.00	10.00
N° 8	2.36	314.00	3.93	99.76	0.24	0.00	5.00
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.76	0.24	0.00	0.00
N° 30	0.60	0.00	0.00	99.76	0.24	0.00	0.00
N° 50	0.30	0.00	0.00	99.76	0.24	0.00	0.00
N° 100	0.15	0.00	0.00	99.76	0.24	0.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	99.76	0.24	0.00	0.00
CAZOLETA	-	19.00	0.24	100.00	0.00	0.00	0.00
PESO TOTAL		8000.00	100.00	MÓDULO DE FINURA	6.752		

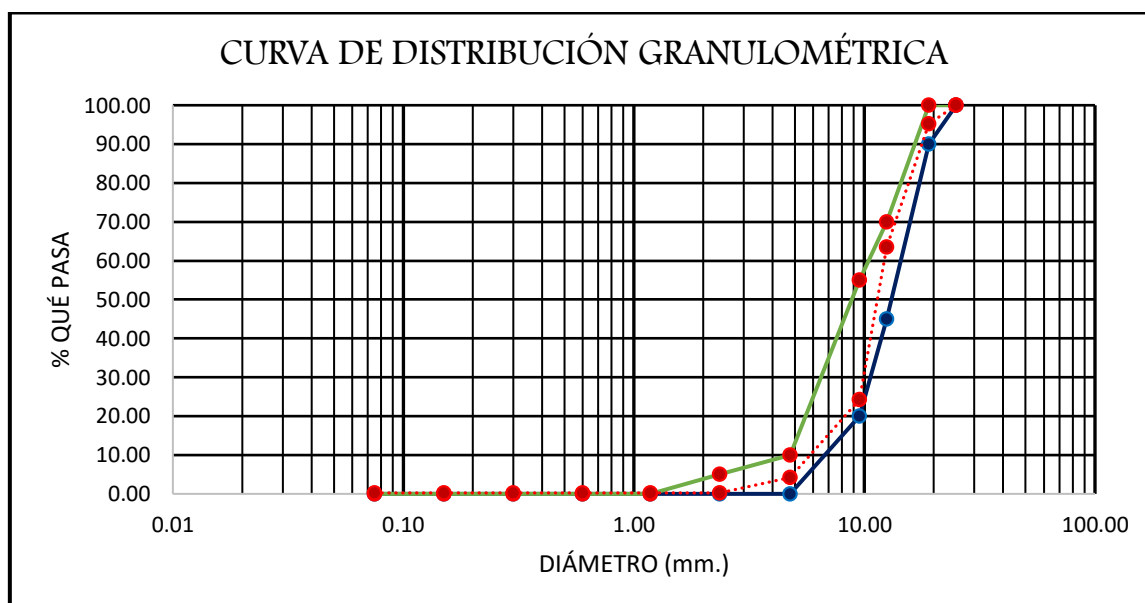


Figura 15: Curva de distribución granulométrica de la muestra M – 3

I.3. Módulo de finura del agregado fino

$$MF_{AF} = \frac{\% \text{ Retenido acumulado (No.100.No.50,No.30,No.16,No,8,No,4,}^3/8\text{,}^3/4\text{,}1\frac{1}{2}\text{,}3\text{)}}{100}$$

I.3.1. Módulo de Finura de la muestra M – 1:

$$MF = \frac{99.87+82.67+60.00+36.93+18.73+6.87+0.00}{100} = 3.041$$

I.3.2. Módulo de Finura de la muestra M – 2:

$$MF = \frac{99.73+82.53+60.13+36.93+18.73+6.87+0.00}{100} = 3.049$$

I.3.3. Módulo de Finura de la muestra M – 3:

$$MF = \frac{99.87+83.2+60.40+36.6+18.27+6.67+0.00}{100} = 3.040$$

I.4. Módulo de finura del agregado grueso

$$MF_{AG} = \frac{\% \text{ Retenido acumulado (No.100.No.50,No.30,No.16,No,8,No,4,}^3/8\text{,}^3/4\text{,}1\frac{1}{2}\text{,}3\text{)}}{100}$$

I.4.1. Módulo de Finura de la muestra M – 1:

$$MF = \frac{99.74+99.74+99.74+99.74+99.74+75.63+4.60+0.00}{100} = 6.750$$

I.4.2. Módulo de Finura de la muestra M – 2:

$$MF = \frac{99.72+99.72+99.72+99.72+99.72+96.30+75.51+4.44+0.00}{100} = 6.748$$

I.4.3. Módulo de Finura de la muestra M – 3:

$$MF = \frac{99.76+99.76+99.76+99.76+99.76+95.84+75.74+4.76+0.00}{100} = 6.752$$

II. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

II.1. Peso específico y absorción de las muestras de agregado fino

II.1.1. Cálculo del Peso específico del Agua

Tabla 20: *Cálculo del peso específico del agua*

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	
Peso de la fiola	gr.	151.1	151.1	151.1	
Peso de la fiola + muestra	gr.	649.4	649.5	649.45	
Volumen de la fiola	cm ³	500.00	500.00	500.00	
Peso específico	gr/cm ³	0.9966	0.9968	0.9967	Promedio
Peso específico	kg/cm³	996.60	996.80	996.70	996.7

II.1.2. Cálculo del factor f

Tabla 21: *Cálculo del factor f*

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	
Peso del Molde	gr.	3882.00	3882.00	3882.00	
Peso del Molde + Agua	gr.	6850.00	6850.00	6850.00	
Peso Agua	kg.	2.9680	2.9680	2.9680	Promedio
f	1/m ³	335.782	335.849	335.815	335.82

II.1.3. Peso Unitario Suelto

Tabla 22: *Cálculo del peso unitario suelto del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso del recipiente	gr.	3882.00	3882.00	3882.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	gr.	8706.00	8701.00	8715.00	
Peso de la muestra suelta	gr.	4824.00	4819.00	4833.00	
Factor (f)		335.782	335.782	335.782	Promedio
Peso Unitario Suelto	gr/cm ³	1.620	1.618	1.623	1.620
Peso Unitario Suelto	kg/m³	1620	1618	1623	1620

II.1.4. Peso Unitario Compactado

Tabla 23: *Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso del recipiente	gr	3882.00	3882.00	3882.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	gr	9091.00	9088.00	9077.00	
Peso de la muestra suelta	gr	5209.00	5206.00	5195.00	
Factor (f)		335.782	335.782	335.782	Promedio
Peso Unitario Compactado	gr/cm ³	1.749	1.748	1.744	1.747
Peso Unitario Compactado	kg/m³	1749	1748	1744	1747

II.1.5. Peso Específico

Tabla 24: *Cálculo del peso específico del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso de fiola	gr	151.10	151.10	151.10	
Peso de la fola +agua hasta menizco	gr	649.45	649.45	649.45	
Peso de la fiola +agua + muestra	gr	962.00	962.70	963.00	
Peso de la muestra superficialmente Seca	gr	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	gr	494.00	494.10	494.40	
Volumen de agua añadida al frasco	gr	310.90	311.60	311.90	Promedio
Peso Específico de Masa	gr/m³	2.612	2.623	2.628	2.621
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	gr/m³	2.644	2.654	2.658	2.652
Peso Específico de Aparente	gr/m³	2.698	2.707	2.709	2.705

II.1.6. Absorción (%)

Tabla 25: *Cálculo de la absorción del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso de la muestra Superficialmente Seca	gr	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	gr	494.00	494.10	494.40	Promedio
Absorción (%)	%	1.215	1.194	1.133	1.180

II.1.7. Vacíos reales (%)

Tabla 26: Cálculo de los vacíos reales para el agregado fino

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso del Recipiente + muestra compactada sss	gr	9043.00	9035.00	9039.00	
Peso del Recipiente + muestra compactada sss + agua	gr	10070.00	10065.00	10060.00	
Peso del agua	gr	1027.00	1030.00	1021.00	
Volumen del recipiente	cm ³	2978.13	2978.13	2978.13	
Volumen del agua en los vacíos	cm ³	1030.50	1033.51	1024.48	Promedio
Vacíos Reales	%	34.60	34.70	34.40	34.57

