

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



**“BENEFICIOS AL INCORPORAR ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE
MASTER GLENIUM EN UNA MEZCLA DE CONCRETO DE ALTA
RESISTENCIA: $F'c = 500\text{kg/cm}^2$ ”**

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

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

RONAL ISRAEL BRINGAS RUMAY

ASESOR:

Ing.: WILLIAM PROSPERO QUIROZ GONZALES.

CAJAMARCA - PERÚ

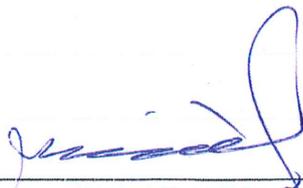
-2024-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Ronal Israel Bringas Rumay
DNI: 45921375
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. Asesor: WILLIAM PROSPERO QUIROZ GONZALES
Facultad: Ingeniería
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"BENEFICIOS AL INCORPORAR ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE MASTER GLENIUM EN UNA MEZCLA DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA: $F'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$ "
6. Fecha de evaluación: 18/03/2024
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 19%
9. Código Documento: 3117:340536139
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 18/03/2024

	
<p>FIRMA DEL ASESOR Nombres y Apellidos: WILLIAM PROSPERO QUIROZ GONZALES DNI: 26602254</p>	<p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258601 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 18/03/2024 13:19:19-0500</p> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>

DEDICATORIA

A Dios por su amor infinito para guiarme por las sendas del bien, iluminando cada paso del trajinar de la vida; a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional para lograr mis metas; a mi esposa e hijas por ser el motivo de inspiración y superación. A ustedes mi admiración y gratitud siempre.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a mis padres: Elvia Rumay Alvarado y Marcos Bringas Torres; por todo su esfuerzo, sacrificio, apoyo y amor para concretizar un escalón más de mi vida profesional.

A mis hermanos, en particular a mi hermana Doris Dalila Bringas Rumay por su apoyo durante mis estudios de Pregrado.

A mi esposa: Merly Mardely Pérez Cusquisibán por su apoyo y animarme en cada momento a realizar los ensayos materia de la presente investigación.

Agradezco también profundamente a mi gran maestro: Ing. José Lázaro Lezama Leiva; quién con sus enseñanzas e innumerables investigaciones relacionadas al concreto, me inculcó a realizar investigaciones en la materia, además su vasto conocimiento contribuyó para culminar exitosamente la presente tesis.

Agradecer también inmensamente a mis amigos: Leiner Guerrero Gonzales, Yoel Cubas Diaz y Osiel Tapia Cabrera que me apoyaron y contribuyeron para la realización y culminación de esta investigación.

Muy agradecido de todos...

ÍNDICE

DEDICATORIA ii	
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
CAPITULO I.	13
INTRODUCCIÓN	13
1.1. Descripción del Problema	14
1.2. Formulación del Problema.	14
1.3. Hipótesis de investigación	14
1.4. Objetivos	15
1.4.1. Objetivo general	15
1.4.2. Objetivos específicos	15
1.5. Justificación de la Investigación	15
1.6. Delimitaciones y Limitaciones de la Investigación.	15
1.6.1. Delimitaciones	15
1.6.2. Limitaciones	16
1.7. Descripción de los contenidos de los capítulos.	16
1.7.1. Capítulo I, INTRODUCCIÓN:	16
1.7.2. Capítulo II, MARCO TEORICO:	16
1.7.3. Capítulo III, MATERIALES Y MÉTODOS:	16
1.7.4. Capítulo IV, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:	16
1.7.5. Capítulo V, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	16
CAPITULO II.	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación	17

2.1.1.	Antecedentes internacionales	17
2.1.2.	Antecedentes nacionales	17
2.1.3.	Antecedentes locales	18
2.2.	Bases Teóricas	19
2.2.1.	Concreto.	19
2.2.2.	Concretos de alta resistencia	20
2.2.3.	Agregados	20
2.2.4.	Cemento portland	22
2.2.5.	Aditivo	22
2.2.6.	El agua para el concreto.	23
2.3.	Definición de Términos Básicos.	24
CAPITULO III.		26
MATERIALES Y MÉTODO		26
3.1.	Ubicación geográfica o espacial de la investigación	26
3.2.	Equipos y herramientas utilizados en la investigación.	27
3.2.1.	Materiales.	27
3.2.2.	Equipos.	27
3.3.	Metodología de la investigación.	28
3.3.1.	Tipo de investigación	28
3.3.2.	Nivel de investigación	28
3.3.3.	Diseño de la investigación	28
3.3.4.	Método de la investigación	28
3.3.5.	Población de estudio	28
3.3.6.	Muestra	29
3.3.7.	Variables	29
3.4.	Procedimiento de la investigación.	30
CAPITULO IV.		47

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	47
4.1. Presentación y Discusión de Resultados de los Componentes del Concreto	47
4.1.2. Discusión de los diseños de mezcla	50
4.2. Presentación y Discusión de Resultados del Peso Unitario del Concreto Fresco	51
4.2.1. Presentación de resultados y discusión del peso unitario del concreto fresco de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$	51
4.3. Presentación y Discusión de Resultados del de los Ensayos a Compresión	52
4.3.1. Presentación de resultados de los ensayos a compresión	52
4.4. Presentación y Discusión de Resultados del módulo de elasticidad del concreto	58
4.5. Análisis de costos en función a la resistencia del concreto	59
4.5.1. Análisis de costos para una resistencia de 500 kg/cm^2	59
4.6. Contraste de hipótesis	60
CAPITULO V.	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1. CONCLUSIONES	62
5.2. RECOMENDACIONES	62
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	63
ANEXO 01: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	66
ANEXO 02: DISEÑOS DE MEZCLA	78
ANEXO 03: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL	85
ANEXO 04: DIAGRAMAS DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN	96
ANEXO 06: HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO	104
ANEXO 07: PANEL FOTOGRÁFICO	107

ÍNDICE DE TABLAS

Título	Página
Tabla 01. <i>Requerimientos que deberían cumplir el agregado fino para concreto</i>	21
Tabla 02. <i>Requerimientos que deberían cumplir el agregado fino para concreto</i>	21
Tabla 03. <i>Límites Permisibles para Agua de Mezcla y de Curado Según la Norma ITINTEC 339.088.</i>	23
Tabla 4. <i>Cantidad de especímenes ensayados</i>	29
Tabla 5. <i>f'cr en función del grado de control de calidad en la obra</i>	38
Tabla 6. <i>Consistencia y Asentamiento.</i>	39
Tabla 7. <i>Volumen unitario de agua</i>	39
Tabla 8. <i>Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal.</i>	40
Tabla 9. <i>Relación agua/cemento y resistencia a la compresión requerida del concreto</i> ...	40
Tabla 10. <i>Módulo de finura de la combinación de agregados</i>	41
Tabla 11. <i>Resultados de las propiedades físico-mecánicas del agregado fino y grueso</i> ...	47
Tabla 12. <i>Materiales por metro cúbico, para un concreto de f'c = 500 kg/cm² utilizando cemento Tipo MS</i>	49
Tabla 13. <i>Proporción en peso y volumen, para un concreto de f'c = 500 kg/cm² utilizando cemento Tipo MS</i>	49
Tabla 14. <i>Materiales por metro cúbico, para un concreto de f'c = 500 kg/cm², utilizando cemento Tipo MS y aditivo Master Glenium SCC 3800</i>	49
Tabla 15. <i>Cantidad de cemento en bolsas por metro cubico para un concreto de f'c = 500 kg/cm²</i>	50
Tabla 16. <i>Peso unitario del concreto fresco para un concreto de f'c = 500 kg/cm²</i>	51
Tabla 17. <i>Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 7 días para un f'c de diseño igual a 500 kg/cm²</i>	52
Tabla 18. <i>Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 14 días para un f'c de diseño igual a 500 kg/cm²</i>	53
Tabla 19. <i>Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 28, días para un f'c de diseño igual a 500 kg/cm²</i>	54
Tabla 20. <i>Estándar de control de hormigón.</i>	55
Tabla 21. <i>Cuadro resumen de resultados a la compresión para un f'c de 500 kg/cm²</i> ...	56
Tabla 22. <i>Cuadro resumen de resultados del módulo de elasticidad (kg/cm²) un f'c de diseño de 500 kg/cm²</i>	59

Tabla 23. Cuadro resumen de resultados del módulo de elasticidad (kg/cm ²) un f'c de diseño de 500 kg/cm ²	60
Tabla 24. Contrastación con objetivos e hipótesis.....	60
Tabla 25. Análisis granulométrico del Agregado Fino. Ensayo N° 01	66
Tabla 26. Análisis granulométrico del Agregado Fino. Ensayo N° 02.....	67
Tabla 27. Análisis granulométrico del Agregado Fino. Ensayo N° 03	68
Tabla 28. Módulo de finura del Agregado Fino	69
Tabla 29. Análisis granulométrico del agregado grueso. Ensayo N° 01	69
Tabla 30. Análisis granulométrico del agregado grueso. Ensayo N° 02	70
Tabla 31. Análisis granulométrico del agregado grueso. Ensayo N° 03	71
Tabla 32. Módulo de finura del Agregado Grueso.....	72
Tabla 33. Peso específico del agua.....	73
Tabla 34. Factor f del molde para el peso unitario del agregado fino.	73
Tabla 35. Peso unitario seco suelto.	73
Tabla 36. Peso unitario seco compactado o varillado.....	73
Tabla 37. Factor f del molde para el peso unitario del agregado grueso.....	74
Tabla 38. Peso unitario seco suelto.	74
Tabla 39. Peso unitario seco compactado o varillado.....	74
Tabla 40. Porcentaje que pasa la malla N° 200 del Agregado Fino.....	75
Tabla 40. Porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado grueso.....	75
Tabla 42. Contenido de humedad del agregado fino.....	75
Tabla 43. Contenido de humedad del agregado grueso.....	75
Tabla 44. Peso específico del Agregado Fino.....	49
Tabla 45. Peso específico del Agregado Grueso.....	77
Tabla 46. Desgaste a la abrasión del agregado grueso.....	77
Tabla 47. Resultados del ensayo a compresión para la muestra patrón a edad de 7 días	85
Tabla 48. Resultados del ensayo a compresión para la muestra patrón a edad de 14 días.....	86
Tabla 49. Resultados del ensayo a compresión para la muestra patrón a edad de 28 días.....	87
Tabla 50. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento Tipo MS, a edad de 7 días.....	88
Tabla 51. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento Tipo MS, a edad de 14 días.....	89

Tabla 52. <i>Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento</i> <i>Tipo MS, a edad de 28 días</i>	90
Tabla 53. <i>Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento</i> <i>Tipo MS, a edad de 7 días</i>	91
Tabla 54. <i>Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento</i> <i>Tipo MS, a edad de 14 días</i>	92
Tabla 55. <i>Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento</i> <i>Tipo MS, a edad de 28 días</i>	93
Tabla 56. <i>Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento</i> <i>Tipo MS, a edad de 7 días</i>	94
Tabla 57. <i>Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento</i> <i>Tipo MS, a edad de 14 días</i>	95
Tabla 58. <i>Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento</i> <i>Tipo MS, a edad de 28 días</i>	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Ubicación satelital el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”.	26
Figura 2. Cantera Chilete, Km. 94+00 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca.	27
Figura 3. Cantidad de cemento en bolsas por metro cubico para un concreto de $f'c = 500$ kg/cm ²	50
Figura 4. Peso unitario del concreto fresco para un concreto de $f'c = 500$ kg/cm ²	51
Figura 5. Resistencia a la compresión obtenida para concreto de $f'c = 500$ kg/cm ² con cemento tipo MS	56
Figura 6. Desarrollo de la Resistencia a compresión un concreto de $f'c = 500$ kg/cm ² con cemento Tipo MS y aditivo Master Glenium SCC 3800 VS. Tiempo	57
Figura 7. Requisito granulométrico del Agregado Fino.	66
Figura 8. Requisito granulométrico del Agregado Fino.	67
Figura 9. Requisito granulométrico del Agregado Fino.	68
Figura 10. Requisito granulométrico del Agregado Grueso.	70
Figura 11. Requisito granulométrico del Agregado Grueso.	71
Figura 12. Requisito granulométrico del Agregado Grueso.	72
Figura 13. Proceso de mezclado	107
Figura 14. Desencofrado y codificación de los especímenes de concreto	107
Figura 15. Curado de los especímenes de concreto.	108
Figura 16. Especímenes de concreto para ser ensayados a compresión axial	108
Figura 17. Ensayo a compresión axial de los especímenes de concreto	109
Figura 18. Modo de falla de los especímenes de concreto	109

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar los beneficios al incorporar aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800 en una mezcla de concreto de alta resistencia: $f'c=500 \text{ Kg/cm}^2$, para ello se elaboró probetas con una mezcla patrón (CP) utilizando cemento MS, y se sometió al ensayo de compresión a las edades de 7, 14 y 28 días. Así mismo se realizaron mezclas de prueba para determinar el porcentaje de aditivo a incorporar en la mezcla y así poder ajustar la resistencia de diseño con la metodología de combinación de agregados. La proporción de aditivo de las mezclas de prueba fue de 1.1% y 1.2% en peso del cemento, con dichas dosificaciones la resistencia mecánica a compresión a los 7, 14 y 28 días fue inferior a lo establecido en la norma; la dosificación con la que se obtuvo mejores resultados de resistencia a la compresión, fue al adicionar aditivo Master Glenium SCC 3800 en proporción del 1.3% en peso del cemento. La resistencia mecánica a compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días fue de 388.38 kg/cm^2 , 449.93 kg/cm^2 y 547.46 kg/cm^2 ; y en el concreto con aditivo la resistencia mecánica a compresión a los 7, 14 y 28 días fue de 405.21 kg/cm^2 , 468.01 kg/cm^2 y 572.73 kg/cm^2 respectivamente. Se concluye que el aditivo Master Glenium SCC 3800, tiene un beneficio positivo en el diseño de un concreto de alta resistencia, porque disminuye la relación agua/cemento incrementando la resistencia a compresión inicial a los 7 días en un 11.04% en función al $f'c$ de diseño; así mismo permite disminuir la relación agua/cemento incrementando la resistencia a compresión final a los 28 días en un 14.55% en función al $f'c$ de diseño, a su vez el uso de aditivo Master Glenium SCC 3800 genera una disminución de la viscosidad de la pasta, consecuentemente incrementa la trabajabilidad y facilita la puesta en obra del concreto.

Palabras clave: Concreto de alta resistencia, trabajabilidad, resistencia a la compresión.

SUMMARY

The objective of this research is to determine the benefits of incorporating Master Glenium SCC 3800 superplasticizer additive in a high resistance concrete mixture: $f'_c=500 \text{ Kg/cm}^2$, for this purpose specimens were prepared with a standard mixture (CP) using MS cement , and was subjected to the compression test at the ages of 7, 14 and 28 days. Likewise, test mixtures were made to determine the percentage of additive to be incorporated into the mixture and thus be able to adjust the design resistance with the aggregate combination methodology. The additive proportion of the test mixtures was 1.1% and 1.2% by weight of cement, with these dosages the mechanical resistance to compression at 7, 14 and 28 days was lower than that established in the standard; The dosage with which the best compressive strength results were obtained was by adding Master Glenium SCC 3800 additive in a proportion of 1.3% by weight of the cement. The mechanical compressive strength of the concrete at 7, 14 and 28 days was 388.38 kg/cm^2 , 449.93 kg/cm^2 and 547.46 kg/cm^2 ; and in the concrete with additive the mechanical resistance to compression at 7, 14 and 28 days was 405.21 kg/cm^2 , 468.01 kg/cm^2 and 572.73 kg/cm^2 respectively. It is concluded that the Master Glenium SCC 3800 additive has a positive benefit in the design of a high-resistance concrete, because it reduces the water/cement ratio, increasing the initial compressive strength after 7 days by 11.04% based on f'_c of design; Likewise, it allows the water/cement ratio to be reduced, increasing the final compressive strength at 28 days by 14.55% depending on the design f'_c . In turn, the use of Master Glenium SCC 3800 additive generates a decrease in the viscosity of The paste consequently increases the workability and facilitates the placement of the concrete.

Keywords: High strength concrete, workability, compressive strength.

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN

El hormigón es un material muy solicitado a nivel mundial y especialmente en Perú debido al crecimiento de la población, lo que genera la necesidad de construir grandes proyectos de transporte, vivienda, comunicación e infraestructura hidráulica, entre otros. Por consiguiente, los diseños arquitectónicos y estructurales requieren materiales con una mayor resistencia a la compresión para cumplir sus objetivos estructurales. Esto implica cargas más pesadas con una menor cantidad de elementos estructurales y una sección más reducida en dichos elementos, lo que representa grandes desafíos para el sector de la construcción.

Una de las soluciones para abordar estos desafíos a nivel mundial es el uso de hormigón de alta resistencia, que ha estado disponible desde la década de 1960. Sin embargo, su comercialización ha sido intensiva solo en algunas áreas específicas del mundo, como el área de Chicago-Montreal-Toronto, Seattle y, de manera más limitada, en otros países. En estas regiones, la colaboración entre equipos de diseño, constructores, empresas de hormigón premezclado y laboratorios especializados ha facilitado el uso más extendido de este material de alto rendimiento, alcanzando niveles de resistencia cada vez mayores.

Por lo tanto, se está llevando a cabo una investigación activa para desarrollar hormigones de alta resistencia que garanticen un alto nivel de confiabilidad en el rendimiento final de los elementos construidos con este material. Para la producción de hormigón de alta resistencia, se consideran procedimientos de mezcla, proporciones, calidad de los materiales y, actualmente, con los avances en la tecnología del hormigón, se han desarrollado aditivos químicos superplastificantes que pueden mejorar las propiedades del hormigón y proporcionar rendimientos óptimos en estado fresco y endurecido, dependiendo de su aplicación o del sistema constructivo utilizado.

En el marco de esta investigación, se buscará determinar los beneficios de incorporar el aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800 en una mezcla de hormigón de alta resistencia con una resistencia característica a la compresión de 500 Kg/cm².

1.1. Descripción del Problema

En el Perú, especialmente en la ciudad de Cajamarca, no es común utilizar aditivos superplastificantes debido a la falta de conocimiento sobre su uso y beneficios. Dado que estos productos no son ampliamente disponibles ni consumidos en el mercado local, son pocos los profesionales que tienen la oportunidad de utilizarlos y realizar investigaciones para mejorar las propiedades del concreto, tanto en su estado fresco como endurecido, como la trabajabilidad y la resistencia mecánica. Por esta razón, el nivel de informalidad en la producción y uso del concreto alcanza el 77% respecto a la producción total (Pasquel, 2010).

En Cajamarca, uno de los principales problemas en la fabricación del concreto es la disminución de su resistencia, causada por la modificación no controlada de la relación agua/cemento en un intento por mejorar la trabajabilidad. Por lo tanto, en este estudio de investigación, se reconoce la necesidad de comprender los beneficios del aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800 en las propiedades del concreto de alta resistencia, con una resistencia característica de 500 Kg/cm^2 en estado fresco y endurecido, especialmente en términos de trabajabilidad y resistencia.

1.2. Formulación del Problema.

¿Cuáles son los beneficios al incorporar aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800 en una mezcla de concreto de alta resistencia: $f'c=500 \text{ Kg/cm}^2$?

1.3. Hipótesis de investigación

Al incorporar aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800, a un diseño de concreto de alta resistencia: $f'c=500 \text{ Kg/cm}^2$ disminuye la relación agua/cemento e incrementa en un 8% la resistencia a compresión del concreto, además mejora la trabajabilidad y disminuye el costo por m^3 de concreto.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar los beneficios al incorporar aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800 en una mezcla de concreto de alta resistencia: $f'c=500 \text{ Kg/cm}^2$.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de los agregados utilizados en el diseño.
- Determinar la resistencia a compresión de un diseño de concreto para un $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ adicionando 1.3% de superplastificante Master Glenium SCC 3800 y cemento MS a edades de 7, 14 y 28 días.
- Determinar la resistencia a compresión del concreto para un $f'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$, sin adicionar aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800 y cemento MS a edades de 7, 14 y 28 días.
- Analizar y comparar los costos de concretos elaborados con adiciones de Master Glenium SCC 3800 y concretos normales en relación a su resistencia mecánica a la compresión.

1.5. Justificación de la Investigación

El uso adecuado del aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800 en una mezcla de concreto de alta resistencia para un $f'c=500 \text{ Kg/cm}^2$ permite lograr el aumento de la plasticidad de la mezcla llevando consigo beneficios como alta resistencia inicial y final, mayor trabajabilidad, facilita las tareas de puesta en obra y disminuye el costo por m^3 de concreto.

1.6. Delimitaciones y Limitaciones de la Investigación.

1.6.1. Delimitaciones

- La presente investigación se ha realizado utilizando agregados de río, la cantera se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Chilete, en el Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca.

- Se utilizó 1.1%, 1.2% y 1.3% de aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800, Cemento Portland Tipo MS, agua potable del campus universitario, por lo que el estudio se circunscribe al norte del país.
- Se realizó un diseño de mezcla patrón de concreto de alta resistencia para un $f'c=500$ kg/cm².
- Los ensayos a compresión del concreto fueron a las edades de 7, 14 y 28 días respectivamente.

1.6.2. Limitaciones

Respecto al aditivo para mejorar la resistencia del concreto no se encuentra con facilidad en el mercado, ya que no es común su utilidad en nuestro medio.

1.7. Descripción de los contenidos de los capítulos.

- 1.7.1. **Capítulo I, INTRODUCCIÓN:** es de carácter informativo sobre el contexto, el problema, la justificación, alcances, objetivos e hipótesis.
- 1.7.2. **Capítulo II, MARCO TEORICO:** describe las investigaciones anteriores que existen relacionadas con el tema de investigación, resaltando resultados y conclusiones. Además de términos básicos de los temas a desarrollar en los capítulos posteriores.
- 1.7.3. **Capítulo III, MATERIALES Y MÉTODOS:** abarca la población de estudio, muestra, unidad de análisis; tipo, nivel, diseño y método de investigación, así como las técnicas de recolección de datos, finalmente el análisis de los resultados.
- 1.7.4. **Capítulo IV, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS:** contiene la interpretación, explicación y discusión de resultados obtenidos.
- 1.7.5. **Capítulo V, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:** desarrolla las conclusiones de la investigación para cada objetivo propuesto y las recomendaciones que sugieren la ampliación de los conocimientos respecto al problema de la investigación.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Córdova y Portugal (2014) Según su investigación titulada "Determinación y obtención de la curva esfuerzo vs tiempo de un concreto de alta resistencia mediante la incorporación de microsílíce y superplastificantes en la mezcla, utilizando agregados de la cantera Flores y cemento Chimborazo", se presenta un diseño basado en el método propuesto por el comité ACI 211.4 para una mezcla de concreto de alta resistencia a la compresión a los 28 días con una resistencia de 50 MPa, empleando agregados provenientes de la Cantera Flores del cantón de Riobamba, cemento Chimborazo, microsílíce "SikaFume" y superplastificantes "Sika ViscoCrete 2100". Concluyeron que al agregar microsílíce y superplastificante al diseño estándar, la resistencia del concreto aumentó en un 30% a los 28 días.

Reina et al., (2010) De acuerdo con su investigación titulada "Impacto de la Tasa de Aditivo Superplastificante en las Propiedades del Concreto de Alta Resistencia en Estado Fresco y Endurecido", llegaron a la conclusión de que los resultados de resistencia a la compresión obtenidos a los 7 días de edad oscilaron entre el 85% y el 104% de la resistencia en estudio para las distintas tasas de dosificación de aditivo examinadas en la investigación. Asimismo, los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de edad se situaron dentro del rango del 100% al 122% de la resistencia a compresión en estudio especificada, para las tasas de dosificación de aditivo EUCON 37 en el intervalo de 600 a 1800 ml/100kg de cemento.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Pinto (2022) De acuerdo con su estudio titulado "Desarrollo y Análisis Comparativo de Concretos Premezclados Bombeables, con Resistencias Especificadas a 24h, 3 y 7 Días, con y sin Uso de Acelerante", se llegó a la conclusión de que la adición del aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800 provoca un aumento en los

pesos unitarios de las mezclas de concreto fresco en comparación con sus valores teóricos, así como una reducción en los niveles de aire atrapado. Esto proporciona a las mezclas una mayor compactación y las características de un concreto con capacidad de autoacomodamiento.

La inclusión del superplastificante MG SCC 3800 resulta más beneficiosa en mezclas con fluidez elevada, ya que, en dosis mayores, las resistencias aumentan en todas las edades en beneficio del diseño con dosis más altas. Esto se debe a que el superplastificante mejora la hidratación de una mayor cantidad de partículas de cemento, lo que resulta en una hidratación más uniforme y, por ende, un mayor aumento de la resistencia.

Rodríguez (2016), El estudio titulado "Aplicación del Concreto Autocompactante con Aditivo Incorporador de Aire para el Estudio de Fisuras en Losas de Concreto Armado" concluyó que la inclusión del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto, específicamente el uso de los aditivos superplastificante Master Glenium SCC 3800 e incorporador de aire, reduce significativamente la presencia de fisuras causadas por retracción plástica y asentamiento plástico en las primeras horas. Además, estos aditivos contrarrestan la formación de fisuras por contracción térmica y retracción por secado durante el primer mes de vida de las losas de concreto armado.

2.1.3. Antecedentes locales

Chilón (2018), "Concreto De Alta Resistencia, Utilizando Nanosílice Y Superplastificante" estudia el concreto autocompactante, utilizando cemento "Pacasmayo Tipo I", al adicionar fibra sintética "SIKA® FIBER FORCE PP-48" y aditivo MasterGlenium ® SCC 3800. Los resultados manifiestan que, la adición de fibra aumenta la resistencia a compresión hasta un máximo de 17.3% para una dosificación de 4kg/m³ de fibra, la resistencia a la tracción indirecta incrementa hasta un 26.73% para una dosificación de 4kg/m³ de fibra, en tanto la resistencia a flexión aumenta hasta 7% para una dosificación de 2kg/m³ de fibra.

Bernal (2017) e acuerdo con su estudio titulado "Optimización de la Resistencia a Compresión del Concreto Elaborado con Cementos Tipo I y Aditivos Superplastificantes", se evaluaron aditivos superplastificantes de las marcas Chema, Sika y Euco, junto con cementos tipo I de las marcas Pacasmayo, Sol y Andino. Se concluyó que tanto los grupos de control como los experimentales lograron valores de resistencia a compresión superiores a los requeridos. Al emplear aditivos superplastificantes en una proporción del 1.00% del peso del cemento en la preparación del concreto, la mayor resistencia a compresión se alcanzó al combinar el aditivo superplastificante Sika Plast 1000 con Cemento Pacasmayo tipo I, con un aumento del 11.00% en comparación con su grupo de control respectivo y un incremento del 24.80% respecto a la resistencia a compresión requerida. Además, se observó que el costo de la mezcla del grupo de control, sin aditivo, fue un 14.03% mayor que el costo de las mezclas de los grupos experimentales con aditivos superplastificantes. Asimismo, se encontró que los aditivos utilizados proporcionaron una buena trabajabilidad a las mezclas de concreto.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Concreto.

Se trata de una combinación de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones apropiadas con el fin de lograr ciertas características especificadas, particularmente la resistencia. (Abanto, 2017).

2.2.1.1. Características del concreto

Abanto (2017) afirma que entre los factores que hacen del concreto un material de construcción universal tenemos:

- a. La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene su consistencia plástica.
- b. Su elevada resistencia a la compresión lo que hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- c. Su elevada resistencia al fuego y a la penetración de agua.

2.2.2. Concretos de alta resistencia

Definición:

El ACI (Instituto Americano del Concreto) describe que el concreto de alta resistencia, es aquel que tiene una resistencia a la compresión, $f'c \geq 420 \text{ kg/cm}^2$.

Según Neville & Brooks (2010), se define como concreto de alta resistencia aquel cuya capacidad de resistencia a la compresión excede los 80 MPa. Este nivel de resistencia se logra mediante la utilización de una mezcla con una proporción baja de agua respecto al cemento, generalmente alrededor de 0,30 o menos, y la adición de aditivos superplastificantes para mejorar la manejabilidad.

De acuerdo con lo expresado por Mohammad Abdur & Mohammad Abul (2009), la producción de concretos de alta resistencia no requiere de materiales especiales, pero sí de materiales de alta calidad utilizados en proporciones óptimas. En términos generales, estos concretos incluyen agregados de buena calidad, una cantidad elevada de cemento Portland, típicamente entre 450 kg/m³ y 550 kg/m³; entre el 5% y el 15% de la masa de cemento en forma de humo de sílice, un superplastificante, y otros materiales como cenizas volantes, entre otros.

2.2.3. Agregados

También conocidos como áridos, se refieren a un conjunto de partículas que pueden ser de origen natural o artificial, las cuales pueden ser procesadas o elaboradas y cuyas dimensiones se encuentran dentro de los rangos establecidos por las normas NTP 400.0037 y ASTM C 33.

2.2.3.1. Clasificación

El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral.

Se define como agregado fino a la arena o piedra natural que ha sido triturada a un tamaño reducido y que atraviesa el tamiz de 9.5 mm (3/8"), cumpliendo con las restricciones establecidas por la normativa. *NTP 400.0037 2014*.

Tabla 01. Requerimientos que deberían cumplir el agregado fino para concreto.

Agregado fino		
Ensayo	Requisito-NTP 400.037	Otras Especificaciones.
Muestreo.	Muestra Mín. ≥ 10 kg.	-
Forma y textura superficial.	Las que generen > durabilidad y resistencia al C°	-
Análisis granulométrico.	Husos granulométricos.	-
Módulo de finura.	(2.3 – 3.2)	-
Material < pasa tamiz N° 200: Agregado fino natural. Agregado fino chancado.	Máx. 3% (C° sujeto a abrasión). Máx. 5% (otros concretos).	- -
Partículas deleznales.	Máx. 3%.	-
Peso específico, (gr/cm³).	-	(2.3 – 2.9)
Absorción, (%).	-	(0.2 – 3.5)
Contenido de humedad (%).	-	8 Aprox.
Peso unitario, (kg/m³): Compactado. Suelto.	- -	(1550 – 1750) (20% menos)

Fuente: Normas ASTM C33/C33M-11, NTP 400.037.

Tabla 02. Requerimientos que deberían cumplir el agregado grueso para concreto.

Agregado grueso		
Ensayo	Requisito NTP 400.037	Otras Especificaciones
Muestreo.	Medida: Tabla N° 1, NTP 400.010.	-
Forma y textura superficial.	Las que generen > durabilidad y resistencia al concreto	-
Análisis granulométrico.	Husos granulométricos.	-
Tamaño máximo	En el Concreto no se encontrarán partículas más grandes. Será el pasante por el tamiz de 2 ½” (según RNE).	-
Material < pasa tamiz N° 200.	Máx. 1%.	-
Partículas deleznales.	Máx. 5%.	-
Resistencia a la abrasión.	Máx. Pérdida 50%.	-
Peso específico, (gr/cm³).	-	(2.3 – 2.9)
Absorción, (%).	-	(0.2 – 3.5)
Contenido de humedad, (%).	-	4 Aprox.
Peso unitario, (kg/m³): Compactado. Suelto.	- -	(1620 - 2016) (1350 – 1680)

Fuente: Normas ASTM C33/C33M-11, NTP 400.037.

2.2.4. Cemento portland

Se trata de un producto comercial fácilmente disponible que, al mezclarse con agua, ya sea de forma individual o combinado con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la capacidad de reaccionar gradualmente con el agua para formar una masa endurecida. Básicamente, consiste en un clinker finamente molido, obtenido mediante la cocción a altas temperaturas de mezclas que contienen cal, alúmina, hierro y sílice en proporciones específicas (Abanto, 2017).

La importancia de establecer especificaciones adecuadas es evidente, ya que estas deben asegurar que se utilice únicamente la cantidad y tipo de cemento necesarios para cumplir con los requisitos deseados en el concreto. Todos los cementos empleados en el Perú son cementos portland que cumplen con los requisitos establecidos por la NTP 334.009 o su equivalente, la norma ASTM C 150, o son cementos combinados que cumplen con lo especificado en la NTP 334.090 o su equivalente, la norma ASTM C 595.

2.2.5. Aditivo

Tanto el Comité 116R del ACI como la Norma ASTM C 125 proporcionan definiciones similares de aditivo, describiéndolo como un material que se utiliza como componente del concreto o mortero, aparte del agua, los agregados y el cemento hidráulico. Las cantidades de aditivos utilizadas suelen ser proporcionales a un pequeño porcentaje del peso del cemento, aunque existen excepciones donde se prefiere dosificar el aditivo en relación con la cantidad de agua de amasado.

2.2.5.1. Condiciones de empleo

Los aditivos utilizados deben cumplir con los requisitos establecidos en las normas ASTM o ITINTEC correspondientes. Su uso debe estar especificado en las especificaciones del proyecto o ser aprobado por la supervisión.

El uso de aditivos que incorporan aire es necesario en el caso de concretos que puedan estar expuestos a temperaturas ambiente menores de 0°C en cualquier etapa de su vida. En otros casos, el uso de estos aditivos solo es obligatorio cuando pueden ser la única

opción para alcanzar los resultados deseados. Sin embargo, el uso de aditivos no autoriza la reducción del contenido de cemento seleccionado para la unidad de concreto.

2.2.6. El agua para el concreto.

Abanto (2017) señala que el agua desempeña un papel esencial en la elaboración del concreto, ya que está vinculada con la resistencia, la trabajabilidad y las propiedades del concreto endurecido.

La Norma Peruana NTP 339.088 establece que son adecuadas para la preparación y curado del concreto aquellas aguas cuyas características y concentraciones de sustancias disueltas se encuentran dentro de los límites especificados.

Tabla 03. Límites Permisibles para Agua de Mezcla y de Curado Según la Norma ITINTEC 339.088.

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ión Cl ⁻)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

Fuente: Normas NTP 339.088.

2.2.6.1. Requisitos del comité 318 del ACI

- a. El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.

- b. El agua de mezclado para concreto premezclado o para concreto que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la porción del agua demecido que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ión cloruro.
- c. La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.
- d. Los cubos de ensayo de morteros preparados con aguas de mezclado no potables deberán tener a los 7 y 28 días resistencias iguales a por lo menos el 90% de la resistencia de especímenes similares preparados con agua potable. Los ensayos de comparación de resistencia deberán ser preparados con morteros, idénticos con excepción del agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la Norma ASTM C 109 "Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar" (Empleando especímenes cúbicos de 2" ó 50 mm).

2.3. Definición de Términos Básicos.

- **Superplastificante:** Un aditivo que reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada en un 12 % o más. (ASTM C494-08)
- **MasterGlenium SCC 3800:** Es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato.
- **Concreto de alta resistencia.** - Concreto con una resistencia de diseño de, por lo menos, 70 MPa (713.801kg/cm²). (Portland Cement Association, 2004, pág. 399)
- **Trabajabilidad:** Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoques frescos, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado. [NTP 339.047-2006]

- **Dosificación:** Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. [NTP 339.047-2006]
- **Relación Agua/Cemento:** Es el cociente entre las cantidades de agua y cemento existentes en el concreto fresco.

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Ubicación geográfica o espacial de la investigación

3.1.1.1. Laboratorio de Ensayo.

El estudio tuvo lugar en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, así como en el laboratorio de Ensayo de Materiales "Carlos Esparza Díaz" de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca. Las coordenadas UTM según el Datum WGS-84 indican que la cantera se encuentra en la Franja 17M, con coordenadas Este de 776621 y Norte de 9206991.



Figura 1. Ubicación satelital el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”.

3.1.1.2. Cantera de estudio.

Se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Chilete, en el Km. 94+00 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca, geográficamente en las coordenadas UTM según Datum WGS-84, ubican a la cantera en la Franja 17M con coordenadas 0742734 Este y 92010250 Norte, a una altitud de 929 m.s.n.m.

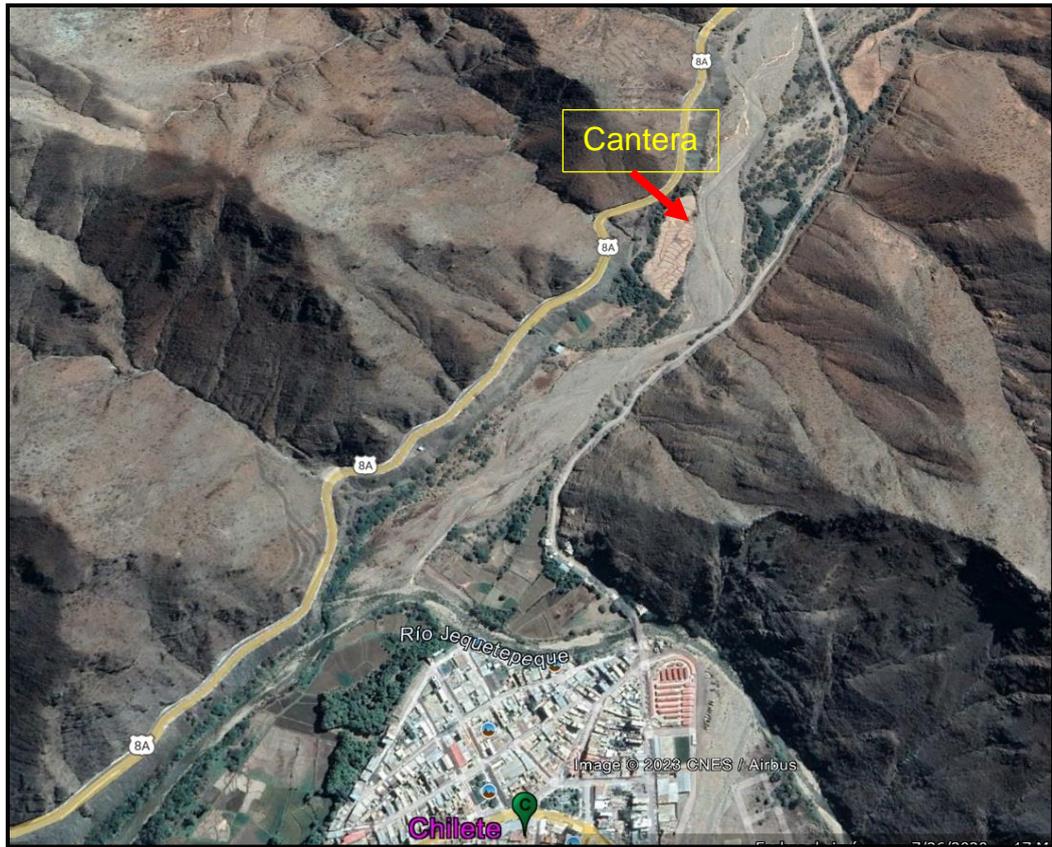


Figura 2. Cantera Chilite, Km. 94+00 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca.

3.2. Equipos y herramientas utilizados en la investigación.

3.2.1. Materiales.

- Cemento Portland MS Pacasmayo de la norma ASTM C-1157
- Agregado fino y grueso de la cantera “Chilite, Km. 94+00 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca”
- Agua Potable (del campus universitario).
- Aditivo Master Glenium SCC 3800.

3.2.2. Equipos.

- Mallas ASTM 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.
- 01 probeta 1000 ml.
- 01 probeta 100 ml.
- Horno de secado con termostato.

- Balanza con capacidad de 5000 g y una aproximación de 0.1 g.
- 01 balanza con capacidad de 30 kg y una aproximación de 1 g.
- 01 regla metálica graduada al mm.
- 04 bandejas de 30*50 cm.
- 20 moldes cilíndricos para concreto.
- 01 vernier de laboratorio.
- 01 maquina universal para ensayos de compresión uniaxial.
- Máquina de ensayo a compresión.
- Platos metálicos con discos de neopreno.
- Vernier.
- Deformímetro.

3.3. Metodología de la investigación.

3.3.1. Tipo de investigación

Esta investigación se clasifica como aplicada, ya que está dirigida a abordar los desafíos encontrados durante la producción de concreto, asegurando el cumplimiento de los requisitos de trabajabilidad y resistencia en una mezcla de concreto de alta resistencia.