II.1.8. Vacíos teóricos (%)

Tabla 27: Cálculo de los vacíos teóricos para el agregado fino

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso de la muestra compactada sss	gr	5161.00	5153.00	5157.00	
Peso Unitario Compactado sss	gr/cm ³	1.733	1.730	1.732	
Peso Específico de Masa SSS	gr/cm ³	2.644	2.654	2.658	Promedio
Vacíos Teóricos	%	34.46	34.80	34.86	34.71

II.2. Peso específico y absorción de las muestras de agregado grueso

II.2.1. Cálculo del Peso específico del Agua

Tabla 28: Cálculo del peso específico del agua

Descripción	Unid.	M
Peso de la fiola	gr.	151.1
Peso de la fiola + muestra	gr.	649.3
Volumen de la fiola	cm ³	500.00
Peso específico	gr/cm ³	0.9964
Peso específico	kg/cm³	996.40

II.2.2. Cálculo del factor f

Tabla 29: *Cálculo del factor f*

Descripción	Unid.	M
Peso del Molde	gr.	4200.00
Peso del Molde + Agua	gr.	13928.00
Peso Agua	kg.	9.728
f	1/m ³	102.426

II.2.3. Peso Unitario Suelto

Tabla 30: *Cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso del recipiente	gr.	4200.00	4200.00	4200.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	gr.	17455.00	17466.00	17425.00	
Peso de la muestra suelta	gr.	13255.00	13266.00	13225.00	
Factor (f)		102.426	102.426	102.426	Promedio
Peso Unitario Suelto	gr/cm ³	1.358	1.359	1.355	1.357
Peso Unitario Suelto	kg/m³	1358	1359	1355	1357

II.2.4. Peso Unitario Compactado

Tabla 31: *Cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso del recipiente	gr	4200.00	4200.00	4200.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	gr	18555.00	18622.00	18675.00	
Peso de la muestra suelta	gr	14355.00	14422.00	14475.00	
Factor (f)		102.426	102.426	102.426	Promedio
Peso Unitario Compactado	gr/cm ³	1.470	1.477	1.483	1.477
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1470	1477	1483	1477

II.2.5. Peso Específico

Tabla 32: Cálculo del peso específico del agregado grueso

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso de fiola	gr	4115.00	4116.00	4118.00	
Peso de la fola +agua hasta menizco	gr	2250.00	2250.00	2250.00	
Peso de la fiola +agua + muestra	gr	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra superficialmente Seca	gr	2969.00	2967.50	2968.00	
Peso de la muestra secada al horno	gr	1865.00	1866.00	1868.00	
Volumen de agua añadida al frasco	gr	2.616	2.617	2.622	Promedio
Peso Específico de Masa	2.643	2.646	2.650	2.628	2.618
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	gr/m ³	2.689	2.694	2.698	2.646
Peso Específico de Aparente	4115.00	4116.00	4118.00	2.709	2.694

II.2.6. Absorción (%)

Tabla 33: Cálculo de la absorción del agregado grueso

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso de la muestra Superficialmente Seca	gr	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	gr	2969.00	2967.50	2968.00	Promedio
Absorción (%)	%	1.044	1.095	1.078	1.072

II.2.7. Vacíos reales (%)

Tabla 34: Cálculo de los vacíos reales para el agregado grueso

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso del Recipiente + muestra compactada sss	gr	19112.00	18942.00	18936.00	
Peso del Recipiente + muestra compactada sss + agua	gr	23152.00	23129.00	23138.00	
Peso del agua	gr	4040.00	4187.00	4202.00	
Volumen del recipiente	cm ³	9763.15	9763.15	9763.15	
Volumen del agua en los vacíos	cm ³	4054.60	4202.13	4217.18	Promedio
Vacíos Reales	41.53	43.04	43.19	34.40	42.59

II.2.8. Vacíos teóricos (%)

Tabla 35: *Cálculo de los vacíos teóricos para el agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso de la muestra compactada sss	gr	14912.00	14742.00	14736.00	
Peso Unitario Compactado sss	gr/cm ³	1.527	1.510	1.509	
Peso Específico de Masa SSS	gr/cm ³	2.643	2.646	2.650	Promedio
Vacíos Teóricos	%	42.21	42.92	43.05	42.73

III. HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

III.1. Contenido de humedad del agregado fino

Tabla 36: *Contenido de humedad del agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso del Recipiente	gr	88.00	91.00	86.00	
Peso del Recipiente + muestra húmeda	gr	1528.00	1539.00	1543.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	gr	1455.00	1466.00	1469.00	Prom.
Contenido de Humedad	W %	5.34	5.31	5.35	5.33

III.2. Contenido de humedad del agregado grueso

Tabla 37: *Contenido de humedad del agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso del Recipiente	g	135.00	255.00	325.00	
Peso del Recipiente + muestra húmeda	g	2139.00	2788.00	2551.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	2133.00	2781.00	2544.00	Prom.
Contenido de Humedad	W %	0.300	0.277	0.315	0.298

IV. MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200 DE LOS AGREGADOS

IV.1. Materiales finos retenidos del agregado fino

Tabla 38: *Cálculo de los materiales finos retenidos para el agregado fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso de Muestra Original	g.	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g.	485.00	486.00	485.60	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g.	15.00	14.00	14.40	Promedio
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	3.00%	2.80%	2.88%	2.89%

IV.2. Materiales finos retenidos del agregado grueso

Tabla 39: *Cálculo de los materiales finos retenidos para el agregado grueso*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	
Peso de Muestra Original	g.	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g.	2985.00	2984.00	2988.00	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g.	15.00	16.00	12.00	Promedio
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.50%	0.53%	0.40%	0.48%

APÉNDICE II: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO USANDO EL MÉTODO DE MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS

II.1. SELECCIÓN DE LAS PROPORCIONES DEL CONCRETO POR EL MÉTODO MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

II.1.1. Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a compresión especificada

Las mezclas de concreto siempre deben diseñarse para una resistencia de diseño promedio cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada ($f'c$). La diferencia entre ambas resistencias está dada y se determina en función al grado de control de uniformidad y de la calidad del concreto. Empleando el criterio cuando no se cuente con un registro de ensayos de resistencia en obra y tomando en cuenta que siempre existe dispersión debido a las condiciones de la ejecución de obra, se tiene lo siguiente (Comité 318 ACI):

Tabla 40: Relación aproximada entre la resistencia promedio y la resistencia de diseño $f'_{cr}/f'c$

Condición de la Ejecución de Obra	Relación aproximada entre la resistencia promedio y la resistencia de diseño $f'_{cr}/f'c$
Excelentes	1.15
Intermedias	1.20 a 1.25
Corrientes	1.35 a 1.60

Fuente: Comité 318 del ACI

$$\begin{aligned} f'c &= 210 \text{ kg/cm}^2 \\ f'_{cr} &= 1.2 \times 210 \text{ kg/cm}^2 = 252 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

II.1.2. Selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso y traquita

Se determinó el TMN mediante el análisis granulométrico, obteniendo los valores siguientes:

➤ Agregado grueso: TMN ¾"

➤ Traquita: TMN ½"

II.1.3. Selección del asentamiento

Elegimos el Slump de 3" – 4" para obtener mezcla plástica del concreto no endurecido

II.1.4. Selección del volumen unitario de agua de diseño

Con las consideraciones anteriores: Slump de 3" a 4", TMN del agregado grueso: ¾ " y Aire incorporado: Concreto sin Aire Incorporado

Tabla 41: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de Asentamiento y Tamaño Máximo Nominal del agregado.

Agua, en Lts/m³ para los TMN de Agregado Grueso y Consistencia								
Asentamiento	Tamaño Máximo del Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto Sin Aire Incorporado								
1" – 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" – 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" – 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto Con Aire Incorporado								
1" – 2"	181	175	168	160	50	142	122	107
3" – 4"	202	193	84	175	165	157	133	119
6" – 7"	216	205	197	184	17	166	154	-

Fuente: Comité 211 del ACI

✚ Agua de mezclado: 205 Lts.

II.1.5. Selección del contenido de Aire

Consideraciones: Grado de Exposición: Normal, TMN del agregado grueso: 3/4"

Tabla 42: Contenido de Aire para Concreto sin aire incorporado

Concreto Sin Aire Incorporado								
TMN A.G.	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Aire Atrapado %	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50	0.30	0.20

Fuente: Comité 211 del ACI

✚ Porcentaje de Aire Atrapado: 2%

II.1.6. Selección de la relación agua/cemento por resistencia

Con las consideraciones anteriores: Concreto sin aire incorporado, f'cr: 252 kg/cm²

Tabla 43: Relación Agua/Cemento en peso

f'c a 28 días (kg/cm ²)	Relación Agua/Cemento en peso	
	Concreto Sin Aire incorporado	Concreto con Aire incorporado
150	0.79	0.70
200	0.69	0.60
250	0.61	0.52
300	0.54	0.45
350	0.47	0.39
400	0.42	-
450	0.38	-

Fuente: Comité 211 del ACI

f_{cr}	A/C
250 kg/cm ²	0.610
252 kg/cm ²	0.607
252 kg/cm ²	0.540

✚ Relación A/C= 0.607

II.1.7. Determinación del factor cemento

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Volumen Unitario de Agua}}{\text{Relación A/C}} = \frac{205}{0.607} = 337.62 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Bolsas de Cemento} = \frac{\text{Cantidad de cemento}}{\text{Peso de bolsa de cemento}} = \frac{337.62 \text{ kg/m}^3}{42.5 \text{ kg}} = 7.94 \text{ bolsas/m}^3$$

II.1.8. Determinación del volumen absoluto de la pasta

P.e. Cemento Fortimax 3 (MS) =	2940	kg/m ³
P.e. Agua =	1000	kg/m ³
Vol Cemento =	0.115	m ³
Vol Agua =	0.205	m ³
Vol aire =	0.020	m ³
ΣVol. Abs. Pasta=	0.340	m³

II.1.9. Determinación del volumen del agregado global

Vol. Absoluto de Agregados =	1 – Vol. Abs. Pasta
Vol. Absoluto de Agregados =	0.660 m³

II.1.10. Cálculo del Módulo de Finura de la Combinación de los Agregados

Tabla 44: Módulo de Finura de la Combinación de Los Agregados que da mejores condiciones de trabajabilidad

TMN AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE LOS AGREGADOS QUE DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.1	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	3.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Comité 211 del ACI

Bolsas de cemento	=	7.94	bolsas
Módulo de finura	=	5.11	

II.1.10. Corrección del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados por vacíos

Considerando que la tabla anterior, aclara que los valores están referidos para un agregado adecuadamente gradado. Con contenido de vacíos del 35%, en caso no se tiene este valor los módulos deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o aumento en el porcentaje de vacíos, tomando en cuenta esta observación, corregimos:

$$\% \text{ de vacíos} = \left(1 - \frac{P_{\text{unit compact.}}}{P_{\text{em}}}\right) \times 100$$

$$\% \text{ de vacíos} = 43.58\% > 35\%$$

$$F.C. = \left(\frac{0.1 \times (\% \text{ de vacíos} - 35\%)}{5}\right) = 0.17$$

$$M.C.A \text{ corregido} = M.C.A. \text{ corregido} - FC = 4.93$$

II.1.11. Cálculo del valor de rf

Con el valor del módulo de fineza de la combinación de agregados se puede determinar el porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado.

$$rf = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

Donde:

m: módulo de finura de la combinación de agregados

mf: módulo de finura del agregado fino

mg: módulo de finura del agregado grueso

rf: % de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado

rg: % de agregado grueso en relación al volumen absoluto total de agregado

$$rf = 48.94\%$$

$$\text{Valor de rg} = 51.06\%$$

II.1.12. Cálculo de volúmenes absolutos de los agregados:

Volumen absoluto agregado fino =	0.323	m ³
Volumen absoluto agregado grueso =	0.337	m ³
	0.660	m³

II.1.13. Cálculo de volúmenes absolutos de los agregados

Peso de agregado fino =	846.76	kg/m ³
Peso de agregado grueso=	882.52	kg/m ³

II.1.14. Valores de diseño del cemento, agua, aire y agregados:

Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, a ser empleados como valores de diseño serán:

Cemento =	337.62	kg/m ³
Agua de diseño =	205.00	lts/m ³
Agregado fino =	846.76	kg/m ³
Agregado grueso =	882.52	kg/m ³
Aire total =	2.00%	

II.1.15. Corrección de humedad de los agregados

Peso húmedo del agregado fino =	891.90	kg/m ³
Peso húmedo del agregado grueso =	885.15	kg/m ³

Humedad superficial de los agregados=

Agregado fino =	4.15	%
Agregado grueso=	-0.774	%

Determinar aporte de humedad de agregados=

Aporte humedad agregado fino =	35.14	lts/m ³
Aporte humedad agregado grueso =	-6.83	lts/m ³

Aporte total humedad de agregados= 28.31 lts/m³

Por lo cual, los nuevos pesos de los materiales por metro cúbico de concreto, ya corregidos por humedad del agregado:

DISEÑO PATRÓN

Cemento =	337.62	kg/m ³
Agua de diseño =	176.69	lts/m ³
Agregado fino húmedo=	891.90	kg/m ³
Agregado grueso húmedo =	885.15	kg/m ³

Volumen a fabricar en laboratorio para 05 especímenes cilíndricos y una prueba de consistencia con cono de Abrams. (0.03 m³):

Cemento =	10.13	kg/tanda
Agua de diseño =	5.30	lts/tanda
Agregado fino húmedo=	26.76	kg/tanda
Agregado grueso húmedo =	26.55	kg/tanda

**APÉNDICE III: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PESO
UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO**

III.1. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO: MEZCLA PATRÓN

Tabla 45: *Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón*

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 1	15.25	30.02	0.00557	8.52	21.08	12.56	2330.12
M - 2	15.34	30.11	0.00562	8.62	21.27	12.65	2254.03
M - 3	15.14	29.99	0.00545	9.01	21.36	12.35	2366.95
M - 4	15.33	30.23	0.00559	8.70	21.19	12.49	2329.74
M - 5	15.19	30.00	0.00558	6.66	18.86	12.20	2233.06
M - 6	15.34	30.31	0.00565	6.59	19.38	12.79	2345.11
M - 7	15.18	29.99	0.00544	5.79	18.10	12.31	2297.45
M - 8	15.10	30.05	0.00543	9.26	21.48	12.22	2324.96
M - 9	15.06	30.11	0.0054	6.85	19.01	12.16	2330.97
M - 10	15.39	30.20	0.00567	6.75	19.60	12.85	2331.94
Promedio							2314.43

III.2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO: MEZCLA PATRÓN + 5% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

Tabla 46: *Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 5% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso*

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 1	15.26	30.00	0.00570	6.57	19.08	12.51	2267.88
M - 2	15.05	30.30	0.00561	6.52	18.87	12.35	2350.09
M - 3	15.44	30.40	0.00575	6.77	22.31	15.54	2273.26
M - 4	15.00	30.30	0.00554	6.65	19.04	12.39	2250.36
M - 5	15.23	30.50	0.00559	5.23	18.10	12.87	2268.68
M - 6	14.94	30.05	0.00534	7.27	19.60	12.33	2347.38
M - 7	15.08	30.20	0.00553	6.98	19.42	12.44	2354.87
M - 8	14.90	30.50	0.00551	8.26	20.57	12.31	2370.38
M - 9	15.22	30.00	0.00564	8.57	20.80	12.23	2335.44
M - 10	15.22	30.40	0.00568	6.49	19.09	12.60	2347.82
Promedio							2316.62

III.3. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO: MEZCLA PATRÓN + 10% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