3.3.2. Nivel de investigación

Es correlacional, ya que nos permite medir el grado de relación que existe entre las variables de la investigación.

3.3.3. Diseño de la investigación

Es experimental, comprende la caracterización por medio de probetas estandarizadas preparadas y ensayadas en laboratorio para estimar el parámetro de resistencia en el concreto patrón e incorporando aditivo.

3.3.4. Método de la investigación

Hipotético-deductivo es un método que busca abordar varios problemas mediante hipótesis que se consideran verdaderas, aunque no se tenga certeza absoluta sobre su validez.

3.3.5. Población de estudio

Conjunto de especímenes de concreto con aditivo y sin aditivo.

3.3.6. Muestra

Se seleccionaron 120 muestras de concreto para su análisis correspondiente, las cuales se dividieron en grupos para ser sometidas a pruebas de compresión.

- 60 especímenes de concreto sin aditivo y cemento Tipo MS, de resistencia a la compresión $f'c=500 \text{ Kg/cm}^2$.
- 60 especímenes de concreto con aditivo Master Glenium SCC 3800 y cemento Tipo MS, de resistencia a la compresión $f'c=500 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla 4. Cantidad de especímenes ensayados.

Ensayos Resistencia a la Compresión	Edad Del Concreto			
	7 días	14 días	28 días	Sub total
Concreto Patrón	20	20	20	60
Concreto con Aditivo	20	20	20	60
Total				120

3.3.7. Variables

- **Variable independiente:**

- Cemento MS.
- Aditivo superplastificante Master Glenium SCC 3800.

- **Variable dependiente:**

- Resistencia a compresión.
- Relación agua/cemento.
- Trabajabilidad.

3.4. Procedimiento de la investigación.

3.4.1.1. Determinación de características de los agregados para concreto.

A. Peso Unitario (Densidad Bruta) de los Agregados

Este ensayo es el establecido en la NTP 400.017 en correspondencia con la ASTM C 29.

a) Procedimiento

a.1. Determinación de la densidad del agua

- Se llenó el picnómetro hasta la línea de calibración.
- Se pesó el picnómetro con agua con una exactitud de 0.1 g

a.2. Calibración del recipiente

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16.7°C. Para cualquier unidad el factor (f) se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16.7°C (kg. /m²) para el peso del agua a 16.7°C necesario para llenarlo.

a.3. Determinación del peso unitario suelto

El recipiente se llenó con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50mm.

Por encima de la parte superior del recipiente. Se deben tomar precauciones para impedir en lo posible la segregación de las partículas. El agregado sobrante se eliminó con una regla.

Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente. Luego se obtuvo el peso unitario suelto del agregado multiplicando el peso neto por el factor calculado en la calibración.

a.4. Determinación del peso unitario compactado

Se llenó la tercera parte del recipiente y se niveló la superficie con la mano, se apisonó la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie, este procedimiento se realizó para las dos capas siguientes.

Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente. El peso unitario se obtuvo al multiplicar el peso neto por el factor (f) calculado según lo descrito en la calibración.

b) Cálculos.

- **Densidad del agua.** Se calculó con la siguiente expresión.

$$D = \frac{P1-P2}{V} \dots\dots\dots 3.1$$

Dónde:

D = Densidad del agua a la temperatura trabajada (g/cm³)

P1 = Masa del picnómetro más agua hasta el menisco (g)

P2 = Masa del picnómetro (g)

V = Volumen del picnómetro hasta la línea de calibración (cm³)

- **Volumen y factor del recipiente.** Se calculó con la siguiente expresión.

$$f = \frac{D}{M} \dots\dots\dots 3.2$$

Dónde:

D = Densidad del agua a la temperatura trabajada (Kg /m³)

M = masa del agua en el recipiente (Kg)

f = factor para el recipiente (1/m³)

- **Peso unitario:** La expresión es útil para el cálculo del peso unitario seco suelto y compactado

$$PU = (G - T) * f \dots\dots\dots 3.3$$

Dónde:

PU = Peso Unitario del agregado en kg/m³

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

T = Peso del recipiente de medida en kg.

f = Factor de la medida en m⁻³

B. Peso específico y absorción del agregado grueso.

Realizados según la norma NTP 400.021 y la ASTM C127.

a) Procedimiento.

Después de un lavado completo para eliminar todo el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta peso constante a una temperatura de 100°C y luego se sumergió en el agua por un período de 24h.

Sacamos la muestra del agua y se hizo rodar por un paño grande absorbente hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible, aunque las superficies de las partículas permanezcan húmedas, se secó separadamente los fragmentos más grandes. Se tubo cuidado con la evaporación durante el secado.

b) Cálculos.

b.1. Peso específico aparente (PEA)

$$PEA = A/(A - B) \dots\dots\dots 3.4$$

b.2. Peso específico masa (PEM)

$$PEM = A/(B - C) \dots\dots\dots 3.5$$

b.3. Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)

$$Pesss = B/(B - C) \dots\dots\dots 3.6$$

b.4. Absorción (Abs)

$$Abs (\%) = (B - A) / A \dots\dots\dots 3.7$$

Dónde:

A: Peso en el aire en g., de la muestra secada al horno

B: Peso en el aire en g., de la muestra secada con superficie seca.

C: Peso en el agua en g., de la muestra saturada

Determinaciones por partida doble no deben diferir en ± 0.01 en el caso de peso específico y ± 0.1 , en el caso de porcentaje de absorción, de no cumplirse con esta condición los ensayos deben realizarse de nuevo.

C. Análisis granulométrico

Realizado según la NTP 400.012 y la ASTM C 136 96.

a) Procedimiento.

- Se secó la muestra a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difieran en más de 0.1 %
- El tamizado se hizo a través de tamices que cumplan con la norma NTP 350.001
- El material a tamizarse se colocó en la malla superior, las que estuvieron dispuestas en orden decreciente según tamaño de abertura.
- El tamizado se hizo a mano.
- En ningún caso se facilita con la mano, el pasaje de una partícula a través del tamiz.
- Se dio por finalizado la operación de tamizado cuando en el transcurso de un minuto no pase más de 1% en peso del material retenido sobre el tamiz.

D. Módulo de Finura

El módulo de finura se calculó sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar (nombrados más abajo) y dividiendo la suma entre 100.

a) Cálculo

Se determina como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, dividida entre 100

$$MF = \frac{\Sigma \% PAR(3", 1\frac{1}{2}", \frac{3}{4}", \frac{3}{8}", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100} \dots\dots\dots 3.8$$

E. Contenido de humedad.

Realizado según lo que estipula la norma NTP 339.185.

a) Procedimiento

- Se seleccionó una muestra representativa mayor 500g según la ASTM C 566 mediante el método del cuarteo ASTM C 702 METODO B.
- Se registró la masa del recipiente (tara).

- Se colocó la muestra en el recipiente y se registró su masa.
- Luego se llevó a un proceso de secado en el horno por un tiempo de 24 h a la T° aproximada de (110 ± 5°C).
- Luego de 24 h se registró la masa del recipiente con el suelo seco.
- Se determinó la masa de la muestra con una aproximación al 0.1g.
- Con los datos obtenidos se calculó el contenido de humedad.

b) Cálculo

Se expresa como.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots 3.9$$

Dónde:

W_w: Peso del agua

W_s: Peso del agregado seco

F. Abrasión.

Realizado según la NTP 400.019 y ASTM C 131.

a) Procedimiento.

- De acuerdo a la granulometría previamente obtenida y de acuerdo al tamaño máximo consultamos la **Tabla 1 y 2**, para ver la gradación del material y elegimos el número de esferas (carga abrasiva) y el peso de la muestra.
- Colocamos la muestra a probar y la carga abrasiva en la máquina.
- Accionamos la máquina para que gire a 500 revoluciones a una velocidad de 30 a 33 r. p. m.
- Después del número prescrito de revoluciones, descargamos el material de la máquina y retiramos las esferas
- Hacemos una separación preliminar del material cribándolo por la malla N°4.
- El material que paso la malla N°4, lo cribamos por la malla N°12.
- El material que se retuvo en la malla N°4, mezclamos con el que se retuvo en la N°12.
- Del material que se retuvo en la malla N°12, lavamos los finos adheridos a las partículas.

- Una vez lavado el material, colocamos en el horno durante 24 horas a secarse a peso constante a una temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$. y se pesó con una aproximación de 1 gramo.

b) Calculo

Se expresa como:

$$\% \text{ de abrasión} = \frac{P1-P2}{P1} \times 100 \dots\dots\dots 3.10$$

Dónde:

P1 = Masa de la muestra antes del ensayo, kg

P2 = Masa de la muestra después del ensayo, kg

G. Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200.

El ensayo es realizado según la NTP 400.018/ASTM C117.

a) Procedimiento.

- Secamos la muestra en la estufa a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$
- Pesamos 500g de la muestra seca y lavar por el tamiz N° 200.
- El material lavado colocamos en un recipiente y secamos la muestra en la estufa a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ y registramos su masa.

b) Cálculos.

$$\% \text{ de finos} = ((W \text{ inicial}- W \text{ seco lavado}) / W \text{ seco lavado}) *100\dots 3.11$$

H. Peso específico y absorción del agregado fino

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 400.02 en correspondencia con la ASTM C 128.

a) Procedimiento.

- De la muestra obtenida con humedad natural, cuarteamos y pesamos 1 kg.
- Vaciamos en un depósito metálico con agua hasta que quede totalmente sumergida.
- Dejamos la muestra sumergida durante 24 h.

- Después de las 24 h colocamos la muestra sobre una lona, extendemos y se expone al ambiente para que pierda humedad (pierde el agua libre).
- Para comprobar si se ha evaporado el agua libre, hacemos un ensayo con un pequeño cono; el cual consiste en llenar la tercera parte y dar 8 golpes con la varilla, el mismo procedimiento para el siguiente. Y finalmente llenamos y damos 9 golpes.
- Cortamos y enrasamos con la varilla; levantamos verticalmente el cono a la cual la arena deberá desboronarse, si no es así se sigue secando hasta lograr lo cometido.
- Del material en condición de las 3s (saturado superficialmente seco), pesamos 500 gr el cual corresponde al peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (1° peso).
- Con la ayuda de un embudo metemos el material en una fiola, echamos un poco de agua que sepulte a la muestra y agitamos por un período de 2 minutos hasta que salgan todas las burbujas de aire atrapadas en el material
- Luego agregamos agua hasta los 500 cm cúbicos.
- Pesamos la muestra sumergida en el agua; el cual corresponde al peso sumergido en agua de la muestra saturada superficialmente seca (segundo peso).
- El material de la fiola depositamos en un recipiente y llevamos al horno durante 24 horas después de ese tiempo se obtiene el 3° peso importante de la muestra (peso seco al horno de la arena).
- Los pesos específicos y la absorción se calculamos de acuerdo a las siguientes formulas.

b) Cálculos.

b.1. Peso específico de la masa:

$$Pe = \frac{W_0}{V - V_a} \dots\dots\dots 3.12$$

b.2. Peso específico de la masa saturada con superficie seca.

$$P_{SSS} = \frac{500}{V - V_a} \dots\dots\dots 3.13$$

P.e.s.s.s.= Peso específico de masa saturada con superficie.

b.3. Peso específico aparente

$$Pea = \frac{W_0}{(V-Va)-(500-W_0)} \dots \text{.3.14}$$

b.4. Porcentaje de absorción.

$$Abs (\%) = \frac{500-W_0}{W_0} * 10 \dots \text{3.15}$$

En dónde:

W₀= Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (g)

V= Volumen del Frasco (cm³)

V_a= Peso en (gr) o Volumen (cm³) del Agua añadida al frasco

3.4.1.2. El cemento utilizado.

a) Cemento portland Tipo MS (cementos Pacasmayo S.A.A).

El cemento Fortimax 3 cumple con los estándares establecidos por las normas técnicas NTP 334.082 y ASTM C 1157. Es un tipo de cemento con moderada resistencia a los sulfatos (componente MS) y al calor moderado de hidratación (componente MH). Además, presenta una alta resistencia a los cloruros, que son corrosivos para las estructuras de acero.

a.1. Propiedades

- Moderada resistencia a los sulfatos
- Alta resistencia a los cloruros
- Resistente al agua de mar
- Moderado calor de hidratación

a.2. Aplicaciones

- Concreto con exposición moderada a los sulfatos
- Estructuras en contacto con ambientes y suelos húmedos-salinosos
- Estructuras en ambiente marino
- Obras portuarias
- Concreto en clima cálido
- Estructuras de concreto masivo

- Concreto compactado con rodillo
- Obras en ambientes con presencia de cloruros
- Pavimentos y losas

3.4.1.3. Aditivo Master Glenium SCC 3800.

Master Glenium SCC 3800 es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato.

3.4.1.4. Agua.

El agua empleada en la elaboración y curado de los especímenes cilíndricos de concreto, fue agua del campus de la universidad nacional de Cajamarca, cumple con los límites máximos y mínimos permisibles para el consumo humano; de tal manera que cumple con los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la norma NTP 339.088.

3.4.1.5. Diseño de Mezcla.

Para el presente estudio se desarrolló un diseño de mezcla estándar y diseños con la inclusión de aditivo Master Glenium SCC 3800; el método de diseño es el módulo de finesa de la combinación de agregados.

a) **Cálculo de la resistencia media requerida (f'_{cr})** para alcanzar la resistencia mínima especificada (f'_c), debido a no tener ningún registro estadístico de ensayos previos y basándonos en el grado de control de calidad en obra se utilizó la **tabla 5** para obtener el f'_{cr} para un nivel de control bueno.

Tabla 5. f'_{cr} en función del grado de control de calidad en la obra

Nivel de control	f'_{cr}
Excelente	$1.1 * f'_c$
Buena	$1.2 * f'_c$
Regular o mala	$1.3 \text{ a } 1.5 * f'_c$

Fuente: Rivva (2007).

b) Tamaño máximo nominal. De acuerdo a los resultados obtenidos de las propiedades físicas del agregado grueso se obtiene el TMN.

c) Selección del asentamiento de la mezcla, deseándose tener una buena trabajabilidad en la mezcla se eligió una consistencia plástica tomando como referencia la Tabla 6.

Tabla 6. *Consistencia y Asentamiento.*

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0 "(0mm) a 2" (50mm)	Poco trabajable
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)	Trabajable
Húmeda	≥5 " (125mm)	Muy trabajable

Fuente: Rivva (2007).

d) Estimación del agua de mezclado. Teniendo en cuenta el asentamiento establecido para la mezcla. Su TMN y la presencia o no de aire incorporado (concreto sin aire incorporado) se utilizó la Tabla 7 para determinar el agua de mezclado

Tabla 7. *Volumen unitario de agua*

Tamaño Máximo Nominal	Volumen unitario de agua expresado en lt/m³					
	Slump: 1" a 2"		Slump: 3" a 4"		Slump: 6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8 "	185	212	201	227	230	250
1/2 "	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197

Fuente: Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI

e) Selección del contenido de aire atrapado

Se lo realiza entrando con el valor del tamaño máximo nominal del agregado grueso encontrado del análisis granulométrico.

Tabla 8. *Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal.*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%

Fuente: Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI

f) Selección de la relación agua/cemento (a/c): requerida para obtener la resistencia deseada. Se utilizó la tabla 9, teniendo como referencia la resistencia promedio (f'_{cr}) y para un concreto sin aire incorporado se determina la relación (a/c).

Tabla 9. *Relación agua/cemento y resistencia a la compresión requerida del concreto*

Resistencia a la compresión a los 28 DIAS (kg/cm²) f'_{cr}	Relación agua cemento en peso	
	Cemento sin aire incorporado	Cemento con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	--
450	0.38	--

g) Determinar el factor cemento (kg o bls) por unidad cubica de cemento en función de la relación agua/cemento seleccionado y del volumen unitario de agua.

$$\text{factor cemento} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relación (a / c)}}$$

h) Determinación del volumen absoluto del cemento. El volumen absoluto está en función del factor cemento y de la densidad del cemento. El volumen del cemento se encontró el dividir el factor cemento entre la densidad del mismo.

i) Determinación del volumen de la pasta. El volumen de la pasta se encontró al sumar el volumen absoluto de cemento más el agua de mezclado dividida entre su peso específico más el porcentaje de aire atrapado.

i) determinación del volumen absoluto de los agregados. El volumen absoluto de los agregados se encontró de restar de la unidad cubica de concreto menos volumen absoluto de la pasta.

j) Cálculo del módulo de finura de la combinación de agregados (mc). En este paso teniendo como referencia el TMN del agregado grueso y la cantidad de cemento en bolsas se utiliza la tabla 10, para el cálculo del Módulo de finura de la combinación de agregados (mc).

Tabla 10. Módulo de finura de la combinación de agregados

Tamaño máximo Nominal del agregado grueso	Módulo de finura de la combinación de los agregados (mc) para los contenidos de cemento en bls/m ³ indicados			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.89
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.38

Fuente: Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI

El **mc** calculado corresponde a un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

k) Cálculo de la incidencia y los volúmenes del agregado fino y grueso respecto del volumen total de agregados. En este paso es donde interviene el método del módulo de finura de la combinación de los agregados (**mc**), se hizo uso de la siguiente formula.

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} \times 100 \dots\dots\dots 3.16$$

Dónde:

rf: Porcentaje de agregado fino.

mg: Modulo de finura del agregado grueso.

mf: Modulo de finura del agregado fino.

mc: Modulo de finura de la combinación de agregados.

Para calcular el *rf*, que es el porcentaje de agregado fino con respecto al volumen total de agregados. Luego se encontró el porcentaje del agregado grueso por simple diferencia y posteriormente los volúmenes de los agregados multiplicando el porcentaje respectivo por el volumen absoluto de los agregados.

l) Cálculo de los pesos secos de los agregados. Se encontró multiplicando el volumen de cada uno de los agregados por su respectivo peso específico.

m) Ajustes de las cantidades de diseño por humedad de los agregados. Teniendo en cuenta que los agregados se encuentran en estado húmedo y su peso para diseño está considerado seco por tal motivo se deberá ajustar la cantidad de agua. Iniciamos encontrando el contenido de humedad del agregado fino y grueso, luego se encontró la humedad superficial de los agregados que está dada por la diferencia entre su contenido de humedad y su absorción, la cual puede ser positiva en este caso el agregado aporta agua de mezcla y dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para determinar el agua efectiva, o puede ser negativa en cuyo caso el

agregado tomara agua de mezcla para llegar a su estado saturado superficialmente seca, debiendo adicionarse dicha cantidad de agua de mezcla para no modificar el agua de diseño.

n) Proporcionamiento en peso de los materiales.

Consiste en obtener los pesos de los componentes del concreto respecto al peso del cemento.

Cemento: agregado fino: agregado grueso / agua

$$\frac{\text{peso del cemento}}{\text{peso del cemento}} : \frac{\text{peso del agregado fino}}{\text{peso del cemento}} : \frac{\text{peso del agregado grueso}}{\text{peso del cemento}} / \frac{\text{agua efectiva}}{\text{peso del cemento}} \dots\dots 3.17$$

o) Cálculo de las proporciones en volumen.

Cemento: agregado fino: agregado grueso / agua (L/bolsa)

$$\frac{\text{volumen del cemento}}{\text{volumen del cemento}} : \frac{\text{vol.agregado fino}}{\text{volumen del cemento}} : \frac{\text{vol.agregado grueso}}{\text{volumen del cemento}} / \text{agua (L/bolsa)} \dots\dots 3.18$$

3.4.1.6. Elaboración de los especímenes de concreto.

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 339.183 en correspondencia con la ASTM C 192. La elaboración de los especímenes de concreto cilíndricos para pruebas de compresión (diámetro de 150 mm por 300 mm de altura), con cada una de las dosificaciones descritas en el ítem 3.6 se realizaron siguiendo los procedimientos indicados en los reportes del ACI 211.3R-02 y ACI 522R-10.

3.4.1.7. Ensayo para determinar el asentamiento

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 339.035 en correspondencia con la ASTM C 143, luego de haber obtenido la muestra de concreto fresco se procedió inmediatamente hacer el ensayo de asentamiento (Slump) a través del cono de Abrams, conforme al procedimiento de la NTP 339.035.