Tabla 47: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 10% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 1	15.260	30.700	0.00576	3.01	15.86	12.69	2336.17
M - 2	15.200	30.650	0.00578	6.23	19.37	12.63	2359.60
M - 3	15.190	30.800	0.00588	5.22	18.56	12.21	2384.34
M - 4	14.980	30.700	0.00556	5.43	17.85	12.21	2227.47
M - 5	15.020	30.750	0.00567	5.01	17.96	12.19	2315.55
M - 6	15.070	30.700	0.00562	3.70	16.62	12.17	2262.95
M - 7	15.180	30.700	0.00566	3.01	16.00	12.09	2332.59
M - 8	15.070	30.750	0.00563	5.97	19.38	12.50	2312.22
M - 9	15.000	30.800	0.00559	8.00	21.03	2.18	2241.76
M - 10	15.120	30.600	0.00581	8.10	21.25	12.46	2328.80
						Promedio	2310.15

III.4. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO: MEZCLA PATRÓN + 15% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

Tabla 48: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 15% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 1	15.12	30.90	0.00576	3.28	15.66	12.38	2248.61
M - 2	152.00	30.60	0.00577	5.04	17.18	12.14	2288.69
M - 3	15.19	30.60	0.00576	4.00	16.60	12.60	2286.13
M - 4	15.30	30.70	0.00586	3.21	15.42	12.21	2253.64
M - 5	14.92	30.10	0.00547	8.55	20.61	12.06	2302.36
M - 6	15.08	30.00	0.00557	8.45	20.39	11.94	2316.11
M - 7	15.00	30.20	0.00555	5.01	17.00	11.99	2313.39
M - 8	15.29	30.55	0.00583	3.04	15.47	12.43	2398.50
M - 9	15.11	30.10	0.00561	3.24	15.28	12.04	2349.30
M - 10	15.00	30.20	0.00555	9.57	21.79	12.22	2280.03
						Promedio	2303.68

III.5. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO: MEZCLA PATRÓN + 5% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

Tabla 49: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 5% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 1	15.16	30.24	0.00560	3.11	15.52	12.41	2204.75
M - 2	15.08	29.97	0.00542	6.55	18.84	12.29	2298.15
M - 3	15.06	30.30	0.00555	5.07	17.29	12.22	2315.22
M - 4	15.14	30.29	0.00555	3.45	15.75	12.30	2300.91
M - 5	15.14	30.35	0.00558	3.65	15.91	12.26	2302.9
M - 6	15.11	30.31	0.00555	5.13	17.37	12.24	2300.65
M - 7	15.11	30.26	0.00555	5.02	17.33	12.31	2310.3
M - 8	15.08	30.14	0.00553	5.43	17.83	12.40	2253.47
M - 9	15.14	30.12	0.00550	3.33	15.55	12.22	2312.97
M - 10	15.10	30.17	0.00553	3.23	15.55	12.32	2300.02
						Promedio	2289.93

III.6. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO: MEZCLA PATRÓN + 10% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

Tabla 50: Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 10% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 1	15.22	29.95	0.00557	8.52	20.71	12.19	2244.67
M - 2	15.11	30.25	0.00555	9.21	21.49	12.28	2387.11
M - 3	15.14	30.05	0.00553	8.46	20.70	12.24	2250.21
M - 4	15.12	30.21	0.00554	8.36	20.64	12.28	2254.04
M - 5	15.10	29.94	0.00552	8.52	10.52	2.00	2347.79
M - 6	15.09	30.14	0.00549	8.74	20.88	12.14	2255.43
M - 7	15.14	30.07	0.00553	8.62	20.83	12.21	2281.23
M - 8	15.34	30.13	0.00564	9.56	21.84	12.28	2215.68
M - 9	15.11	30.26	0.00549	9.01	21.32	12.31	2293.76
M - 10	15.14	30.15	0.00549	9.26	21.53	12.27	2307.48
						Promedio	2283.74

III.7. PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO: MEZCLA PATRÓN + 15% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

Tabla 51: *Cálculo del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón + 15% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso*

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO MOLDE (kg)	PESO MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 1	15.10	29.92	0.00546	3.22	15.08	11.86	2291.51
M - 2	15.18	29.00	0.00549	3.19	15.10	11.91	2300.92
M - 3	15.10	29.80	0.00559	3.21	15.26	12.05	2253.47
M - 4	15.12	30.30	0.00548	3.08	15.16	12.08	2257.83
M - 5	15.15	30.21	0.00550	3.22	15.50	12.28	2269.29
M - 6	15.15	30.16	0.00560	5.07	17.33	12.26	2192.37
M - 7	15.09	30.05	0.00547	5.07	7.07	2.00	2266.51
M - 8	15.06	30.06	0.00544	4.00	16.10	12.10	2316.02
M - 9	15.14	30.14	0.00548	5.03	17.03	12.00	2272.63
M - 10	15.19	30.23	0.00557	3.18	15.29	12.11	2332.71
						Promedio	2275.33

III.8. CONSOLIDADO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO DE MEZCLA PATRÓN Y LOS REEMPLAZOS DE TRAQUITA SATURADA Y SECA EN EL AGREGADO GRUESO

Tabla 52: *Resumen del peso unitario del concreto fresco de la mezcla patrón y mezclas con reemplazo de traquita saturada y seca en el agregado grueso*

MUESTRA	UNID.	MEZCLA PATRÓN	TRAQUITA SATURADA 5%	TRAQUITA SATURADA 10%	TRAQUITA SATURADA 15%	TRAQUITA SECA 5%	TRAQUITA SECA 10%	TRAQUITA SECA 15%
M - 1	kg/cm ³	2330.12	2267.88	2336.17	2248.61	2204.75	2244.67	2291.51
M - 2	kg/cm ³	2254.03	2350.09	2359.6	2288.69	2298.15	2387.11	2300.92
M - 3	kg/cm ³	2366.95	2273.26	2384.34	2286.13	2315.22	2250.21	2253.47
M - 4	kg/cm ³	2329.74	2250.36	2227.47	2253.64	2300.91	2254.04	2257.83
M - 5	kg/cm ³	2233.06	2268.68	2315.55	2302.36	2302.9	2347.79	2269.29
M - 6	kg/cm ³	2345.11	2347.38	2262.95	2316.11	2300.65	2255.43	2192.37
M - 7	kg/cm ³	2297.45	2354.87	2332.59	2313.39	2310.3	2281.23	2266.51
M - 8	kg/cm ³	2324.96	2370.38	2312.22	2398.5	2253.47	2215.68	2316.02
M - 9	kg/cm ³	2330.97	2335.44	2241.76	2349.3	2312.97	2293.76	2272.63
M - 10	kg/cm ³	2331.94	2347.82	2328.8	2280.03	2300.02	2307.48	2332.71
Promedio		2314.43	2316.62	2310.15	2303.68	2289.93	2283.74	2275.33

APÉNDICE IV: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO

IV.1. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO: MEZCLA PATRÓN

Tabla 53: *Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón*

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 21	14.95	30.15	0.00529	12.41	2324.82
M - 22	14.97	30.20	0.00531	12.47	2248.73
M - 23	15.06	29.95	0.00533	12.49	2361.65
M - 24	15.12	30.25	0.00543	12.61	2324.44
M - 25	15.08	30.05	0.00537	12.61	2227.76
M - 26	15.22	30.40	0.00553	12.91	2339.81
M - 27	15.20	30.01	0.00545	12.40	2292.15
M - 28	15.00	30.02	0.0053	12.42	2319.66
M - 29	15.05	29.99	0.00534	12.40	2325.67
M - 30	15.10	30.01	0.00537	12.41	2326.64
				Promedio	2309.13

IV.2. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO: MEZCLA PATRÓN + 5% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GURESO

Tabla 54: *Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 5% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso*