3.4.1.8. Ensayo para determinar el peso volumétrico del concreto fresco

Realizado de acorde a las normas ASTM C 138 y NTP 339.046; una vez elaborada la mezcla de concreto se procedió a realizar la determinación de la densidad del concreto fresco según los procedimientos que tiene la NTP 339.046.

3.4.1.9. Curado de los especímenes de concreto

El curado de los especímenes se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la norma ASTM C 192 y NTP 339.183.

a) Procedimiento

- **Protección después del acabado:** Inmediatamente después de elaborar el moldeado de los especímenes, se cubrieron estos con bolsas de plástico para evitar la evaporación y pérdida de humedad.

- **Curado inicial:** Después del moldeado, se cubrió a los especímenes con plástico para mantener la temperatura alrededor de estos. Transcurridas 16 a 18 h horas después de elaborar los especímenes, estos fueron desmoldados y se procedió a realizar el curado estándar.

- **Curado estándar:** Después de completar el proceso inicial de curado y dentro de un lapso de 30 minutos a 1 hora después de retirar los especímenes de los moldes, se colocaron en una piscina de curado de concreto, sumergidos en agua. Además, se añadió cal viva al agua para mantener su temperatura y evitar la pérdida de cal de los especímenes. La piscina fue cubierta con una manta plástica.

3.4.1.10. Ensayos de resistencia a la compresión axial de los especímenes de concreto

Realizado de acorde a lo estipulado en la NTP 339.034 y ASTM C39; este ensayo consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad constante normalizada. Los resultados de este ensayo son una de las variables a estudiar y parámetro a comparar por tal motivo se trató de desarrollar los ensayos a las mismas edades y bajo las mismas condiciones de operación de los equipos, para los diferentes diseños de mezclas realizados.

- a) **Procedimiento:** se procedió con el ensayo a la compresión axial con forme lo estipula la NTP 339.034.

Se midió cuatro diámetros con el calibrador vernier en las dos por cada cara del espécimen, las mediciones fueron tomadas en forma perpendicular una de la otra, también se midió la altura del espécimen en dos de sus lados con ayuda de una regla metálica.

Se colocó el espécimen con de forma vertical entre los émbolos de carga, alineando el espécimen con el centro del bloque de empuje inferior y el bloque movable superior

Luego, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero, para poder empezar a aplicar la compresión.

Durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se registró la máxima carga soportada por el espécimen.

- b) **Cálculo y expresión de resultados:**

La resistencia a la compresión axial de los especímenes se determinó dividiendo la carga (Kg) entre el área de contacto (Cm^2)

3.4.1.11. Determinación del módulo de elasticidad del concreto

Para la determinación del módulo de elasticidad se realizó el diagrama de esfuerzo vs deformación unitaria que se obtiene a partir de los ensayos a compresión uniaxial de los especímenes realizados para cada uno de los diseños de mezcla. Este análisis se realizará para los ensayos a edad de 28 días, con lo que además se conocerá la línea de tendencia que presenta.

El valor del módulo de elasticidad, se encuentra con respecto a la resistencia máxima corregida, alcanzada por cada espécimen, mediante la siguiente formula:

$$E = 15000\sqrt{\delta_{m\acute{a}x}} \dots\dots\dots 3.18$$

Dónde:

E = Módulo de elasticidad.

$\delta_{m\acute{a}x}$ = Esfuerzo máximo.

- a) **Procedimiento:** se procedió con el ensayo a la compresión axial conforme lo estipula la NTP 339.034, anotando su respectiva deformación para cada instante de carga aplicada por la máquina de compresión axial.

De los ensayos realizados, se elaboró las respectivas gráficas partir de los cuales se puede observar que presentan una curva de tendencia cuadrática con la que se determinó el esfuerzo corregido y calculándose el módulo de elasticidad del concreto. La elección de los especímenes de concreto fue de 3 por cada tipo de mezcla

CAPITULO IV.
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. Presentación y Discusión de Resultados de los Componentes del Concreto

Tabla 11. *Propiedades físico-mecánicas del agregado fino y grueso*

Descripción	Agregado Fino	Agregado grueso
Perfil	--	Angular
Tamaño máximo nominal	--	1"
Peso específico de masa	2.606 g/cm ³	2.626 g/cm ³
Peso específico sss	2.637 g/cm ³	2.654 g/cm ³
Peso específico aparente	2.689 g/cm ³	2.702 g/cm ³
Peso unitario suelto	1.620 g/cm ³	1.580 g/cm ³
Peso unitario compactado	1.775 g/cm ³	1.720 g/cm ³
Contenido de humedad (%)	5.231	1.242
Absorción (%)	1.180	1.062
Módulo de finura	2.921	7.358
Abrasión (%)	--	26
% que pasa la malla N° 200	2.60	0.38

De acuerdo con los resultados obtenidos expresados en la Tabla 1 para el agregado fino al compararlos con la Tabla 11 se puede manifestar que:

- La **granulometría** del agregado fino se ajustó al huso granulométrico “M” establecido por la norma NTP 400.037, por lo que presenta una buena gradación en sus partículas.
- El módulo **de fineza** del agregado fino es de 2.921, está cumpliendo con los requerimientos establecidos por la norma NTP 400.037.
- **El peso específico** del agregado fino se mantiene en los rangos establecidos por la norma NTP 400.037, lo que nos indica que el agregado utilizado es apto para la elaboración de mezclas de concreto.
- La **absorción** del agregado fino 1.18 se encuentra dentro de los requerimientos técnicos de la norma NTP 400.037.

- El porcentaje de **partículas menores que el tamiz N° 200** es de 2.60, es menor que lo señalado en la Tabla 1, cumpliendo con los requerimientos establecidos por la norma NTP 400.037.
- **El contenido de humedad** Satisface los requisitos establecidos en la norma NTP 400.037.

Basándonos en los resultados presentados en la Tabla 2 para el agregado grueso, al compararlos con los datos de la Tabla 11, podemos concluir que:

- La **granulometría** del agregado grueso de tamaño máximo nominal 1” se ajustó al huso granulométrico “N° 56” establecido por la norma ASTM C36-16, se afirma que el agregado grueso presenta buena gradación de sus partículas.
- **El peso específico** del agregado grueso se ubica en los rangos establecidos por la norma NTP 400.037, lo que nos indica que el agregado utilizado es apto para la elaboración de mezclas de concreto.
- La **absorción** del agregado fino se encuentra dentro de los requerimientos técnicos de la norma NTP 400.037.
- El porcentaje de **partículas menores que el tamiz N° 200** es de 0.38%, es menor que lo señalado en la Tabla 12, cumpliendo con los requerimientos establecidos por la norma NTP 400.037.
- **El contenido de humedad** es de 1.242 estuvo dentro de los requerimientos especificados en la norma, NTP 400.037.
- La resistencia a la **abrasión** del agregado grueso es de 26% y cumple los requerimientos de la NTP 400.037, lo que nos indica que el agregado utilizado posee partículas compactas y resistentes.

4.1.1.1. Presentación de los diseños de mezcla para un concreto con $f'c$ de 500 kg/cm²

A. Diseño de mezcla para un concreto con $f'c$ de 500 kg/cm² utilizando cemento Tipo MS

Tabla 12. *Materiales por metro cúbico, para un concreto de $f'c = 500$ kg/cm² utilizando cemento Tipo MS*

Materiales de diseño	Materiales corregidos por humedad
Cemento: 518.42 Kg	Cemento: 518.42 Kg
Agregado fino: 587 Kg	Agregado fino húmedo: 618 Kg
Agregado grueso: 1027 Kg	Agregado grueso húmedo: 1040 Kg
Agua de diseño: 197 Lt	Agua efectiva: 171.37 Lt
Aire atrapado: 1.50 %	Aire atrapado: 1.50 %

Tabla 13. *Proporción en peso y volumen, para un concreto de $f'c = 500$ kg/cm² utilizando cemento Tipo MS*

Proporción en peso	Proporción en volumen
Cemento: 1	Cemento: 1
Agregado fino: 1.19	Agregado fino: 1.05
Agregado grueso: 2.01	Agregado grueso: 1.89
Agua (Lt / Bolsa): 14.0	Agua (Lt / Bolsa): 14.0

Tabla 14. *Materiales por metro cúbico, para un concreto de $f'c = 500$ kg/cm², utilizando cemento Tipo MS y aditivo Master Glenium SCC 3800*

Materiales de diseño	Materiales corregidos por humedad
Cemento: 414.74 Kg	Cemento: 414.74 Kg
Agregado fino: 726 Kg	Agregado fino húmedo: 764 Kg
Agregado grueso: 1067 Kg	Agregado grueso húmedo: 1080 Kg
Agua de diseño: 157.60 Lt	Agua efectiva: 126.27 Lt
Aire atrapado: 1.50 %	Aire atrapado: 1.50 %
Aditivo: 5.194 Lt	Aditivo: 5.194 Lt

4.1.2. Discusión de los diseños de mezcla

Tabla 15. Cantidad de cemento en bolsas por metro cubico para un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$

	Diseño de mezcla con	
	Cemento Tipo MS	Cemento Tipo MS + Aditivo Master Glenium SCC 3800
Cemento (Bolsas)	12.20	9.76

De la Tabla 15 respecto a la cantidad de cemento en bolsas por metro cubico de la unidad cubica de concreto, éstas disminuyen al incorporar Aditivo Master Glenium SCC 3800, generando disminución en el costo de elaboración por metro cubico.

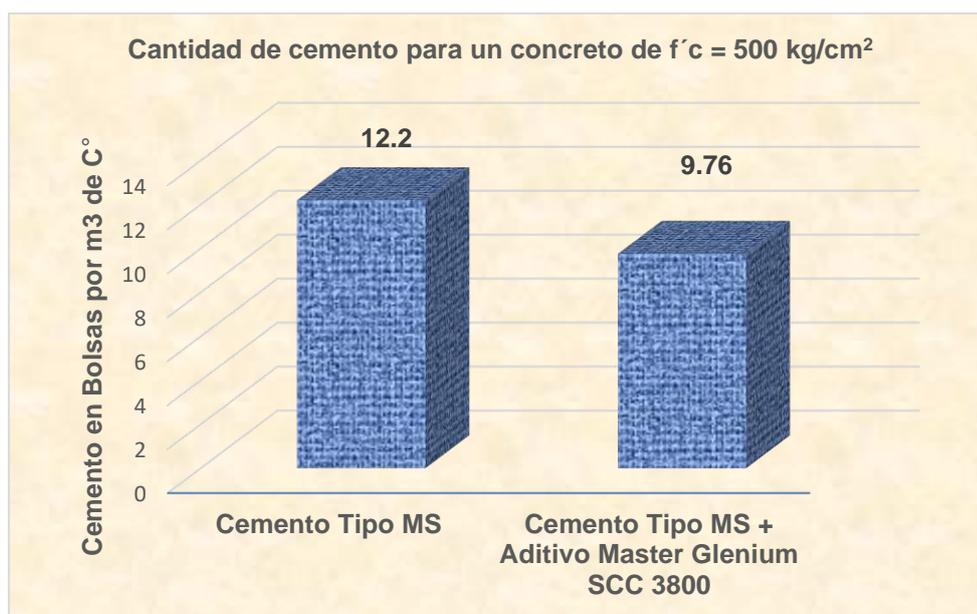


Figura 3. Cantidad de cemento en bolsas por metro cubico para un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$

En la gráfica de la Figura 3, se observa que para el diseño de mezcla con cemento MS se emplea 12.20 bolsas por metro cubico; en cambio para los diseños con cemento tipo MS y con la incorporación de aditivo en la proporción de 1.3% en peso del cemento, la cantidad de bolsas disminuyen a 9.76, generando un ahorro de 2.44 bolsas al incorporar aditivo Master Glenium SCC 3800.

4.2. Presentación y Discusión de Resultados del Peso Unitario del Concreto Fresco

4.2.1. Presentación de resultados y discusión del peso unitario del concreto fresco de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 16. *Peso unitario del concreto fresco para un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$*

Diseño de mezcla con	
Cemento Tipo MS	Cemento Tipo MS + Aditivo Master Glenium SCC 3800
P.U.C.F (Kg/m³)	P.U.C.F (Kg/m³)
2357	2347

P.U.C.F: Peso unitario del concreto fresco

De la Tabla 16 se puede apreciar que el peso unitario del concreto fresco varía desde un valor mínimo de 2347 kg/m^3 hasta un valor máximo de 2357 kg/m^3 . Con los datos de la Tabla 16 se realiza el grafico de la figura 4 para poder apreciar las pequeñas variaciones del peso unitario del concreto fresco.

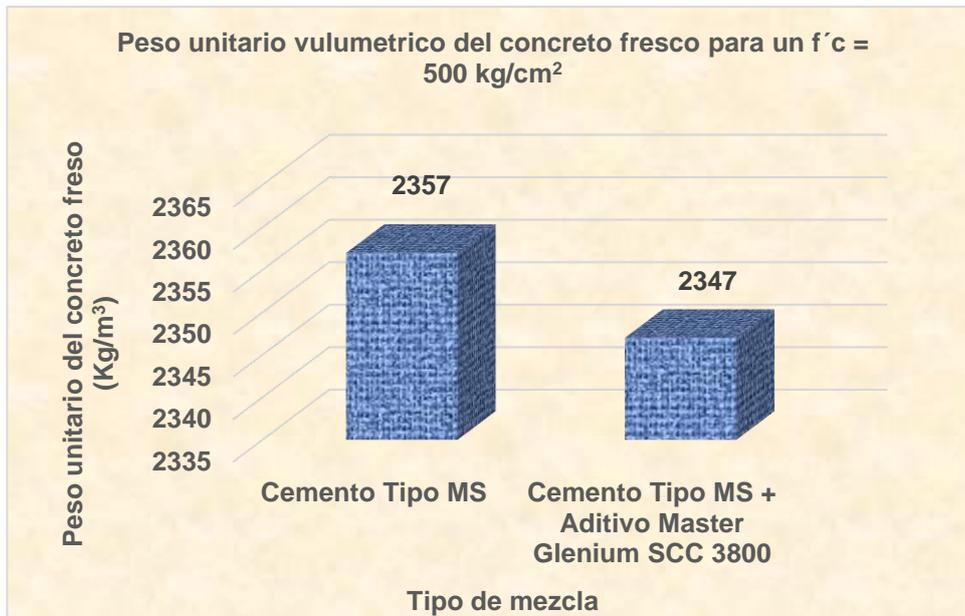


Figura 4. Peso unitario del concreto fresco para un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$

4.3. Presentación y Discusión de Resultados del de los Ensayos a Compresión

4.3.1. Presentación de resultados de los ensayos a compresión

4.3.1.1. Presentación de resultados de los ensayos a compresión para un $f'c$ de 500 kg/cm^2

A. Ensayo de resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7 días.

En la siguiente tabla se presenta la resistencia a compresión obtenida de cada uno de los especímenes elaborados con cemento Tipo Ms y Aditivo Master Glenium SCC 3800 para un $f'c$ de diseño de 500 kg/cm^2

Tabla 17. Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 7 días para un $f'c$ de diseño igual a 500 kg/cm^2

Resistencia a la compresión axial obtenida (Kg/cm²) con		
N° de ensayo	Tipo MS	Tipo MS + Aditivo
1	400.19	413.62
2	378.51	401.08
3	397.57	400.56
4	399.79	397.51
5	377.14	399.01
6	392.99	410.75
7	397.45	405.48
8	382.74	405.21
9	379.01	408.28
10	378.39	410.61
11	398.96	406.49
12	390.63	405.96
13	380.60	405.97
14	382.64	407.31
15	381.00	405.00
16	391.48	400.48
17	397.31	405.70
18	385.95	402.65
19	390.98	406.52
20	382.78	405.82
PRM	388.38	405.21

B. Ensayo de resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 14 días.

En la siguiente tabla se presenta la resistencia a compresión obtenida de los especímenes elaborados con cemento Tipo Ms y Aditivo Master Glenium SCC 3800 a edad de 14 días para un $f'c$ de diseño de 500 kg/cm^2

Tabla 18. Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 14 días para un $f'c$ de diseño igual a 500 kg/cm^2

Resistencia a la compresión axial obtenida (Kg/cm²) con		
N° de ensayo	Tipo MS	Tipo MS + Aditivo
1	453.16	469.64
2	446.24	473.78
3	470.10	459.10
4	448.55	467.81
5	440.29	473.31
6	444.63	474.53
7	448.04	475.60
8	450.71	453.31
9	452.36	460.33
10	445.21	456.20
11	448.55	471.94
12	450.71	458.79
13	453.55	483.03
14	446.31	464.78
15	456.80	465.82
16	452.31	474.76
17	447.76	472.21
18	445.18	465.82
19	451.85	468.08
20	446.38	471.39
PRM	449.93	468.01

C. Ensayo de resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.

En la siguiente tabla se presenta la resistencia a compresión obtenida de cada uno de los especímenes elaborados con cemento Tipo Ms y Aditivo Master Glenium SCC 3800 a edad de 28 días para un $f'c$ de diseño de 500 kg/cm²

Tabla 19. Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 28, días para un $f'c$ de diseño igual a 500 kg/cm²

Resistencia a la compresión axial obtenida (Kg/cm²) con		
N° de ensayo	Tipo MS	Tipo MS + Aditivo
1	550.73	550.40
2	536.71	571.93
3	532.75	565.02
4	555.69	562.93
5	546.54	585.42
6	542.82	584.79
7	536.47	591.45
8	543.54	565.69
9	556.78	580.87
10	562.11	571.56
11	551.47	562.67
12	547.99	580.21
13	543.76	566.16
14	546.23	579.65
15	545.63	574.41
16	557.74	573.21
17	541.62	581.30
18	554.78	562.29
19	552.64	579.87
20	543.32	564.57
PRM	547.46	572.73

La Tabla 20 según el ACI Committee 214, muestra el coeficiente de variación que puede esperarse en proyectos vigilados. Las clasificaciones de control se basan en la experiencia adquirida con un gran número de proyectos y se presentan como una guía general para evaluar el control del concreto.

Tabla 20. Estándar de control de hormigón.

Clase de operaciones	Coeficiente de variación (Cv) para los diferentes estándares de control.			
	Excelente	Bueno	Medio	Pobre
Variación total:				
(I) Construcción en general	Inferior a 10,0	10,0 a 15,0	15,0 a 20,0	Sobre 20,0
(II) Control de laboratorio	Inferior a 5,0	5,0 a 7,0	7,0 a 10,0	Sobre 10,0
Variaciones dentro de una misma mezcla:				
(I) Control en obra	Inferior a 4,0	4,0 a 5,0	5,0 a 6,0	Sobre 6,0
(II) Control de laboratorio	Inferior a 3,0	3,0 a 4,0	4,0 a 5,0	Sobre 5,0

Fuente: ACI Committee 214

Nota: Estos estándares representan los promedios para cilindros de 28 días calculados a partir de un gran número de ensayos; cabe esperar diferentes valores para otros que sean distintos de los promedios

Los resultados que se muestra en la tabla 20 son el promedio de los resultados que se obtuvieron del ensayo a compresión uniaxial realizados a los especímenes de concreto según la Norma Técnica ASTM C – 39 (Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens) a edades de 7, 14 y 28 días; estos resultados corresponden para cada uno de los tipos de mezcla elaborados, con los cuales se analizará la influencia que presenta al adicionar aditivo Master Glenium SCC 3800.

Tabla 21. Cuadro resumen de resultados a la compresión para un $f'c$ de 500 kg/cm²

Tipo de mezcla	Edad	Resistencia promedio máxima (Kg/cm ²)	Porcentaje promedio (%)	Desviación estándar (σ)	Coefficiente de variación (Cv)
Mezcla con Cemento Tipo MS	7 días	388.38	77.68	8.26	2.13
	14 días	449.93	89.99	6.11	1.36
	28 días	547.46	109.49	7.75	1.42
Mezcla con Cemento Tipo MS + Aditivo Master Glenium SCC 3800	7 días	405.21	81.04	4.07	1.00
	14 días	468.01	93.60	9.04	1.93
	28 días	572.73	114.55	10.95	1.91

En la tabla 21 se presenta un resumen de la resistencia a compresión, porcentaje obtenido del $f'c$ de diseño, desviación estándar y coeficiente de variación de cada grupo de especímenes de concreto por tipo de mezcla.