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 21	15.35	29.95	0.00554	12.23	2263.98
M - 22	15.21	30.35	0.00551	12.61	2346.19
M - 23	15.07	30.42	0.00542	12.49	2269.36
M - 24	15.27	30.37	0.00556	12.77	2246.46
M - 25	15.03	30.41	0.00540	12.42	2264.78
M - 26	15.18	30.38	0.00550	12.61	2343.48
M - 27	15.14	30.00	0.00540	12.42	2350.97
M - 28	15.22	30.45	0.00554	12.55	2366.48
M - 29	15.09	29.95	0.00535	12.43	2331.54
M - 30	15.15	30.42	0.00548	12.49	2343.92
				Promedio	2312.72

IV.3. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO: MEZCLA PATRÓN + 10% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GURESO

Tabla 55: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 10% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 21	15.26	30.45	0.00557	12.69	2333.20
M - 22	15.11	29.90	0.00536	12.24	2356.63
M - 23	15.14	29.96	0.00539	12.18	2381.37
M - 24	15.18	30.22	0.00547	12.44	2224.50
M - 25	15.20	30.39	0.00551	12.65	2312.58
M - 26	15.21	30.40	0.00552	12.6	2259.98
M - 27	15.04	30.13	0.00535	12.33	2329.62
M - 28	15.22	30.12	0.00548	12.37	2309.25
M - 29	15.09	30.40	0.00544	12.45	2238.79
M - 30	15.17	30.41	0.0055	12.54	2325.83
				Promedio	2307.18

IV.4. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO: MEZCLA PATRÓN + 15% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GURESO

Tabla 56: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 15% de reemplazo de traquita saturada en el agregado grueso

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 21	15.15	30.04	0.00541	12.31	2245.81
M - 22	14.88	30.50	0.00530	12.12	2285.89
M - 23	14.97	30.10	0.00529	12.06	2283.33
M - 24	15.18	30.60	0.00554	12.53	2250.84
M - 25	15.07	30.50	0.00544	12.34	2299.56
M - 26	15.14	30.20	0.00543	11.99	2313.31
M - 27	15.21	30.50	0.00554	12.53	2310.59
M - 28	15.13	30.00	0.00539	12.14	2395.7
M - 29	15.20	30.60	0.00555	12.66	2346.5
M - 30	14.88	30.30	0.00527	12.09	2277.23
				Promedio	2300.88

IV.5. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO: MEZCLA PATRÓN + 5% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GURESO

Tabla 57: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 5% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/cm ³)
M - 21	15.08	30.16	0.005380	12.31	2201.75
M - 22	15.12	30.09	0.005400	12.36	2295.15
M - 23	15.22	30.27	0.005500	12.15	2312.22
M - 24	15.08	30.32	0.005420	12.27	2297.91
M - 25	15.15	30.18	0.005440	12.29	2299.90
M - 26	15.05	30.08	0.005350	12.15	2297.65
M - 27	15.18	30.26	0.005480	12.31	2307.30
M - 28	15.13	29.98	0.005390	12.41	2250.47
M - 29	15.10	30.3	0.005420	12.32	2309.97
M - 30	15.14	30.21	0.005440	12.17	2297.02
				Promedio	2286.93

IV.6. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO: MEZCLA PATRÓN + 10% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GURESO

Tabla 58: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 10% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
M - 21	15.24	30.2	0.00551	12.14	2241.74
M - 22	15.14	30.4	0.00547	12.32	2384.18
M - 23	15.22	30.3	0.00551	12.21	2247.28
M - 24	15.12	30.5	0.00547	12.26	2251.11
M - 25	15.22	30.2	0.00549	12.28	2344.86
M - 26	15.14	30.17	0.00543	12.36	2252.50
M - 27	15.2	30.45	0.00552	12.09	2278.30
M - 28	15.2	30.16	0.00547	12.18	2212.75
M - 29	15.24	30.22	0.00551	12.37	2290.83
M - 30	15.2	30.17	0.00547	12.06	2304.55
				Promedio	2280.81

IV.7. PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO: MEZCLA PATRÓN + 15% DE REEMPLAZO DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GURESO

Tabla 59: Cálculo del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón + 15% de reemplazo de traquita seca en el agregado grueso

MUESTRA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m ³)	PESO CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg)
M - 21	15.20	30.51	0.00554	12.32	2287.51
M - 22	15.25	30.17	0.00551	12.17	2296.92
M - 23	15.17	30.3	0.00547	12.06	2249.47
M - 24	15.12	30.42	0.00546	12.21	2253.83
M - 25	15.26	30.36	0.00555	12.17	2265.29
M - 26	15.12	30.19	0.00542	12.36	2188.37
M - 27	15.14	30.2	0.00543	12.26	2262.51
M - 28	15.14	30.5	0.00549	12.28	2312.02
M - 29	15.26	30.42	0.00556	12.29	2268.63
M - 30	15.22	30.25	0.0055	12.16	2328.71
				Promedio	2271.33

IV.8. CONSOLIDADO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO DE MEZCLA PATRÓN Y LOS REEMPLAZOS DE TRAQUITA SATURADA Y SECA EN EL AGREGADO GRUESO

Tabla 60: Resumen del peso unitario del concreto endurecido de la mezcla patrón y mezclas con reemplazo de traquita saturada y seca en el agregado grueso.

MUESTRA	UNID.	MEZCLA PATRÓN	TRAQUITA SATURADA 5%	TRAQUITA SATURADA 10%	TRAQUITA SATURADA 15%	TRAQUITA SECA 5%	TRAQUITA SECA 10%	TRAQUITA SECA 15%
M - 21	kg/cm ³	2324.82	2263.98	2333.2	2245.81	2201.75	2241.74	2287.51
M - 22	kg/cm ³	2248.73	2346.19	2356.63	2285.89	2295.15	2384.18	2296.92
M - 23	kg/cm ³	2361.65	2269.36	2381.37	2283.33	2312.22	2247.28	2249.47
M - 24	kg/cm ³	2324.44	2246.46	2224.5	2250.84	2297.91	2251.11	2253.83
M - 25	kg/cm ³	2227.76	2264.78	2312.58	2299.56	2299.9	2344.86	2265.29
M - 26	kg/cm ³	2339.81	2343.48	2259.98	2313.31	2297.65	2252.5	2188.37
M - 27	kg/cm ³	2292.15	2350.97	2329.62	2310.59	2307.3	2278.3	2262.51
M - 28	kg/cm ³	2319.66	2366.48	2309.25	2395.7	2250.47	2212.75	2312.02
M - 29	kg/cm ³	2325.67	2331.54	2238.79	2346.5	2309.97	2290.83	2268.63
M - 30	kg/cm ³	2326.64	2343.92	2325.83	2277.23	2297.02	2304.55	2328.71
Promedio		2309.13	2312.72	2307.18	2300.88	2286.93	2280.81	2271.33

APÉNDICE V: CÁLCULOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

V.1. ENSAYOS MECÁNICOS DE LA ROTURA DE PROBETAS DE LA MEZCLA PATRÓN

FECHA DE ELABORACIÓN: 10 / 10 / 2018

FECHAS DE ENSAYO: 7 DÍAS 14 DÍAS 28 DÍAS
 10 / 10 / 2018 24 / 10 / 18 07 / 11 / 2018

Tabla 61: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 6	M - 10	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas (días)	Días	7	7	7	7	7	7	7
Diámetro de la probeta	mm	152.50	153.40	151.40	153.30	153.40	153.90	152.25
Área de la probeta	cm ²	182.65	184.82	180.03	184.58	184.82	186.02	183.82
Altura de la probeta	mm	300.20	301.10	299.90	302.30	303.10	302.00	301.01
Peso de la probeta	kg	12.56	12.65	12.35	12.49	12.79	12.85	12.61
Carga máxima de rotura	kN	309.47	300.12	305.57	316.38	315.81	312.84	310.91
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	169.43	162.39	169.73	171.41	170.88	168.17	168.87
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	195247.62	191147.41	195423.06	196385.16	196080.27	194522.05	194800.93
Desviación Estándar	-	3.28						
Varianza	-	10.75						

Tabla 62: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón

DESCRIPCIÓN	UND	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 12	M - 13	M - 14	M - 16	M - 17	M - 19	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	14	14	14	14	14	14	14
Diámetro de la probeta	mm	151.6	150.10	152.50	151.50	153.00	152.20	151.82
Área de la probeta	cm ²	180.50	176.95	182.65	180.27	183.85	181.94	181.03
Altura de la probeta	mm	301.20	301.20	300.60	297.00	302.20	300.00	300.37
Peso de la probeta	kg.	12.56	12.12	12.62	12.14	12.72	12.34	12.42
Carga máxima de rotura	kN	350.32	356.22	356.68	354.36	363.35	360.22	356.86
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	194.08	201.31	195.28	196.58	196.58	197.99	197.14
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	208967.90	212826.05	209611.86	209611.86	210871.30	211064.7	210608.32
Desviación Estándar	-	2.51						
Varianza	-	6.31						

Tabla 63: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón

DESCRIPCIÓN	UND	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 21	M - 22	M - 25	M - 26	M - 28	M - 30	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	28	28	28	28	28	28	28
Diámetro de la probeta	mm	149.50	149.65	150.80	152.15	150.00	151.00	150.52
Área de la probeta	cm ²	175.54	175.89	178.60	181.82	176.71	179.08	177.94
Altura de la probeta	mm	301.50	302.00	300.50	304.00	300.20	300.10	301.38
Peso de la probeta	kg	12.41	12.47	12.61	12.91	12.42	12.41	12.54
Carga máxima de rotura	kN	550.83	532.12	552.72	547.90	540.00	549.32	545.48
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	313.79	302.53	309.47	301.35	305.58	306.75	306.58
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	265716.68	260900.19	263874.59	260390.43	262211.62	262713.31	225114.83
Desviación Estándar	-	4.59						
Varianza	-	21.04						

V.2. ENSAYOS MECÁNICOS DE LA ROTURA DE PROBETAS DE LA MEZCLA PATRÓN + 5% DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

FECHA DE ELABORACIÓN: 19 / 10 / 2018
 FECHAS DE ENSAYO: 7 DÍAS 14 DÍAS 28 DÍAS
 26 / 10 / 2018 02 / 11 / 18 16 / 11 / 2018

Tabla 64: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 5% de traquita saturada en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 1	M - 2	M - 5	M - 6	M - 7	M - 9	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas (días)	Días	7	7	7	7	7	7	7
Diámetro de la probeta	mm	152.56	150.50	152.30	149.40	150.80	152.15	151.29
Área de la probeta	cm. ²	182.80	177.89	182.18	175.30	178.60	181.82	179.77
Altura de la probeta	mm	300.00	303.00	305.00	300.50	302.00	300.00	301.75
Peso de la probeta	kg	12.51	12.35	12.87	12.33	12.44	12.23	12.45
Carga máxima de rotura	kN	287.84	282.98	285.39	282.58	283.61	284.96	284.56
Tipo de falla	-	5	5	5	3	3	3	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	157.46	159.07	156.66	161.19	158.79	156.73	158.32
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	188226.69	189185.43	187743.88	190443.62	189019.12	187787.34	188734.35
Desviación Estándar	-	1.74						
Varianza	-	3.02						

Tabla 65: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón + 5% de traquita saturada en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 12	M - 15	M - 16	M - 17	M - 18	M - 20	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas (días)	Días	14	14	14	14	14	14	14
Diámetro de la probeta	mm	152.8	152.80	151.90	151.60	152.80	150.80	152.12
Área de la probeta	cm. ²	183.37	183.37	181.22	180.50	183.37	178.60	181.74
Altura de la probeta	mm	301.50	304.50	303.00	303.50	306.50	304.00	303.83
Peso de la probeta	kg	12.61	12.67	12.49	12.50	12.77	12.83	12.64
Carga máxima de rotura	kN	338.22	343.54	345.94	341.83	356.07	332.69	343.05
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	184.44	187.34	190.90	189.37	194.18	186.27	188.75
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	203714.81	205310.72	207247.33	206420.20	209021.35	204722.16	206072.76
Desviación Estándar	-	3.50						
Varianza	-	12.22						

Tabla 66: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón + 5% de traquita saturada en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 21	M - 22	M - 25	M - 26	M - 27	M - 28	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas (días)	Días	28	28	28	28	28	28	28
Diámetro de la probeta	mm	153.45	152.05	150.30	151.80	151.35	152.15	151.85
Área de la probeta	cm ²	184.94	181.58	177.42	180.98	179.91	181.82	181.11
Altura de la probeta	mm	299.50	303.50	304.10	303.80	300.00	304.50	302.57
Peso de la probeta	kg	12.23	12.61	12.42	12.61	12.42	12.55	12.47
Carga máxima de rotura	kN	429.14	413.87	415.57	410.00	405.21	414.12	414.65
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	232.05	227.93	234.23	226.54	225.23	227.77	228.96
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	228496.17	226460.19	229566.99	225770.13	225114.76	226379.69	226964.65
Desviación Estándar	-	3.45						
Varianza	-	11.90						

V.3. ENSAYOS MECÁNICOS DE LA ROTURA DE PROBETAS DE LA MEZCLA PATRÓN + 10% DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

FECHA DE ELABORACIÓN: 20 / 10 / 2018
 FECHAS DE ENSAYO: 7 DÍAS 14 DÍAS 28 DÍAS
 27 / 10 / 2018 03 / 11 / 18 17 / 11 / 2018

Tabla 67: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 10% de traquita saturada en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						PROMEDIO
		M - 2	M - 3	M - 4	M - 5	M - 6	M - 7	
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	7	7	7	7	7	7	7
Diámetro de la probeta	mm	152.00	151.90	149.80	150.20	150.70	151.18	150.96
Área de la probeta	cm ²	181.46	181.22	176.24	177.19	178.37	179.51	179.00
Altura de la probeta	mm	305.00	301.00	303.00	299.00	301.00	298.00	301.17
Peso de la probeta	kg.	12.63	12.21	12.21	12.19	12.17	12.09	12.25
Carga máxima de rotura	kN	249.73	251.69	244.83	242.89	243.14	247.92	246.70
Tipo de falla	-	3	5	3	3	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	137.62	138.89	138.92	137.08	136.31	138.11	137.82
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	175969.78	176775.28	176793.71	175622.92	175130.29	176281.91	176095.65
Desviación Estándar	-							1.03
Varianza	-							1.06

Tabla 68: Resumen de rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón +10% de traquita saturada en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 11	M - 13	M - 17	M - 18	M - 19	M - 20	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	14	14	14	14	14	14	14
Diámetro de la probeta	mm	151.60	150.40	152.50	151.30	152.70	153.40	151.98
Área de la probeta	cm ²	180.50	177.66	182.65	179.79	183.13	184.82	181.43
Altura de la probeta	mm	301.00	302.50	304.50	305.50	302.50	306.00	303.67
Peso de la probeta	kg.	12.29	12.16	12.44	12.38	12.49	12.66	12.40
Carga máxima de rotura	kN	319.60	312.65	313.25	317.33	314.71	321.12	316.44
Tipo de falla	-	5	5	5	5	3	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	177.06	175.98	171.50	176.50	171.85	173.75	174.44
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	199595.39	198988.37	196436.42	199279.65	196635.78	197721.84	198109.58
Desviación Estándar	-	2.42						
Varianza	-	5.87						

Tabla 69: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón+10% de traquita saturada en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 21	M - 23	M - 25	M - 26	M - 27	M - 29	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	28	28	28	28	28	28	28
Diámetro de la probeta	mm	152.55	151.40	151.95	152.10	150.40	150.90	151.55
Área de la probeta	cm ²	182.77	180.03	181.34	181.70	177.66	178.84	180.39
Altura de la probeta	mm	304.50	299.60	303.90	304.00	301.30	304.00	302.88
Peso de la probeta	kg	12.69	12.18	12.65	12.60	12.33	12.45	12.48
Carga máxima de rotura	kN	389.90	393.26	395.00	394.21	379.56	382.17	389.02
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	213.32	218.44	217.82	216.96	213.65	213.69	215.65
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	219084.03	221697.26	221382.95	220943.34	219249.55	219273.11	220271.71
Desviación Estándar	-	2.35						
Varianza	-	5.50						