A. Análisis de la Variación en la resistencia a compresión con respecto al tipo de mezcla

Con las medias aritméticas de los especímenes ensayados a edad de 7, 14 y 28 días, cuyos resultados están en la tabla 22 se construye la siguiente gráfica para ilustrar la variación de la resistencia a la compresión al adicionar aditivo Master Glenium SCC 3800 en la mezcla de concreto.

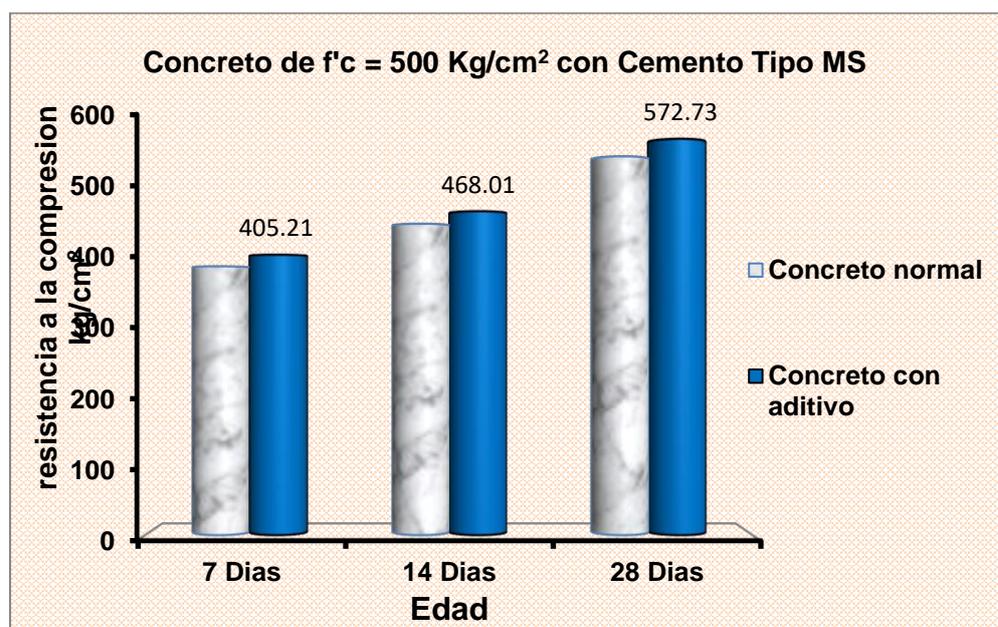


Figura 5. Resistencia a la compresión obtenida para concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo MS

En el gráfico de la figura 5 se observa que el concreto elaborado con Cemento Tipo MS más aditivo (en proporción del 1.3% en peso del cemento) tiene el mayor promedio de resistencia a la compresión a la edad de 7, 14 y 28 días en comparación de un concreto elaborado solamente con Cemento Tipo MS, llegando a alcanzar una resistencia en laboratorio de 572.73 kg/cm². De tal manera con la utilización de aditivo Master Glenium SCC 3800 se logra mejores resistencias.

Con las medias aritméticas de las resistencias obtenidas a edad de 7, 14 y 28 días, cuyos resultados están en la tabla 21 se construye las siguientes gráficas para ilustrar el desarrollo de la resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla con $f'c$ de diseño igual a 500 kg/cm².

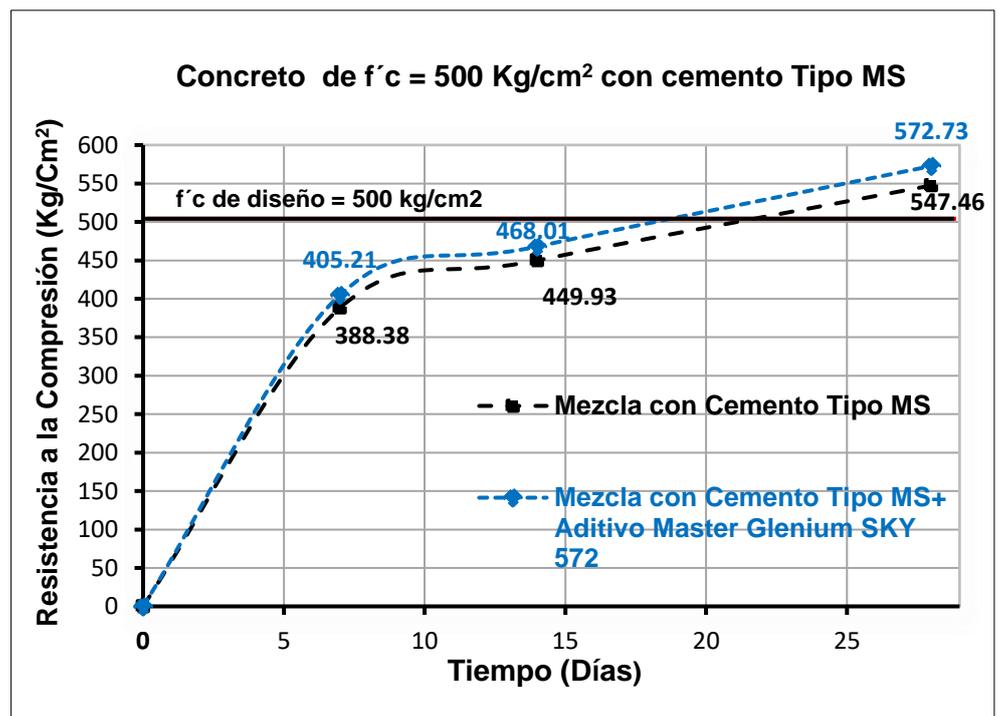


Figura 6. Desarrollo de la Resistencia a compresión un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ con cemento Tipo MS y aditivo Master Glenium SCC 3800 VS. Tiempo

En la gráfica de la figura 6 se observa que al adicionar aditivo a la mezcla de concreto cuyo $f'c$ de diseño es de 500 kg/cm² con cemento Tipo

MS, se obtiene un concreto con mejores resistencias. Los valores obtenidos a la edad de 28 días son superiores al $f'c$ de diseño.

B. Análisis del porcentaje obtenido del $f'c$ de diseño con respecto al tipo de mezcla

De la tabla 21 a la edad de 7 días para una mezcla elaborada con cemento Tipo MS más aditivo Master Glenium SCC 3800 se obtuvo un valor de 81.04 % dicho porcentaje es superior al 70% de la resistencia de diseño especificada como menciona la norma E.60 inciso 5.8.1. A la edad de 28 días para una mezcla elaborada con cemento Tipo MS más aditivo Master Glenium SCC 3800 se obtuvo un valor de 114.55 % dicho porcentaje es superior al 100% de la resistencia de diseño.

C. Análisis del coeficiente de variación de los grupos de especímenes por cada tipo de mezcla

Al analizar el coeficiente de variación de la tabla 21 de los ensayos a compresión axial realizados para una mezcla con cemento Tipo MS se obtuvo un valor de 2.22 %, un valor de 2.17 % para una mezcla con cemento Tipo MS más aditivo Master Glenium SCC 3800, estos valores obtenidos son para la edad de 28 días y están por debajo del 5%. Al comparar con los valores de control del concreto según la tabla 22 se afirma que el control total realizado en laboratorio fue excelente; por tal motivo los resultados obtenidos a compresión axial son excelentes.

4.4. Presentación y Discusión de Resultados del módulo de elasticidad del concreto

Para la determinación del módulo de elasticidad del concreto se ha realizado para cada uno de los tipos de mezcla en estudio mediante la fórmula 3.18. Cabe mencionar que el esfuerzo máximo a utilizar será el promedio alcanzado por los especímenes de concreto que fueron sometidos a ensayos de compresión uniaxial a edad de 28 días, para cada uno de los tipos de mezcla realizados.

Junto a esto, adicionalmente se elaboró los diagramas de Esfuerzo Vs Deformación Unitaria (ver anexo 04. diagramas de esfuerzo vs deformación unitaria), en donde se pudo observar que la línea de tendencia que presentan es una línea de ecuación cuadrática, a partir de la cual se puede determinar la resistencia o esfuerzo a la compresión corregido para cada uno de los tipos de mezcla elaborados.

Tabla 22. Cuadro resumen de resultados del módulo de elasticidad (kg/cm^2) un $f'c$ de diseño de 500 kg/cm^2

N°E	Mezcla con Cemento Tipo MS	Mezcla con Cemento Tipo MS+ Aditivo Master Glenium SCC 3800
1	340315	352404
2	351794	356141
3	350090	360253
PROMEDIO:	347399	356266

Cabe resaltar que los resultados de resistencia a compresión son mayores; obteniéndose a los 28 días con cemento tipo MS un valor de 547.46 kg/cm^2 y con la incorporación de este aditivo se obtuvo 572.73 kg/cm^2 y si a esto sumamos las ventajas en lo referente a trabajabilidad, manipulación y acabados por tal motivo su empleo es recomendado.

De la Tabla 22 se puede decir que la utilización de aditivo Master Glenium SCC 3800 genera un incremento en la resistencia a compresión.

4.5. Análisis de costos en función a la resistencia del concreto

4.5.1. Análisis de costos para una resistencia de 500 kg/cm^2

Se hizo un análisis de precios unitarios de materiales, para el cálculo del costo por metro cúbico de concreto y se procedió a su análisis en función a la cantidad de materiales componentes de la unidad cubica de concreto

Tabla 23. Análisis de costos de materiales por metro cúbico para un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo MS y aditivo

	Descripción	Und.	Cantidad	P.U.	Parcial	Total
Sin aditivo	Cemento	kg	518.42	0.82	425.10	S/. 539.45
	Agregado Fino	m ³	0.36	110.00	39.60	
	Agregado Grueso	m ³	0.65	115.00	74.75	
Con aditivo	Cemento	kg	414.14	0.82	339.59	S/. 504.22
	Agregado Fino	m ³	0.45	110.00	49.50	
	Agregado Grueso	m ³	0.68	115.00	78.20	
	Aditivo Master	lts	5.194	7.11	36.93	
	Glenium SKY 572					

De la tabla 23, se observa que el costo de la elaboración de un metro cubico de concreto con cemento tipo MS y aditivo Master Glenium SCC 3800 (en proporción de 1.3% en peso del cemento), es menor en S/ 35.23 a la de un concreto normal sin este aditivo.

4.6. Contraste de hipótesis

Tabla 24. Contrastación con objetivos e hipótesis

Tipo de mezcla	Edad	Resistencia promedio máxima (Kg/cm ²)	Porcentaje promedio (%)	Desviación estándar (σ)	Coefficiente de variación (Cv)
Mezcla con Cemento Tipo MS	7 días	388.38	77.68	8.26	2.13
	14 días	449.93	89.99	6.11	1.36
	28 días	547.46	109.49	7.75	1.42
Mezcla con Cemento Tipo MS + Aditivo Master Glenium SCC 3800	7 días	405.21	81.04	4.07	1.00
	14 días	468.01	93.60	9.04	1.93
	28 días	572.73	114.55	10.95	1.91

- Se verificó que el concreto de $f'c$ igual a 500 kg/cm^2 con adición de aditivo Master Glenium SCC 3800 (en proporción del 1.3% en peso del cemento) y cemento MS. genera un incremento en la resistencia a compresión.

- La resistencia a los 7 días para una mezcla que contiene cemento MS y aditivo Master Glenium SCC 3800 fue de 405.21 kg/cm^2 , obteniéndose resistencias del 11.04 % mayores al $f'c$ de diseño.
- La resistencia a los 28 días para una mezcla que contiene cemento MS y aditivo Master Glenium SCC 3800 fue de 572.73 kg/cm^2 , obteniéndose resistencias del 14.55 % mayores al $f'c$ de diseño.
- El costo de la elaboración de un metro cubico de concreto con cemento tipo MS y aditivo Master Glenium SCC 3800 (en proporción de 1.3% en peso del cemento), es menor en S/ 35.23 de un concreto sin aditivo.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El aditivo Master Glenium SCC 3800, tiene beneficio en el diseño de un concreto de alta resistencia, al incrementar la resistencia a compresión del concreto mayor a 8% de lo que se planteó en la hipótesis.
- El aditivo Master Glenium SCC 3800, permite disminuir la relación agua/cemento incrementando la resistencia a compresión inicial a los 7 días en un 11.04% en función al $f'c$ de diseño.
- El aditivo Master Glenium SCC 3800, permite disminuir la relación agua/cemento incrementando la resistencia a compresión final a los 28 días en un 14.55% en función al $f'c$ de diseño.
- El uso de aditivo Master Glenium SCC 3800 genera una disminución de la viscosidad de la pasta, consecuentemente incrementa la trabajabilidad y facilita la puesta en obra del concreto.
- El costo de la elaboración de un metro cubico de concreto con cemento tipo MS y aditivo Master Glenium SCC 3800 (en proporción de 1.3% en peso del cemento), es menor en S/ 35.23 a la de un concreto sin este aditivo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar la influencia del aditivo Master Glenium SCC 3800 con cementos que cumplan la norma ASTM C – 150 del tipo I que son de mayor uso en nuestro medio.
- Evaluar la influencia del aditivo superplastificante master glenium SCC 3800 en una mezcla de concreto de consistencia plástica diseñado para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Mario Adolfo Córdova Machado, Portugal Paredes. 2014. Determinación y obtención de la curva esfuerzo vs tiempo de un concreto de alta resistencia mediante aditamento de microsílíce y superplastificantes en la mezcla, utilizando agregados, de la cantera flores y cemento Chimborazo”. Riobamba. Ecuador. 150p
- Reina Cardoza, J.C, Sanchez Blanco, M.J, Solano Quintanilla, E.R, (2010). Influencia de la Tasa de Aditivo Superplastificante, en las Propiedades del Concreto de Alta Resistencia en Estado Fresco y Endurecido. [Tesis de Pregrado, Universidad De El Salvador]. <https://docplayer.es/26815303-Influencia-de-la-tasa-de-aditivo-superplastificante-en-las-propiedades-del-concreto-de-alta-resistencia-en-estado-fresco-y-endurecido.html>
- Rodríguez Oré, Kenye . 2016. Aplicación Del Concreto Autocompactante Con Aditivo Incorporador De Aire Para El Estudio De Fisuras En Losas De Concreto Armado. Huancayo. Perú. 250p
- Pinto Pinto, Alexander. 2022. Desarrollo Y Análisis Comparativo De Concretos Premezclados Bombeables, Con Resistencias Especificadas A 24h, 3 Y 7 Días, Con Y Sin Uso De Acelerante”. Arequipa. Perú. 259p
- Mayta Rojas, Jhonathan wilson . 2014. Chilón (2018), “Concreto De Alta Resistencia, Utilizando Nanosílíce Y Superplastificante” estudia el concreto autocompactante, utilizando cemento “Pacasmayo Tipo I”, al adicionar fibra sintética “SIKA® FIBER FORCE PP-48”. Huancayo. Perú. 282 p
- Pasquel Carbajal, E (1993). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima : Colección del Ingeniero Civil
- Rivva, Enrique. 2010. CONCRETO, TOMO II: Diseño de Mezclas. Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2010, págs. 12, 26, 28, 29, 53, 57, 61,83.

- Rivva López, Enrique. Naturaleza y materiales del concreto. Lima. Perú. 1^a. Ed. 2000.
- Rivva López, Enrique. Diseño de Mezclas. Lima. Perú. 1996.
- ASOCEM. 2015. Indicadores Económicos Al 31 de agosto de 2015. Lima: s.n., 2015.
- ASTM C 150. ASTM International. 2012. USA: Especificaciones estándar para cementos portland,
- ASTM C 31M-08a. ASTM Internacional. 2008. USA: Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra
- ASTM C 39. ASTM International. 1999. USA: Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto
- Norma Técnica Peruana NTP 339.033. INDECOPI. 2009. 3ra Edición, Lima, Perú: HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.088. INDECOPI. 1982. Lima, Perú: HORMIGON (CONCRETO). Agua para morteros y hormigones de cementos Portland. Requisitos, 1982.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.185. INDECOPI. 2002. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.018. INDECOPI. 2002. 2da Edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (200) por lavado en agregados.

- Norma Técnica Peruana NTP 400.021. INDECOPI. 2002. 2da Edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para espeso específico y absorción del agregado grueso.

- Norma Técnica Peruana NTP 400.022. INDECOPI. 2002. 2a. ed., Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

- Norma Técnica Peruana NTP 400.037. INDECOPI. 2002. 2da Edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).

- Norma técnica peruana NTP 400.043. INDECOPI. 2006. Lima, Perú: AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.

ANEXOS

ANEXO 01: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

A. Análisis granulométrico del agregado fino.

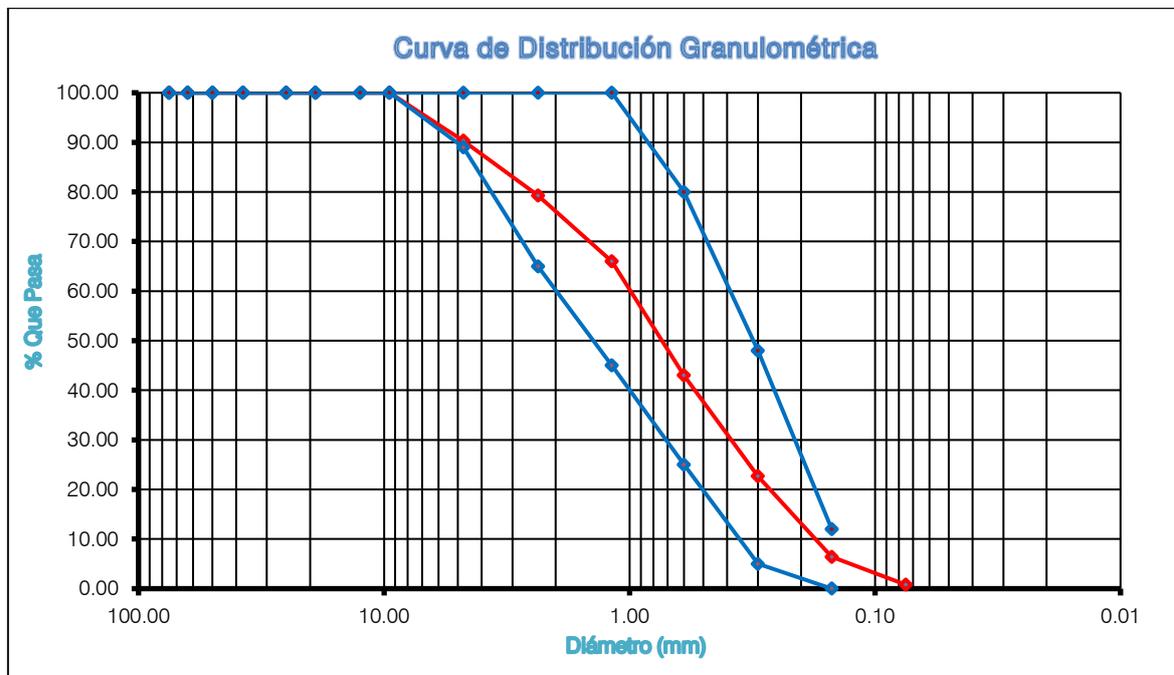
El ensayo de análisis granulométrico se realizó según la NTP 400.012, NTP 400.037 y A.S.T.M.C -136.

Tabla 25. Análisis granulométrico del Agregado Fino. Ensayo N° 01

Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4.75 mm	145.00	9.67	9.67	90.33
8	2.36 mm	166.00	11.07	20.73	79.27
16	1.18 mm	199.00	13.27	34.00	66.00
30	0.60 mm	345.00	23.00	57.00	43.00
50	0.30 mm	305.00	20.33	77.33	22.67
100	0.15 mm	244.00	16.27	93.60	6.40
200	0.075 mm	84.00	5.60	99.20	0.80
Cazoleta	-.-	12.00	0.80	100.00	0.00

Peso de muestra: 1500.00 gramos

Módulo de finura: 2.923



Nota: **Cc:** Coeficiente de curvatura, **Cu:** Coeficiente de uniformidad

Se observa en el Gráfico de la figura 7 que la curva granulométrica del agregado fino de la cantera “Km. 94+00 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca”, cumple con el huso granulométrico "M" de la norma NTP 400.012.