V.4. ENSAYOS MECÁNICOS DE LA ROTURA DE PROBETAS DE LA MEZCLA PATRÓN + 15% DE TRAQUITA SATURADA EN EL AGREGADO GRUESO

FECHA DE ELABORACIÓN: 22 / 10 / 2018

FECHAS DE ENSAYO: 7 DÍAS

14 DÍAS

28 DÍAS

29 / 10 / 2018

05 / 11 / 18

19 / 11 / 2018

Tabla 70: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 15% de traquita saturada en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
No. de muestra	-	M - 2	M - 5	M - 6	M - 7	M - 8	M - 9	PROMEDIO
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	7	7	7	7	7	7	7
Diámetro de la probeta	mm	152	149.20	150.80	150.00	152.90	151.10	151.00
Área de la probeta	cm ²	181.46	174.83	178.60	176.71	183.61	179.32	179.09
Altura de la probeta	mm	306	301	300	302	305.5	301	302.58
Peso de la probeta	kg.	12.14	12.06	11.94	11.99	12.43	12.04	12.10
Carga máxima de rotura	kN	222.94	211.97	206.76	207.67	212.57	206.50	211.40
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	122.86	121.24	115.76	117.52	115.77	115.16	118.05
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	166263.43	165163.73	161390.60	162608.01	161394.90	160968.87	162964.92
Desviación Estándar	-	3.24						
Varianza	-	10.47						

Tabla 71: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón+15% de traquita saturada en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 11	M - 12	M - 13	M - 14	M - 15	M - 16	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	14	14	14	14	14	14	14
Diámetro de la probeta	mm	150.60	147.45	151.99	153.00	151.50	152.00	151.09
Área de la probeta	cm ²	178.13	170.76	181.43	183.85	180.27	181.46	179.32
Altura de la probeta	mm	301.00	300.00	305.00	306.00	301.00	308.00	303.50
Peso de la probeta	kg.	12.19	11.73	12.45	12.64	12.14	12.57	12.29
Carga máxima de rotura	kN	298.62	297.12	303.09	307.01	307.91	303.57	302.89
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	167.64	174.00	167.05	166.99	170.81	167.29	168.96
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	194214.12	197864.32	193872.90	193834.53	196040.40	194013.59	194973.31
Desviación Estándar	-	2.86						
Varianza	-	8.18						

Tabla 72: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón+15% de traquita saturada en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 21	M - 22	M - 23	M - 25	M - 29	M - 30	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas (días)	Días	28	28	28	28	28	28	28
Diámetro de la probeta	mm	151.45	148.75	149.65	150.70	151.95	148.80	150.22
Área de la probeta	cm. ²	180.15	173.78	175.89	178.37	181.34	173.90	177.24
Altura de la probeta	mm	300.40	305.00	301.00	305.00	306.00	303.00	303.40
Peso de la probeta	kg	12.31	12.12	12.06	12.34	12.66	12.09	12.26
Carga máxima de rotura	kN	367.58	356.06	356.72	359.65	374.18	367.71	363.65
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	204.04	204.89	202.81	201.63	206.34	211.45	205.19
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	214265.86	214709.34	213615.78	212996.81	215469.55	218120.31	214862.94
Desviación Estándar	-	3.47						
Varianza	-	12.05						

V.5. ENSAYOS MECÁNICOS DE LA ROTURA DE PROBETAS DE LA MEZCLA PATRÓN + 5% DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

FECHA DE ELABORACIÓN: 26 / 10 / 2018
 FECHAS DE ENSAYO: 7 DÍAS 14 DÍAS 28 DÍAS
 02 / 11 / 2018 09 / 11 / 18 24 / 11 / 2018

Tabla 73: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 5% de traquita seca en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						PROMEDIO
		M - 3	M - 4	M - 5	M - 6	M - 9	M - 10	
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	7	7	7	7	7	7	7
Diámetro de la probeta	mm	150.60	151.35	151.35	151.10	151.35	151.05	151.13
Área de la probeta	cm ²	178.13	179.91	179.91	179.32	179.91	179.20	179.40
Altura de la probeta	mm	303.00	302.90	303.50	303.10	301.20	301.70	302.57
Peso de la probeta	kg.	12.22	12.30	12.26	12.24	12.22	12.32	12.26
Carga máxima de rotura	kN	186.38	184.90	182.44	195.12	189.33	197.15	189.22
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	104.63	102.77	101.41	108.81	105.24	110.02	105.48
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	153433.79	152066.08	151051.11	156470.60	153876.96	157334.51	154038.84
Desviación Estándar	-	3.36						
Varianza	-	11.28						

Tabla 74: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón + 5% de traquita seca en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						PROMEDIO
		M - 12	M - 16	M - 17	M - 18	M - 19	M - 20	
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	14	14	14	14	14	14	14
Diámetro de la probeta	mm	151.6	151.55	151.25	152.05	151.60	151.80	151.64
Área de la probeta	cm ²	180.50	180.39	179.67	181.58	180.50	180.98	180.60
Altura de la probeta	mm	307.00	303.10	300.80	304.20	303.80	304.50	303.90
Peso de la probeta	kg.	12.52	12.31	12.25	12.02	12.22	12.32	12.27
Carga máxima de rotura	kN	280.71	275.40	284.14	291.16	289.24	281.18	283.64
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	155.51	152.67	158.14	160.35	160.24	155.36	157.05
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	187057.90	185341.36	188632.76	189944.07	189878.72	186967.78	187970.43
Desviación Estándar	-	3.054						
Varianza	-	9.324						

Tabla 75: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón + 5% de traquita seca en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						PROMEDIO
		M - 22	M - 23	M - 25	M - 27	M - 28	M - 30	
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	28	28	28	28	28	28	28
Diámetro de la probeta	mm	151.20	152.15	151.50	151.80	151.30	151.40	151.56
Área de la probeta	cm ²	179.55	181.82	180.27	180.98	179.79	180.03	180.41
Altura de la probeta	mm	300.90	302.70	301.80	302.60	299.80	302.10	301.65
Peso de la probeta	kg.	12.36	12.15	12.29	12.31	12.41	12.17	12.28
Carga máxima de rotura	kN	309.21	321.17	310.18	318.39	311.41	318.11	314.75
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	172.21	176.64	172.07	175.92	173.21	176.70	174.46
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	196843.60	199361.75	196761.71	198954.72	197412.05	199392.63	198121.08
Desviación Estándar	-	2.20						
Varianza	-	4.86						

V.6. ENSAYOS MECÁNICOS DE LA ROTURA DE PROBETAS DE LA MEZCLA PATRÓN + 10% DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

FECHA DE ELABORACIÓN: 27 / 10 / 2018
 FECHAS DE ENSAYO: 7 DÍAS 14 DÍAS 28 DÍAS
 03 / 11 / 2018 10 / 11 / 18 25 / 11 / 2018

Tabla 76: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 10% de traquita seca en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						PROMEDIO
		M - 1	M - 2	M - 3	M - 7	M - 8	M - 9	
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	7	7	7	7	7	7	7
Diámetro de la probeta	mm	152.15	151.10	151.40	151.40	153.35	151.10	151.75
Área de la probeta	cm ²	181.82	179.32	180.03	180.03	184.70	179.32	180.87
Altura de la probeta	mm	299.50	302.50	300.50	300.70	301.30	302.60	301.18
Peso de la probeta	kg.	12.19	12.28	12.24	12.21	12.28	12.31	12.25
Carga máxima de rotura	kN	181.80	173.98	179.37	172.47	177.39	175.97	176.83
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	99.99	97.02	99.63	95.80	96.04	98.13	97.77
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	149993.11	147751.37	149725.35	146817.30	147003.31	148593.96	148314.07
Desviación Estándar	-	1.79						
Varianza	-	3.19						