Tabla 25. Análisis granulométrico del Agregado Fino. Ensayo N° 02

Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4.75 mm	148.00	9.87	9.87	90.13
8	2.36 mm	178.00	11.87	21.73	78.27
16	1.18 mm	201.00	13.40	35.13	64.87
30	0.60 mm	340.00	22.67	57.80	42.20
50	0.30 mm	255.00	17.00	74.80	25.20
100	0.15 mm	266.00	17.73	92.53	7.47
200	0.075 mm	101.00	6.73	99.27	0.73
Cazoleta	--	11.00	0.73	100.00	0.00

Peso de muestra: 1500.00 gramos

Módulo de finura: 2.919

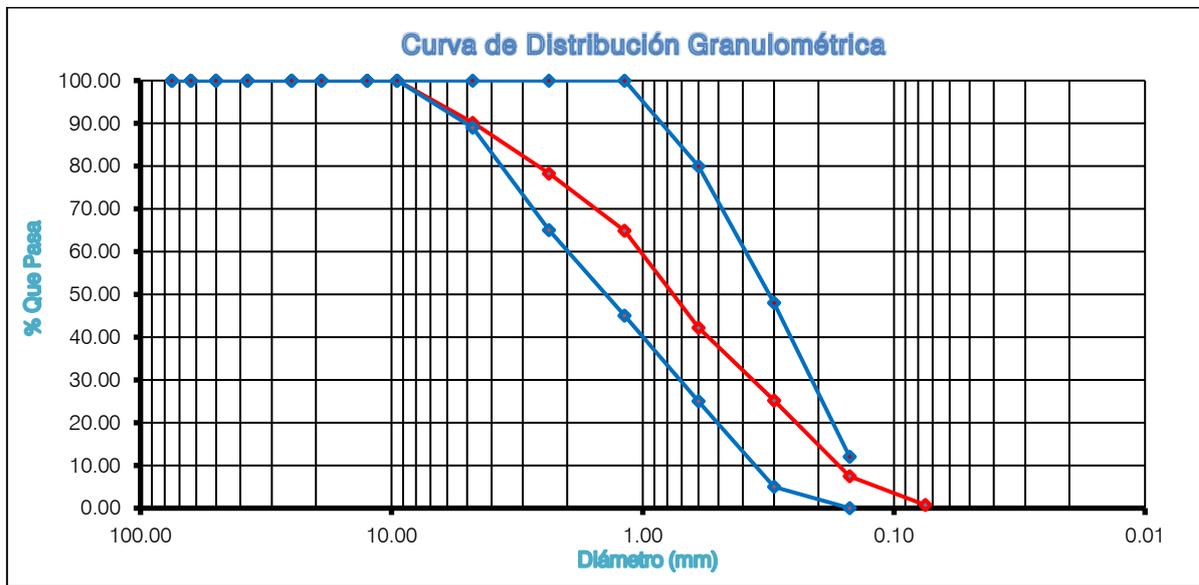


Figura 8. Requisito granulométrico del Agregado Fino.

Cc = 0.93; **Cu** = 7.47

Nota: **Cc:** Coeficiente de curvatura,

Cu: Coeficiente de uniformidad

Se observa en el Gráfico de la figura 8 que la curva granulométrica del agregado fino de la cantera “Km. 94+00 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca”, cumple con el huso granulométrico "M" de la norma NTP 400.037.

Tabla 26. Análisis granulométrico del Agregado Fino. Ensayo N° 03

Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4.75 mm	152.00	10.13	10.13	89.87
8	2.36 mm	175.00	11.67	21.80	78.20
16	1.18 mm	199.00	13.27	35.07	64.93
30	0.60 mm	341.00	22.73	57.80	42.20
50	0.30 mm	258.00	17.20	75.00	25.00
100	0.15 mm	258.00	17.20	92.20	7.80
200	0.075 mm	105.00	7.00	99.20	0.80
Cazoleta	--	12.00	0.80	100.00	0.00

Peso de muestra: 1500.00 gramos

Módulo de finura: 2.920

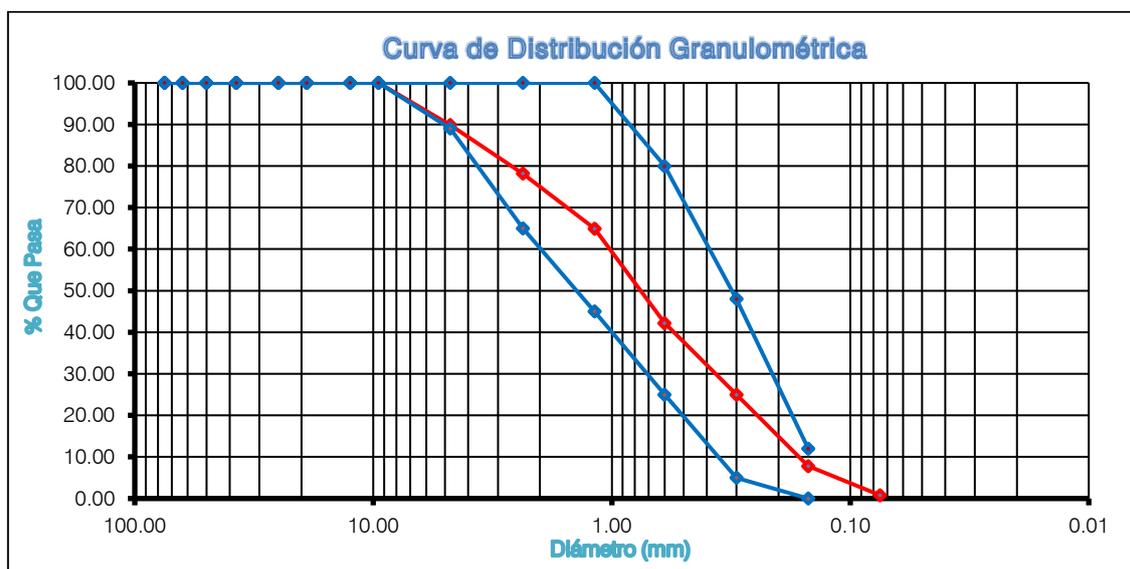


Figura 9. Requisito granulométrico del Agregado Fino.

Cc = 0.63; **Cu** = 7.78

Nota: **Cc:** Coeficiente de curvatura,

Cu: Coeficiente de uniformidad

Se observa en el Gráfico de la figura 9 que la curva granulométrica del agregado fino de la cantera “Km. 94+00 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca”, cumple con el huso granulométrico "M" de la norma A.S.T.M.C -136.

Tabla 27. Módulo de finura del Agregado Fino
Módulo de finura

Ensayo N° 01:	2.923
Ensayo N° 02:	2.919
Ensayo N° 03:	2.920
Promedio:	2.921

B. Análisis granulométrico del agregado grueso.

El ensayo de análisis granulométrico se realizó según la NTP 400.012, NTP 400.037 y A.S.T.M.C - C 33 M -14

Tabla 28. Análisis granulométrico del agregado grueso. Ensayo N° 01

Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1"	25.00	554.00	4.62	4.62	95.38
3/4"	19.00 mm	4246.00	35.38	40.00	60.00
1/2"	12.50 mm	4215.00	35.13	75.13	24.88
3/8"	9.50 mm	2433.00	20.28	95.40	4.60
4	4.75 mm	540.00	4.50	99.90	0.10
8	2.36 mm	0.00	0.00	99.90	0.10
16	1.18 mm	0.00	0.00	99.90	0.10
30	0.60 mm	0.00	0.00	99.90	0.10
50	0.30 mm	0.00	0.00	99.90	0.10
100	0.15 mm	0.00	0.00	99.90	0.10
200	0.075 mm	0.00	0.00	99.90	0.10
Cazoleta	-.-	12.00	0.10	100.00	0.00
Peso de muestra: 12 000.00 gramos					
Módulo de finura: 7.348					

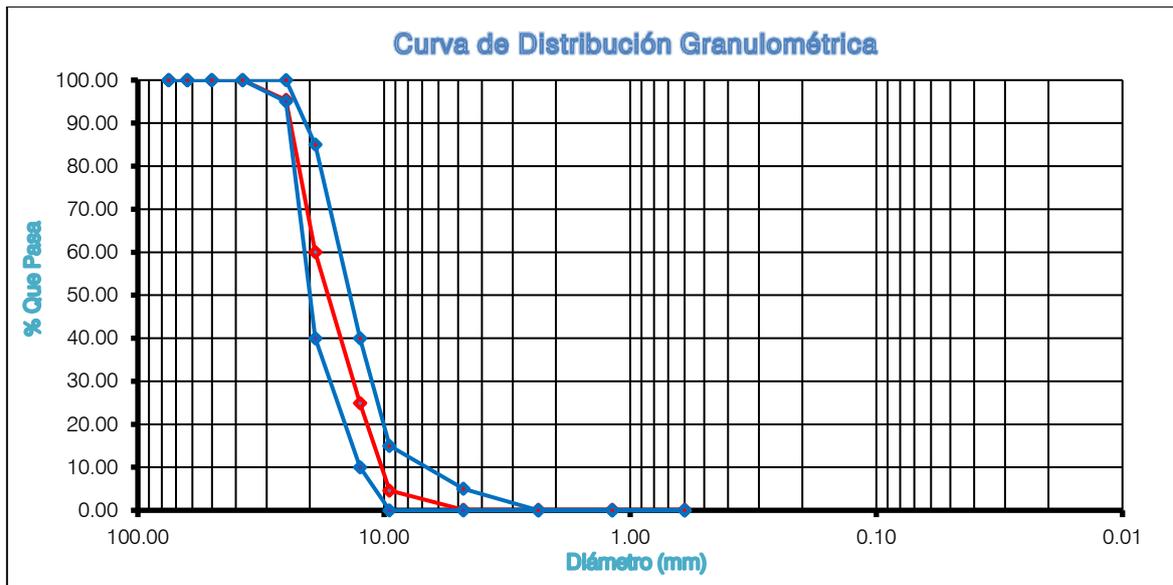


Figura 10. Requisito granulométrico del Agregado Grueso.

$C_c = 1.35$; $C_u = 1.90$

Nota: C_c : Coeficiente de curvatura,

C_u : Coeficiente de uniformidad

De la figura 10 que se presenta a continuación se observa que la curva granulométrica del agregado grueso de la cantera “Km. 94+00 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca”, cumple con el huso granulométrico "N° 56" de la norma A.S.T.M. C 33 M -14

Tabla 29. Análisis granulométrico del agregado grueso. Ensayo N° 02

Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1"	25.00	568.00	4.73	4.73	95.27
3/4"	19.00 mm	4211.00	35.09	39.83	60.18
1/2"	12.50 mm	4471.00	37.26	77.08	22.92
3/8"	9.50 mm	2193.00	18.28	95.36	4.64
4	4.75 mm	547.00	4.56	99.92	0.08
8	2.36 mm	0.00	0.00	99.92	0.08
16	1.18 mm	0.00	0.00	99.92	0.08
30	0.60 mm	0.00	0.00	99.92	0.08
50	0.30 mm	0.00	0.00	99.92	0.08
100	0.15 mm	0.00	0.00	99.92	0.08
200	0.075 mm	0.00	0.00	99.92	0.08
Cazoleta	-.-	10.00	0.08	100.00	0.00
Peso de muestra: 12 000.00 gramos					
Módulo de finura: 7.347					

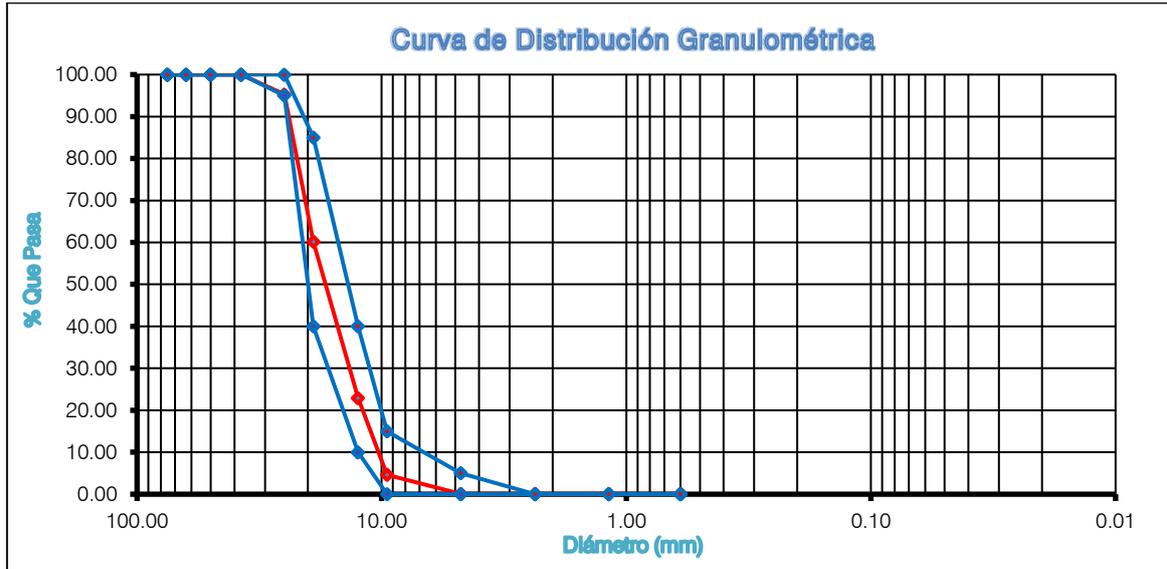


Figura 11. Requisito granulométrico del Agregado Grueso.

Cc = 1.17; **Cu** = 1.89

Nota: **Cc:** Coeficiente de curvatura, **Cu:** Coeficiente de uniformidad

De la figura 11 que se presenta a continuación se observa que la curva granulométrica del agregado grueso de la cantera “Km. 94+00 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca”, cumple con el huso granulométrico "N° 56" de la norma A.S.T.M. C 33 M -14

Tabla 30. Análisis granulométrico del agregado grueso. *Ensayo N° 03*

Tamiz N°	Abertura	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
1"	25.00	577.00	4.81	4.81	95.19
3/4"	19.00 mm	4512.00	37.60	42.41	57.59
1/2"	12.50 mm	4612.00	38.43	80.84	19.16
3/8"	9.50 mm	1790.00	14.92	95.76	4.24
4	4.75 mm	501.00	4.18	99.93	0.07
8	2.36 mm	0.00	0.00	99.93	0.07
16	1.18 mm	0.00	0.00	99.93	0.07
30	0.60 mm	0.00	0.00	99.93	0.07
50	0.30 mm	0.00	0.00	99.93	0.07
100	0.15 mm	0.00	0.00	99.93	0.07
200	0.075 mm	0.00	0.00	99.93	0.07
Cazoleta	-,-	8.00	0.07	100.00	0.00

Peso de muestra: 12 000.00 gramos
Módulo de finura: 7.378

Tabla 32. *Peso específico del agua.*

Cálculo del peso específico del agua	
Peso de fiola + agua (g)	:649.50
Peso de fiola (g)	:151.10
Peso de agua (W) (g)	:498.40
Volumen fiola (V) (cm ³)	:500.00
Peso específico=W/V (g/cm ³)	:0.9968
P.e en (kg/m³)	:996.80

Tabla 33. *Factor f del molde para el peso unitario del agregado fino.*

Cálculo del factor f	
Peso específico del agua (kg/m ³)	:996.80
Peso del Cilindro (kg)	:3.881
Peso del Cilindro + Agua (kg)	:6.850
Peso Agua (P agua)	:2.969
f (1/m³)	:335.736

Tabla 34. *Peso unitario seco suelto.*

ENSAYO	E - 1	E - 2	E - 3
Peso del recipiente (kg)	3.881	3.881	3.881
Peso del recipiente + muestra (kg)	8.688	8.772	8.710
Peso de muestra (kg)	4.807	4.841	4.829
f (1/m ³)	335.736	335.736	335.736
PUSS (kg/m ³)	1614	1625	1621
Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m³): 1620			

Nota: PUSS: Peso unitario seco suelto.

Tabla 35. *Peso unitario seco compactado o varillado.*

ENSAYO	E - 1	E - 2	E - 3
Peso del recipiente (kg)	3.881	3.881	3.881
Peso del recipiente + muestra (kg)	9.153	9.203	9.144
Peso de muestra (kg)	5.272	5.322	5.263
f (1/m ³)	335.736	335.736	335.736
PUSC (kg/m ³)	1770	1787	1767
Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m³): 1775			

Nota: PUSC: Peso unitario seco compactado.

D. Peso unitario seco suelto, compactado y cálculo del factor f del agregado grueso

El ensayo de peso unitario seco suelto, compactado y cálculo del factor f del Agregado grueso se realizó de acorde a la norma NTP 400.017, / ASTM C -29/C 29 M: 1991.

Tabla 36. Factor f del molde para el peso unitario del agregado grueso.

Cálculo del factor f	
Peso específico del agua (kg/m ³)	: 996.80
Peso del Cilindro (kg)	: 4.200
Peso del Cilindro + Agua (kg)	: 13.944
Peso Agua (Pagua)=	: 9.744
f (1/m³) :	: 102.299

Tabla 37. Peso unitario seco suelto.

ENSAYO	E - 1	E - 2	E - 3
Peso del recipiente (kg)	4.200	4.200	4.200
Peso del recipiente + muestra (kg)	19.644	19.633	19.649
Peso de muestra (kg)	15.444	15.433	15.449
f (1/m ³)	102.299	102.299	102.299
PUSS (kg/m ³)	1580	1579	1580
Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m³): 1580			

Nota: PUSS: Peso unitario seco suelto.

Tabla 38. Peso unitario seco compactado o varillado.

ENSAYO	E - 1	E - 2	E - 3
Peso del recipiente (kg)	4.200	4.200	4.200
Peso del recipiente + muestra (kg)	21.031	21.005	21.013
Peso de muestra (kg)	16.831	16.805	16.813
f (1/m ³)	102.299	102.299	102.299
PUSC (kg/m ³)	1722	1719	1720
Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m³): 1720			

Nota: PUSC: Peso unitario seco compactado.

E. Porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado fino y grueso

El ensayo de porcentaje que pasa la malla N° 200 de los agregados se realizó de acorde a la ASTM.C -556 / NTP 339.185

Tabla 39. *Porcentaje que pasa la malla N° 200 del Agregado Fino.*

ENSAYO N°	E - 1	E - 2	E - 3
Peso seco de la muestra original (g)	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la muestra lavada (g)	488.00	487.00	486.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (g)	12.00	13.00	14.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	2.40 %	2.60 %	2.80 %
PROMEDIO:	2.60 %		

Tabla 40. *Porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado grueso*

ENSAYO N°	E - 1	E - 2	E - 3
Peso seco de la muestra original (g)	3000.00	3000.00	3000.00
Peso seco de la muestra lavada (g)	2990.00	2989.00	2987.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (g)	10.00	11.00	13.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	0.33 %	0.37 %	0.43 %
PROMEDIO:	0.38 %		

F. Contenido de humedad.

El ensayo de contenido de humedad de los agregados se realizó de acorde a la NTP 339.185, ASTM C-535.

Tabla 41. *Contenido de humedad del agregado fino.*

ENSAYO N°	E - 1	E - 2	E - 3
Peso de tara	635.00	643.00	673.00
Peso de tara + muestra húmeda	4958.00	5013.00	4269.00
Peso de tara + muestra seca	4744.00	4800.00	4086.00
Contenido de humedad (%)	5.21	5.12	5.36
Promedio (W%):	5.231		

Tabla 42. *Contenido de humedad del agregado grueso*

ENSAYO N°	E - 1	E - 2	E - 3
Peso de tara	136.00	663.00	693.00
Peso de tara + muestra húmeda	4579.00	5568.00	6234.00
Peso de tara + muestra seca	4525.00	5509.00	6164.00
Contenido de humedad (%)	1.23	1.217	1.279
Promedio (W%):	1.242		

F. Peso específico y absorción del agregado Fino.

El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se realizó de acorde a la NTP 400.22, ASTM C-128.