Tabla 77: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón + 10% de traquita seca en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						PROMEDIO
		M - 11	M - 13	M - 16	M - 17	M - 18	M - 20	
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	14	14	14	14	14	14	14
Diámetro de la probeta	mm	151.8	151.95	151.45	150.95	151.40	151.00	151.43
Área de la probeta	cm ²	180.98	181.34	180.15	178.96	180.03	179.08	180.09
Altura de la probeta	mm	301.00	306.00	302.50	301.50	301.70	303.60	302.72
Peso de la probeta	kg.	12.21	12.36	12.35	12.26	12.28	12.32	12.30
Carga máxima de rotura	kN	265.24	259.44	261.47	259.72	263.42	258.32	261.27
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	146.56	143.07	145.14	145.13	146.32	144.25	145.08
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	181590.89	179417.20	180712.41	180703.22	181444.92	180155.86	180670.75
Desviación Estándar	-	1.30						
Varianza	-	1.69						

Tabla 78: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón + 10% de traquita seca en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						PROMEDIO
		M - 23	M - 24	M - 26	M - 27	M - 28	M - 29	
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	28	28	28	28	28	28	28
Diámetro de la probeta	mm	152.20	151.15	151.35	151.95	151.95	152.40	151.83
Área de la probeta	cm ²	181.94	179.43	179.91	181.34	181.34	182.41	181.06
Altura de la probeta	mm	303.00	305.00	301.70	304.50	301.60	302.20	303.00
Peso de la probeta	kg.	12.21	12.26	12.36	12.09	12.18	12.37	12.25
Carga máxima de rotura	kN	284.19	279.42	285.15	288.16	294.13	280.32	285.23
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	156.20	155.72	158.50	158.91	162.20	153.67	157.53
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	187471.85	187183.22	188842.87	189087.34	191036.03	185946.67	188261.33
Desviación Estándar	-	2.98						
Varianza	-	8.91						

V.7. ENSAYOS MECÁNICOS DE LA ROTURA DE PROBETAS DE LA MEZCLA PATRÓN + 15% DE TRAQUITA SECA EN EL AGREGADO GRUESO

FECHA DE ELABORACIÓN: 28 / 10 / 2018
 FECHAS DE ENSAYO: 7 DÍAS 14 DÍAS 28 DÍAS
 24 / 11 / 2018 11 / 11 / 18 26 / 11 / 2018

Tabla 79: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 7 días de la mezcla patrón + 15% de traquita seca en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						
		M - 1	M - 3	M - 4	M - 7	M - 8	M - 9	PROMEDIO
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	7	7	7	7	7	7	7
Diámetro de la probeta	mm	150.95	151.00	151.15	150.90	150.60	151.40	151.00
Área de la probeta	cm ²	178.96	179.08	179.43	178.84	178.13	180.03	179.08
Altura de la probeta	mm	299.20	298.90	303.00	300.50	300.60	301.40	300.60
Peso de la probeta	kg.	11.86	12.05	12.08	12.01	12.10	12.00	12.02
Carga máxima de rotura	kN	158.52	164.91	164.17	160.36	163.16	168.22	163.22
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	88.58	92.09	91.49	89.67	91.60	93.44	91.14
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	141174.17	143943.77	143477.92	142038.18	143558.26	144997.08	143198.23
Desviación Estándar	-	1.75						
Varianza	-	3.05						

Tabla 80: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 14 días de la mezcla patrón + 15% de traquita seca en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						PROMEDIO
		M - 11	M - 12	M - 15	M - 16	M - 19	M - 20	
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	14	14	14	14	14	14	14
Diámetro de la probeta	mm	151.7	152.6	150.30	151.40	151.30	151.85	151.53
Área de la probeta	cm ²	180.74	182.89	177.42	180.03	179.79	181.10	180.33
Altura de la probeta	mm	306.00	301.00	303.00	307.00	302.00	303.60	303.77
Peso de la probeta	kg.	12.43	11.99	11.81	11.89	12.00	12.31	12.07
Carga máxima de rotura	kN	223.44	227.48	222.48	225.48	222.35	224.45	224.28
Tipo de falla	-	5	5	5	5	5	5	
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	123.62	124.38	125.40	125.25	123.67	123.94	124.38
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	166778.94	167287.46	167970.43	167870.53	166811.49	166990.33	167284.86
Desviación Estándar	-	0.78						
Varianza	-	0.61						

Tabla 81: Resumen de la rotura de probetas de los especímenes a los 28 días de la mezcla patrón + 15% de traquita seca en el agregado grueso

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CODIFICACIÓN DE MUESTRAS						PROMEDIO
		M - 21	M - 22	M - 23	M - 28	M - 29	M - 30	
No. de muestra	-							
F'c	kg/ cm ²	210	210	210	210	210	210	210
Edad de las probetas	Días	28	28	28	28	28	28	28
Diámetro de la probeta	mm	152.00	152.50	151.65	151.35	152.60	152.20	152.05
Área de la probeta	cm ²	181.46	182.65	180.62	179.91	182.89	181.94	181.58
Altura de la probeta	mm	305.10	301.70	303.00	305.00	304.20	302.50	303.58
Peso de la probeta	kg.	12.32	12.17	12.06	12.28	12.29	12.16	12.21
Carga máxima de rotura	kN	249.32	248.15	251.14	241.22	246.33	247.18	247.22
Resistencia a compresión	kg/ cm ²	137.40	135.86	139.04	134.08	134.68	135.86	136.15
Módulo de Elasticidad	kg/ cm ²	175825.27	174837.11	176873.12	173688.29	174080.63	174839.01	175023.90
Desviación Estándar	-	1.82						
Varianza	-	3.30						

APÉNDICE VI: FOTOGRAFÍAS



IMAGEN N°1: Fotografía de la visita a la cantera Margarita - Chilete



IMAGEN N°2: Fotografía de la carga de los agregados



IMAGEN N°3: Fotografía realizando el ensayo de granulometría



IMAGEN N°4: Fotografía realizando el ensayo de peso unitario compactado



IMAGEN N°5: Fotografía realizando las muestras de prueba



IMAGEN N°6: Fotografía realizando el apisonado para las muestras de prueba



IMAGEN N°7: Fotografía del almacenamiento de las probetas.



IMAGEN N°8: Fotografía del ensayo de rotura de especímenes cilíndricos de concreto

ANEXO I: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO FORTIMAX ANTISALITRE



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-CC-F-04
Versión 04

Planta: Pacasmayo

CEMENTO FORTIMAX ANTISALITRE

14 de septiembre de 2018

Cemento Portland Tipo MS(MH)

Periodo de despacho 01 de Agosto de 2018 - 31 de Agosto de 2018

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.082 Tabla I

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	5
Superficie específica (cm ² /g)	A	4740
Retenido M325 (%)	A	1.8
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.03
Densidad (g/mL)	A	2.94
Resistencia a la compresión mín. (MPa)		
1 día	A	9.9
3 días	11	22.4
7 días	18	31.7
28 días ⁽¹⁾	28	43.0
Tiempo de fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	140
Final, no mayor que:	420	270
Expansión de la barra de mortero (%) ⁽²⁾	0.020 máx.	0.006
Resistencia a la expansión por sulfatos (%) a 6 meses ⁽³⁾	0.10 máx.	0.03
Calor de hidratación a 7 días (kcal/kg) ⁽⁴⁾	70 máx.	67

A No específica.

⁽¹⁾ Requisito opcional.

⁽²⁾ Método de ensayo NTP 334.093

⁽³⁾ Método de ensayo NTP 334.094

⁽⁴⁾ Método de ensayo NTP 334.064

La resistencia a 28 días corresponde al mes de Julio del 2018.

La expansión de la barra de mortero corresponde al mes de Julio del 2018.

La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de Febrero del 2018.

El calor de hidratación corresponde al mes de Agosto del 2018.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos de la NTP 334.082.2016.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

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