Tabla 43. *Peso específico del Agregado Fino.*

ENSAYO N°	E - 1	E - 2	E - 3
W Agregado SSS (g)	500.00	500.00	500.00
W Fiola. (g)	151.10	151.10	151.10
W Agregado + fiola (g)	649.50	649.50	649.50
W Fiola + agregado + agua (g)	961.60	961.50	961.30
W ₀ =Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)	494.15	494.10	494.25
V=Volumen del frasco (cm ³)	500.00	500.00	500.00
V _a =Peso en (g) o volumen del agua añadida al frasco (g)	310.50	310.40	310.20
a. Peso específico de masa $P_{em}=W_0/(V-V_a)$	2.608	2.606	2.604
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca $P_{esss}=500/(V-V_a)$	2.639	2.637	2.634
c. Peso específico aparente $P_{ea}=W_0/((V-V_a)-(500-W_0))$	2.691	2.690	2.685
d. Absorción $Abs=((500-W_0)/W_0)*100$	1.184	1.194	1.163
Promedio Peso Específico de Masa (g/cm³) : 2.606			
Promedio Peso Específico de Masa sss (g/cm³): 2.637			
Promedio Peso Específico de Aparente (g/cm³): 2.689			
Promedio absorción(%): 1.180			

Sss: Saturado superficialmente seco; W: Peso

G. Peso específico y absorción del Agregado Grueso.

El ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso se realizó de acorde a la NTP 400.21, ASTM C-127.

Tabla 44. Peso específico del Agregado Grueso.

ENSAYO	1°	2°	3°
W Malla + grava sumergida (g)	4091.00	4092.00	4092.00
W Malla Sumergida (g)	2222.00	2222.00	2222.00
A=Peso en el aire de la muestra seca al horno (g)	2968.00	2968.00	2969.00
B=Peso en el aire de la muestra saturada superficie seca (g)	3000.00	3000.00	3000.00
C=Peso en el agua de la muestra saturada (g)	1869.00	1870.00	1870.40
a. Peso específico de masa $P_e=A/(B-C)$	2.624	2.627	2.628
b. Peso específico de masa saturado con superficie seca $P_{sss}=B/(B-C)$	2.653	2.655	2.656
c. Peso específico aparente $P_{ea}=A/(A-C)$	2.700	2.703	2.703
d. Absorsion $Abs=((B-A)/A)*100$	1.068	1.075	1.044
Promedio Peso Específico de Masa (g/ cm³): 2.626			
Promedio Peso Específico de Masa sss (g/ cm³): 2.654			
Promedio Peso Específico de Aparente (g/ cm³): 2.702			
Promedio de la absorción (%): 1.062			

Sss: Saturado superficialmente seco; W: Peso

H. Desgaste a la abrasión.

El ensayo para determinar el desgaste a la abrasión se realizó según la NTP 400.017, NTP 400.0119 / ASTM C -131

Tabla 45. Desgaste a la abrasión del agregado grueso.

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g)
A	Máquina de los Ángeles	12	30 - 33	500.00	1"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (gr.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3702	3695	3703
$\% \text{ Desg. } = ((P_i - P_f) / P_i) \times 100$				25.96	26.10	25.94
% Desg. Promedio				26.00		

ANEXO 02: DISEÑOS DE MEZCLA

A. Procedimiento del diseño de mezclas por el método de módulo de finesa de combinación de agregados, para un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo MS.

I. Características de los materiales.

Cemento

Tipo : Cemento Portland Tipo MS
Procedencia : Pacasmayo (La Libertad)
Densidad Relativa : 3.02 g/cm^3

Agua

Peso específico : 1000 Kg/m^3

II. Características del Concreto.

Resistencia a la compresión especificada : 500 Kg/cm^2
Desviación estándar promedio en obra : Se desconoce
Tipo de asentamiento : 6" a 7"

III. Diseño

Para el diseño, se siguen los mismos pasos detallados anteriormente, a continuación, se presenta un resumen para un tamaño máximo nominal de 1" con cemento tipo MS

a. Resistencia Requerida.

$$f'_{cr} = 1.20 * f'_c$$

$$f'_{cr} = 1.20 * 500 = 600 \text{ Kg/cm}^2$$

b. Asentamiento.

Asentamiento : 6" - 7"

Consistencia : Fluida

c. Contenido de aire total.

Contenido de aire atrapado : 1.5 %

d. Relación a/c.

$$a/c = 0.38$$

e. Contenido de agua.

$$\text{Agua} = 197$$

f. Factor cemento.

$$\text{Para nuestro caso Agua} \quad : \quad 197 \text{ Kg, y } a/c = 0.38$$

$$\text{Cemento} \quad : \quad 518.42 \text{ Kg} \quad = > \quad 12.20 \text{ Bolsas/m}^3$$

g. Cálculo del Volumen de la pasta de cemento sin incluir los agregados.

Conocido el peso del cemento, agua y volumen del aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes.

$$\text{Cemento} \quad : \quad 0.171663 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua de mezclado} : 0.197 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire (\%)} \quad : \quad 0.01500 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total de la pasta de cemento: } 0.383663 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de los agregados: } (1 - 0.383663) = 0.616337 \text{ m}^3$$

h. Cálculo del valor del mc y rf

Cálculo de la incidencia del agregado fino y grueso respecto del agregado global

$$mc \text{ (corregido)} = 5.736$$

$$rf = 36.56 \% \text{ (porcentaje de AF)}$$

$$rg = 100 - rf = 63.44 \% \text{ (porcentaje de AG)}$$

i. Cálculo de los Volumen absoluto de los agregados

Cálculo del volumen absoluto del agredo Fino y Grueso

$$\text{Volumen absoluto del Agregado Fino} \quad : \quad 0.225313 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del Agregado Grueso} \quad : \quad 0.391024 \text{ m}^3$$

j. Pesos secos de los agregados

Cálculo de los pesos secos o de diseño (para su cálculo se multiplica el volumen absoluto por su peso específico)

Peso Seco del Agregado Fino : $0.225313 * 2606 = 587 \text{ Kg/m}^3$

Peso Seco del Agregado Grueso : $0.391024 * 2626 = 1027 \text{ Kg/m}^3$

k. Aporte de humedad de los agregados

De la humedad y absorción de los agregados se tiene que el aporte de agua es de 25.63 Lt

l. Materiales de diseño para un metro Cúbico

Cemento : 518.42 Kg

Agua de diseño : 197.00 Lt

Agregado fino seco : 587.00 Kg

Agregado Grueso seco : 1027.00 Kg

Aire total : 1.50 %

m. Materiales corregidos por humedad

Cemento : 518.42 Kg

Agua efectiva : 171.37 Lt

Agregado fino Húmedo : 618.00 Kg

Agregado Grueso Húmedo : 1040.00 Kg

Aire total : 1.50 %

n. Proporción en peso

Cemento : 1

Agregado fino : 1.19

Agregado Grueso : 2.01

Agua (Lt / Bolsa) : 14.00

o. Proporción en volumen

Cemento : 1

Agregado fino : 1.05

Agregado Grueso : 1.89

Agua (Lt / Bolsa) : 14.00

B. Procedimiento del diseño de mezclas por el método del módulo de finesa de combinación de agregados, para un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ con cemento Tipo MS y aditivo

I. Características de los materiales.

Cemento

Tipo	:	Cemento Portland Tipo MS
Procedencia	:	Pacasmayo (La Libertad)
Densidad Relativa	:	3.02 g/cm^3

Agua

Peso específico	:	1000 Kg/m^3
-----------------	---	-----------------------

Aditivo

Peso específico	:	1038 Kg/m^3
-----------------	---	-----------------------

II. Características del Concreto.

Resistencia a la compresión especificada	:	500 Kg/cm^2
Desviación estándar promedio en obra	:	Se desconoce
Tipo de asentamiento	:	6" a 7"

III. Diseño

Para el diseño, se siguen los mismos pasos detallados anteriormente, a continuación, se presenta un resumen para un tamaño máximo nominal de 1" con cemento tipo MS y aditivo.

a. Resistencia Requerida.

$$f'_{cr} = 1.20 * f'c$$

$$f'_{cr} = 1.20 * 500 = 600 \text{ Kg/cm}^2$$

b. Asentamiento.

Asentamiento	:	6" - 7"
Consistencia	:	Fluida

c. Contenido de aire total.

Contenido de aire atrapado	:	1.5	%
----------------------------	---	-----	---

d. Relación a/c.

$$a/c = 0.38$$

e. Contenido de agua.

Para nuestro caso: Slump = 6" - 7"; TMN = 1" y Sin aire incorporado

Perfil del agregado : Redondeado

$$\Rightarrow \text{Cantidad de Agua requerida} : 197 \text{ Lt/m}^3$$

Este dato es obtenido de la **tabla 8**, para calcular el agua de mezclado se tendrá presente la hoja técnica del aditivo Master Glenium SCC 3800 ya que reduce hasta un 30% de agua de mezclado por lo tanto:

$$\Rightarrow \text{Cantidad de Agua requerida} : 197 * 80\% = 157.60 \text{ Lt/m}^3$$

f. Factor cemento.

Para nuestro caso Agua : 157.60 Kg, y a/c = 0.38

Cemento : 414.74 Kg $\Rightarrow 9.76 \text{ Bolsas/m}^3$

g. Cantidad de aditivo Master Glenium SCC 3800

$$\Rightarrow \text{Para nuestro caso Aditivo: } 1.3\% \text{ del cemento} = 1.3\% * 414.74 = 5.392 \text{ Kg}$$

h. Cálculo del Volumen de la pasta de cemento sin incluir los agregados.

Conocido el peso del cemento, agua, aditivo y volumen de aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes.

Cemento : 0.137330 m³

Agua de mezclado : 0.15760 m³

Aire (%) : 0.01500 m³

Aditivo : 0.005194 m³

Volumen total de la pasta de cemento: 0.315124 m³

Volumen de los agregados: (1 - 0.315124) = 0.684876 m³

i. Cálculo del valor del mc y rf

Cálculo de la incidencia del agregado fino y grueso respecto del agregado global

$$mc \text{ (corregido)} = 5.543$$

$r_f = 40.68\%$ (porcentaje de AF)

$r_g = 100 - r_f = 59.32\%$ (porcentaje de AG)

j. Cálculo de los Volumen absoluto de los agregados

Cálculo del volumen absoluto del agredo Fino y Grueso

Volumen absoluto del Agregado Fino : 0.278585 m³

Volumen absoluto del Agregado Grueso : 0.406291 m³

k. Pesos secos de los agregados

Cálculo de los pesos secos o de diseño (para su cálculo se multiplica el volumen absoluto por su peso específico)

Peso Seco del Agregado Fino : $0.278585 * 2606 = 726$ Kg/m³

Peso Seco del Agregado Grueso : $0.406291 * 2626 = 1067$ Kg/m³

l. Aporte de humedad de los agregados

De la humedad y absorción de los agregados se tiene que el aporte de agua es de 31.33 Lt

m. Materiales de diseño para un metro Cúbico

Cemento : 414.74 Kg

Agua de diseño : 157.60 Lt

Agregado fino seco : 726.00 Kg

Agregado Grueso seco : 1067.00 Kg

Aditivo : 5.194 Lt

Aire total : 1.50 %

n. Materiales corregidos por humedad

Cemento : 414.74 Kg

Agua efectiva : 126.27 Lt

Agregado fino Húmedo : 764.00 Kg

Agregado Grueso Húmedo : 1080.00 Kg

Aditivo : 5.194 Lt

Aire total : 1.50 %

o. Proporción en peso

Cemento : 1

Agregado fino : 1.84

Agregado Grueso : 2.60

Aditivo (cm³ / Bolsa): 532

Agua (Lt / Bolsa) : 12.90

p. Proporción en volumen

Cemento : 1

Agregado fino : 1.62

Agregado Grueso : 2.44

Aditivo (cm³ / Bolsa) : 532

Agua (Lt / Bolsa) : 12.90

ANEXO 03: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL

A. Resistencia a compresión axial de un concreto patrón diseñado para una resistencia de 500 kg/cm², utilizando cemento Tipo Ms.

Tabla 46. Resultados del ensayo a compresión para la muestra patrón a edad de 7 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	7	P - 1	73000.00	500	15.24	400.19	80.04%
2	7	P - 2	69000.00	500	15.24	378.51	75.70%
3	7	P - 3	72000.00	500	15.19	397.57	79.51%
4	7	P - 4	73000.00	500	15.25	399.79	79.96%
5	7	P - 5	69000.00	500	15.26	377.14	75.43%
6	7	P - 6	71500.00	500	15.22	392.99	78.60%
7	7	P - 7	72500.00	500	15.24	397.45	79.49%
8	7	P - 8	70000.00	500	15.26	382.74	76.55%
9	7	P - 9	69500.00	500	15.28	379.01	75.80%
10	7	P - 10	68500.00	500	15.18	378.39	75.68%
11	7	P - 11	72300.00	500	15.19	398.96	79.79%
12	7	P - 12	71350.00	500	15.25	390.63	78.13%
13	7	P - 13	69700.00	500	15.27	380.60	76.12%
14	7	P - 14	69250.00	500	15.18	382.64	76.53%
15	7	P - 15	69500.00	500	15.24	381.00	76.20%
16	7	P - 16	71600.00	500	15.26	391.48	78.30%
17	7	P - 17	72000.00	500	15.19	397.31	79.46%
18	7	P - 18	69850.00	500	15.18	385.95	77.19%
19	7	P - 19	71320.00	500	15.24	390.98	78.20%
20	7	P - 20	69550.00	500	15.21	382.78	76.56%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 388.38 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 77.68 %

Desviación estándar : 8.26 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 2.13 %

Tabla 47. Resultados del ensayo a compresión para la muestra patrón a edad de 14 días

11	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm²)	% Obtenido
1	14	P – 21	82500.00	500	15.23	453.16	90.63%
2	14	P – 22	81000.00	500	15.20	446.24	89.25%
3	14	P – 23	85500.00	500	15.22	470.10	94.02%
4	14	P – 24	81500.00	500	15.21	448.55	89.71%
5	14	P – 25	80000.00	500	15.21	440.29	88.06%
6	14	P – 26	81000.00	500	15.23	444.63	88.93%
7	14	P – 27	81300.00	500	15.20	448.04	89.61%
8	14	P – 28	82000.00	500	15.22	450.71	90.14%
9	14	P – 29	82300.00	500	15.22	452.36	90.47%
10	14	P - 30	81000.00	500	15.22	445.21	89.04%
11	14	P – 31	81500.00	500	15.21	448.55	89.71%
12	14	P – 32	82000.00	500	15.22	450.71	90.14%
13	14	P – 33	82300.00	500	15.20	453.55	90.71%
14	14	P – 34	81200.00	500	15.22	446.31	89.26%
15	14	P – 35	83000.00	500	15.21	456.80	91.36%
16	14	P – 36	82400.00	500	15.23	452.31	90.46%
17	14	P – 37	81250.00	500	15.20	447.76	89.55%
18	14	P – 38	81100.00	500	15.23	445.18	89.04%
19	14	P – 39	82100.00	500	15.21	451.85	90.37%
20	14	P - 40	81000.00	500	15.20	446.38	89.28%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 449.93 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 89.99 %

Desviación estándar : 6.11 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 1.36 %

Tabla 48. Resultados del ensayo a compresión para la muestra patrón a edad de 28 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	28	P – 41	100000.00	500	15.21	550.73	110.15%
2	28	P – 42	98000.00	500	15.25	536.71	107.34%
3	28	P – 43	97500.00	500	15.27	532.75	106.55%
4	28	P – 44	101000.00	500	15.21	555.69	111.14%
5	28	P – 45	99500.00	500	15.23	546.54	109.31%
6	28	P – 46	98500.00	500	15.20	542.82	108.56%
7	28	P – 47	97860.00	500	15.24	536.47	107.29%
8	28	P – 48	98500.00	500	15.19	543.54	108.71%
9	28	P – 49	102500.00	500	15.31	556.78	111.36%
10	28	P – 50	102000.00	500	15.20	562.11	112.42%
11	28	P – 51	100200.00	500	15.21	551.47	110.29%
12	28	P – 52	99700.00	500	15.22	547.99	109.60%
13	28	P – 53	98670.00	500	15.20	543.76	108.75%
14	28	P – 54	99640.00	500	15.24	546.23	109.25%
15	28	P – 55	99400.00	500	15.23	545.63	109.13%
16	28	P – 56	101340.00	500	15.21	557.74	111.55%
17	28	P – 57	98540.00	500	15.22	541.62	108.32%
18	28	P – 58	101200.00	500	15.24	554.78	110.96%
19	28	P – 59	100150.00	500	15.19	552.64	110.53%
20	28	P – 60	98720.00	500	15.21	543.32	108.66%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 547.46 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 109.49 %

Desviación estándar : 7.75 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 1.42 %

B. Resistencia a compresión axial de un concreto diseñado para una resistencia de 500 kg/cm², utilizando aditivo (1.1%) y cemento Tipo Ms.

Tabla 49. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento Tipo MS, a edad de 7 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	7	CAD - 1	53700.00	500	15.26	293.61	58.72%
2	7	CAD - 2	53700.00	500	15.27	293.42	58.68%
3	7	CAD - 3	52900.00	500	15.28	288.37	57.67%
4	7	CAD - 4	52750.00	500	15.25	288.99	57.80%
5	7	CAD - 5	53650.00	500	15.26	293.22	58.64%
6	7	CAD - 6	53200.00	500	15.25	291.36	58.27%
7	7	CAD - 7	54100.00	500	15.29	294.49	58.90%
8	7	CAD - 8	53300.00	500	15.27	290.89	58.18%
9	7	CAD - 9	53710.00	500	15.23	294.73	58.95%
10	7	CAD - 10	53200.00	500	15.25	291.37	58.27%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 292.04 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 58.41 %

Desviación estándar : 2.21 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 0.76 %

Tabla 50. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento
 Tipo MS, a edad de 14 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	14	CAD - 1	65600.00	500	15.22	360.38	72.08%
2	14	CAD - 2	66010.00	500	15.20	363.66	72.73%
3	14	CAD - 3	65500.00	500	15.23	359.33	71.87%
4	14	CAD - 4	66000.00	500	15.22	362.76	72.55%
5	14	CAD - 5	65800.00	500	15.23	361.38	72.28%
6	14	CAD - 6	66150.00	500	15.22	363.76	72.75%
7	14	CAD - 7	66200.00	500	15.23	363.54	72.71%
8	14	CAD - 8	66220.00	500	15.22	363.97	72.79%
9	14	CAD - 9	65750.00	500	15.23	360.92	72.18%
10	14	CAD - 10	66150.00	500	15.23	363.21	72.64%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 362.29 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 72.46 %

Desviación estándar : 1.65 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 0.46 %

Tabla 51. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento
Tipo MS, a edad de 28 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	28	CAD - 1	84700.00	500	15.23	464.66	92.93%
2	28	CAD - 2	84550.00	500	15.25	463.07	92.61%
3	28	CAD - 3	84000.00	500	15.24	460.31	92.06%
4	28	CAD - 4	83850.00	500	15.22	460.60	92.12%
5	28	CAD - 5	84960.00	500	15.24	466.00	93.20%
6	28	CAD - 6	84500.00	500	15.22	464.23	92.85%
7	28	CAD - 7	84510.00	500	15.22	464.23	92.85%
8	28	CAD - 8	83750.00	500	15.23	459.96	91.99%
9	28	CAD - 9	84130.00	500	15.22	462.23	92.45%
10	28	CAD - 10	84600.00	500	15.23	464.11	92.82%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 462.94 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 92.59 %

Desviación estándar : 2.08 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 0.45 %

C. Resistencia a compresión axial de un concreto diseñado para una resistencia de 500 kg/cm², utilizando aditivo (1.2%) y cemento Tipo Ms.

Tabla 52. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento Tipo MS, a edad de 7 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	7	CAD - 1	63200.00	500	15.22	347.19	69.44%
2	7	CAD - 2	63400.00	500	15.23	348.20	69.64%
3	7	CAD - 3	63500.00	500	15.22	348.84	69.77%
4	7	CAD - 4	63750.00	500	15.25	349.25	69.85%
5	7	CAD - 5	64000.00	500	15.23	351.13	70.23%
6	7	CAD - 6	64100.00	500	15.25	351.17	70.23%
7	7	CAD - 7	63500.00	500	15.23	348.70	69.74%
8	7	CAD - 8	62800.00	500	15.23	344.95	68.99%
9	7	CAD - 9	64500.00	500	15.23	353.86	70.77%
10	7	CAD - 10	63700.00	500	15.23	349.85	69.97%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 349.31 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 69.86 %

Desviación estándar : 2.42 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 0.70%

Tabla 53. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento
Tipo MS, a edad de 14 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	14	CAD – 1	76500.00	500	15.23	419.93	83.99%
2	14	CAD – 2	77300.00	500	15.22	424.65	84.93%
3	14	CAD – 3	77500.00	500	15.23	425.58	85.12%
4	14	CAD – 4	77000.00	500	15.22	423.45	84.69%
5	14	CAD – 5	77500.00	500	15.23	425.69	85.14%
6	14	CAD – 6	77250.00	500	15.22	424.38	84.88%
7	14	CAD – 7	76500.00	500	15.22	420.25	84.05%
8	14	CAD – 8	78400.00	500	15.23	430.47	86.09%
9	14	CAD – 9	77750.00	500	15.23	427.01	85.40%
10	14	CAD - 10	78200.00	500	15.23	429.26	85.85%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 425.07 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 85.01 %

Desviación estándar : 3.40 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 0.80 %

Tabla 54. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento
Tipo MS, a edad de 28 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	28	CAD – 1	89500.00	500	15.22	491.74	98.35%
2	28	CAD – 2	89550.00	500	15.22	491.91	98.38%
3	28	CAD – 3	89700.00	500	15.23	492.12	98.42%
4	28	CAD – 4	89500.00	500	15.23	491.48	98.30%
5	28	CAD – 5	88990.00	500	15.23	488.72	97.74%
6	28	CAD – 6	89500.00	500	15.23	491.52	98.30%
7	28	CAD – 7	89800.00	500	15.21	494.55	98.91%
8	28	CAD – 8	89750.00	500	15.23	492.85	98.57%
9	28	CAD – 9	89080.00	500	15.22	489.36	97.87%
10	28	CAD - 10	89500.00	500	15.23	491.61	98.32%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 491.59 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 98.32 %

Desviación estándar : 1.63 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 0.33 %

D. Resistencia a compresión axial de un concreto diseñado para una resistencia de 500 kg/cm², utilizando aditivo (1.3%) y cemento Tipo Ms.

Tabla 55. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento Tipo MS, a edad de 7 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	7	CAD - 1	75500.00	500	15.25	413.62	82.72%
2	7	CAD - 2	73500.00	500	15.28	401.08	80.22%
3	7	CAD - 3	73500.00	500	15.29	400.56	80.11%
4	7	CAD - 4	72750.00	500	15.27	397.51	79.50%
5	7	CAD - 5	73000.00	500	15.26	399.01	79.80%
6	7	CAD - 6	75000.00	500	15.25	410.75	82.15%
7	7	CAD - 7	74500.00	500	15.30	405.48	81.10%
8	7	CAD - 8	74500.00	500	15.30	405.21	81.04%
9	7	CAD - 9	74500.00	500	15.24	408.28	81.66%
10	7	CAD - 10	75000.00	500	15.25	410.61	82.12%
11	7	CAD - 11	74150.00	500	15.24	406.49	81.30%
12	7	CAD - 12	74150.00	500	15.25	405.96	81.19%
13	7	CAD - 13	74250.00	500	15.26	405.97	81.19%
14	7	CAD - 14	74300.00	500	15.24	407.31	81.46%
15	7	CAD - 15	74170.00	500	15.27	405.00	81.00%
16	7	CAD - 16	73150.00	500	15.25	400.48	80.10%
17	7	CAD - 17	74200.00	500	15.26	405.70	81.14%
18	7	CAD - 18	73450.00	500	15.24	402.65	80.53%
19	7	CAD - 19	74350.00	500	15.26	406.52	81.30%
20	7	CAD - 20	74320.00	500	15.27	405.82	81.16%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 405.21 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 81.04 %

Desviación estándar : 4.07 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 1.00 %

Tabla 56. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento
Tipo MS, a edad de 14 días

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	14	CAD – 21	85500.00	500	15.23	469.64	93.93%
2	14	CAD – 22	86000.00	500	15.20	473.78	94.76%
3	14	CAD – 23	83500.00	500	15.22	459.10	91.82%
4	14	CAD – 24	85000.00	500	15.21	467.81	93.56%
5	14	CAD – 25	86000.00	500	15.21	473.31	94.66%
6	14	CAD – 26	86250.00	500	15.21	474.53	94.91%
7	14	CAD – 27	86500.00	500	15.22	475.60	95.12%
8	14	CAD – 28	82500.00	500	15.22	453.31	90.66%
9	14	CAD – 29	83750.00	500	15.22	460.33	92.07%
10	14	CAD – 30	83000.00	500	15.22	456.20	91.24%
11	14	CAD – 31	85750.00	500	15.21	471.94	94.39%
12	14	CAD – 32	83470.00	500	15.22	458.79	91.76%
13	14	CAD – 33	87650.00	500	15.20	483.03	96.61%
14	14	CAD – 34	84450.00	500	15.21	464.78	92.96%
15	14	CAD – 35	84750.00	500	15.22	465.82	93.16%
16	14	CAD – 36	86150.00	500	15.20	474.76	94.95%
17	14	CAD – 37	85800.00	500	15.21	472.21	94.44%
18	14	CAD – 38	84750.00	500	15.22	465.82	93.16%
19	14	CAD – 39	85160.00	500	15.22	468.08	93.62%
20	14	CAD – 40	85650.00	500	15.21	471.39	94.28%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 468.01 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 93.60 %

Desviación estándar : 9.04 Kg/cm²

Coefficiente de variación : 1.93 %

Tabla 57

. Resultados del ensayo a compresión para la muestra utilizando aditivo y cemento Tipo MS, a edad de 28 días.

Ensayo N°	Edad (días)	Código	Carga de rotura (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Resistencia máxima (Kg/cm ²)	% Obtenido
1	28	CAD – 41	100500.00	500	15.25	550.40	110.08%
2	28	CAD – 42	104500.00	500	15.25	571.93	114.39%
3	28	CAD – 43	103000.00	500	15.24	565.02	113.00%
4	28	CAD – 44	102250.00	500	15.21	562.93	112.59%
5	28	CAD – 45	107000.00	500	15.26	585.42	117.08%
6	28	CAD – 46	106500.00	500	15.23	584.79	116.96%
7	28	CAD – 47	107500.00	500	15.21	591.45	118.29%
8	28	CAD – 48	102750.00	500	15.21	565.69	113.14%
9	28	CAD – 49	105500.00	500	15.21	580.87	116.17%
10	28	CAD – 50	104500.00	500	15.26	571.56	114.31%
11	28	CAD – 51	102640.00	500	15.24	562.67	112.53%
12	28	CAD – 52	105700.00	500	15.23	580.21	116.04%
13	28	CAD – 53	102870.00	500	15.21	566.16	113.23%
14	28	CAD – 54	105460.00	500	15.22	579.65	115.93%
15	28	CAD – 55	104780.00	500	15.24	574.41	114.88%
16	28	CAD – 56	104150.00	500	15.21	573.21	114.64%
17	28	CAD – 57	105760.00	500	15.22	581.30	116.26%
18	28	CAD – 58	102570.00	500	15.24	562.29	112.46%
19	28	CAD – 59	105360.00	500	15.21	579.87	115.97%
20	28	CAD – 60	102850.00	500	15.23	564.57	112.91%

Con los resultados obtenidos, se obtiene que los siguientes datos estadísticos:

Resistencia promedio : 572.73 Kg/cm².

Porcentaje promedio : 114.55 %

Desviación estándar : 10.95 Kg/cm²

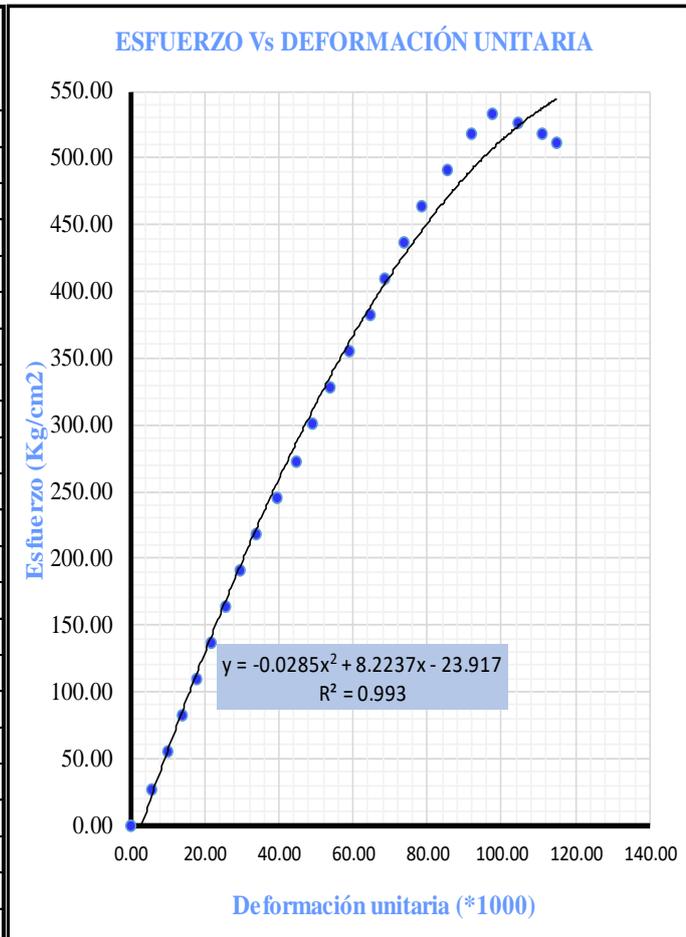
Coefficiente de variación : 1.91

ANEXO 04: DIAGRAMAS DE ESFUERZO – DEFORMACIÓN

A. Gráfica de esfuerzo vs deformación para un f'c = 500 kg/cm², utilizando cemento tipo MS.

CODIGO DEL ESPECÍMEN : P-23
 EDAD : 28 días
 DIÁMETRO (cm) : 15.27
 ALTURA (mm) : 30.23

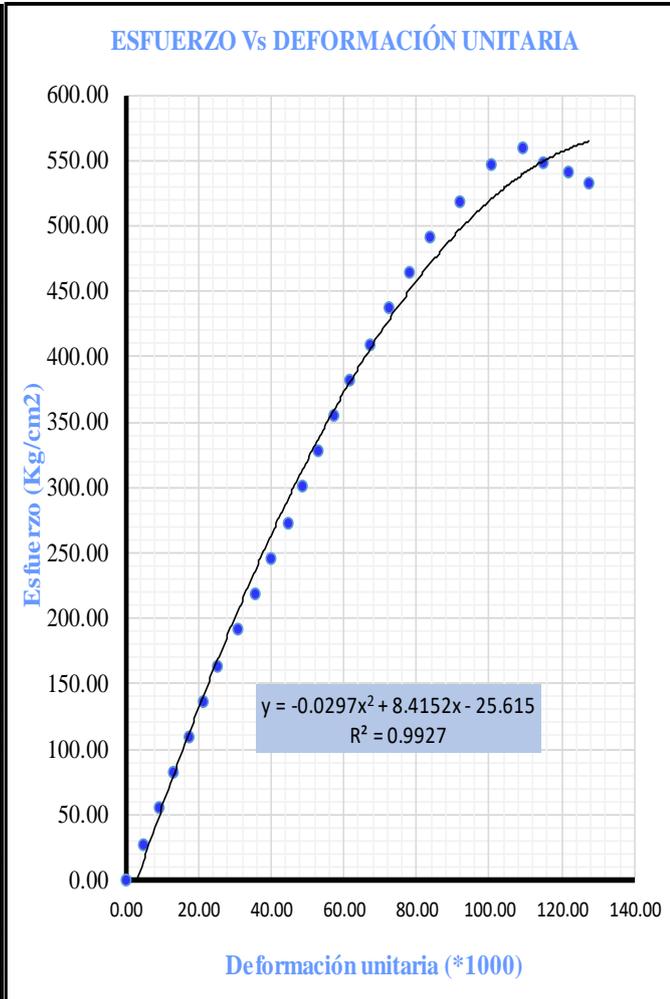
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00
5000	0.17	5.62	27.30
10000	0.30	9.92	54.60
15000	0.42	13.89	81.91
20000	0.54	17.86	109.21
25000	0.66	21.83	136.51
30000	0.78	25.80	163.81
35000	0.90	29.77	191.12
40000	1.02	33.74	218.42
45000	1.20	39.69	245.72
50000	1.36	44.98	273.02
55000	1.48	48.95	300.33
60000	1.63	53.91	327.63
65000	1.78	58.87	354.93
70000	1.96	64.83	382.23
75000	2.08	68.80	409.54
80000	2.23	73.76	436.84
85000	2.38	78.72	464.14
90000	2.58	85.33	491.44
95000	2.78	91.95	518.75
97500	2.95	97.57	532.40
96500	3.16	104.52	526.94
94900	3.36	111.13	518.20
93700	3.48	115.10	511.65



ESFUERZO DE ROTURA = 532.40 Kg/cm2
 ESFUERZO DE ROTURA CORREGIDO = 514.73 Kg/cm2
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 340314.62 Kg/cm2

CODIGO DEL ESPECÍMEN : P-24
 EDAD : 28 días
 DIÁMETRO (cm) : 15.19
 ALTURA (mm) : 30.08

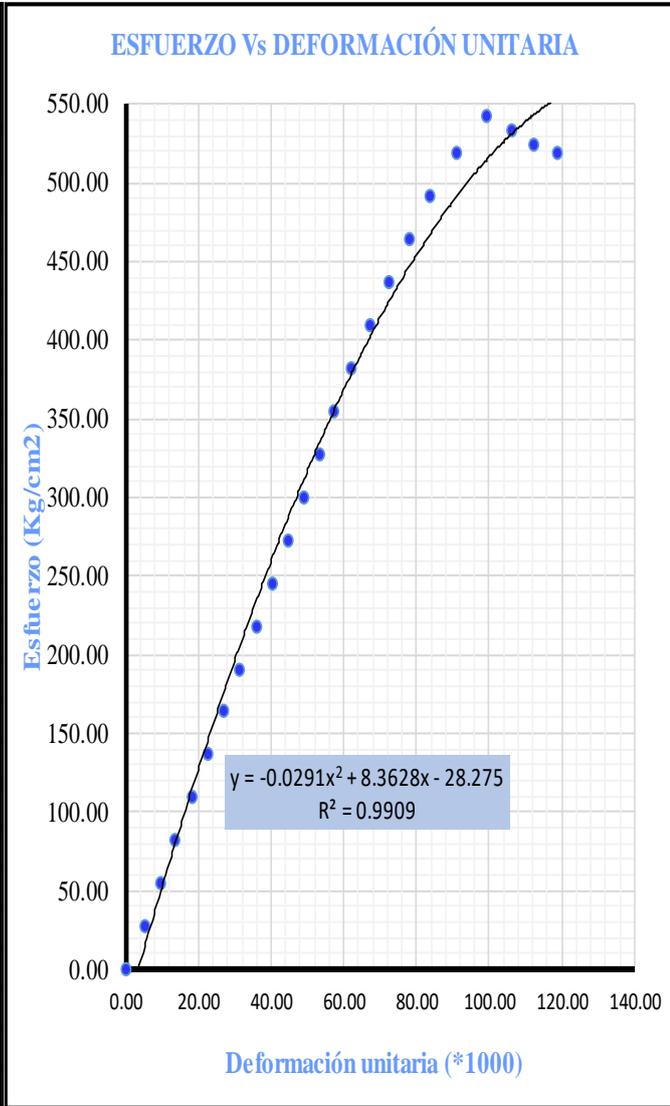
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00
5000	0.15	4.96	27.30
10000	0.28	9.26	54.60
15000	0.40	13.23	81.91
20000	0.53	17.53	109.21
25000	0.65	21.50	136.51
30000	0.76	25.14	163.81
35000	0.94	31.09	191.12
40000	1.08	35.72	218.42
45000	1.21	40.02	245.72
50000	1.35	44.65	273.02
55000	1.47	48.62	300.33
60000	1.60	52.92	327.63
65000	1.73	57.22	354.93
70000	1.87	61.85	382.23
75000	2.03	67.14	409.54
80000	2.19	72.43	436.84
85000	2.36	78.06	464.14
90000	2.53	83.68	491.44
95000	2.78	91.95	518.75
100000	3.05	100.88	546.05
102500	3.30	109.15	559.70
100500	3.48	115.10	548.78
99000	3.68	121.71	540.59
97500	3.86	127.67	532.40



ESFUERZO DE ROTURA = 559.70 Kg/cm²
 ESFUERZO DE ROTURA CORREGIDO = 544.72 Kg/cm²
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 350089.69 Kg/cm²

CODIGO DEL ESPECÍMEN : P-25
 EDAD : 28 días
 DIÁMETRO (cm) : 15.23
 ALTURA (mm) : 30.16

Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00
5000	0.16	5.29	27.30
10000	0.29	9.59	54.60
15000	0.41	13.56	81.91
20000	0.56	18.52	109.21
25000	0.69	22.82	136.51
30000	0.82	27.12	163.81
35000	0.95	31.42	191.12
40000	1.09	36.05	218.42
45000	1.22	40.35	245.72
50000	1.36	44.98	273.02
55000	1.48	48.95	300.33
60000	1.61	53.25	327.63
65000	1.74	57.55	354.93
70000	1.88	62.18	382.23
75000	2.03	67.14	409.54
80000	2.19	72.43	436.84
85000	2.36	78.06	464.14
90000	2.53	83.68	491.44
95000	2.76	91.29	518.75
99500	3.00	99.22	543.32
97800	3.22	106.50	534.04
96100	3.40	112.45	524.75
95000	3.60	119.07	518.75

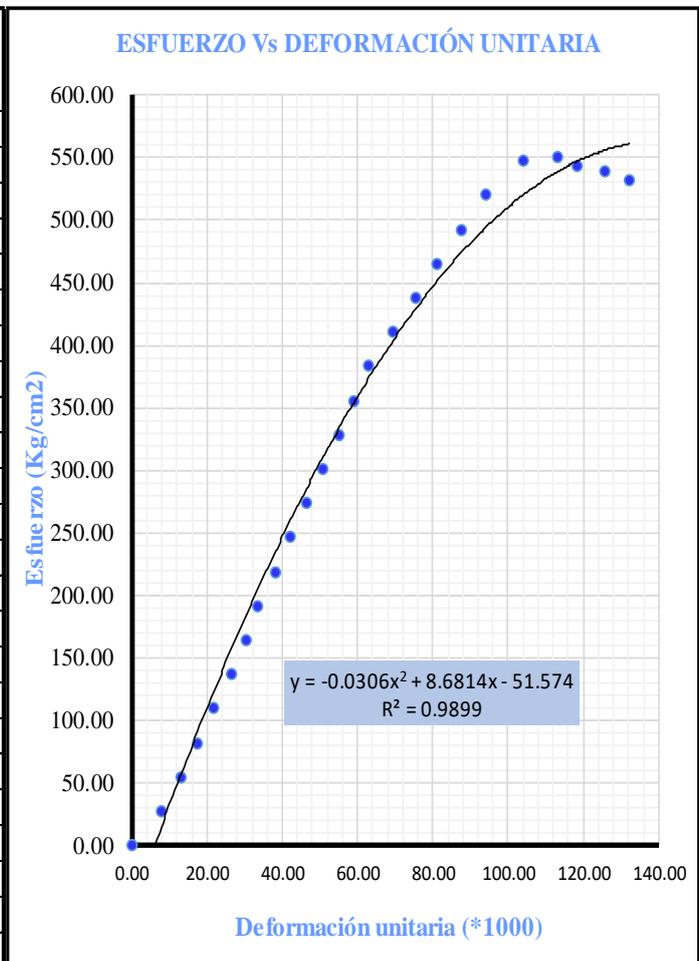


ESFUERZO DE ROTURA = 543.32 Kg/cm2
 ESFUERZO DE ROTURA CORREGIDO = 550.04 Kg/cm2
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 351793.81 Kg/cm2

B. Gráfica de esfuerzo vs deformación para un $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cemento tipo MS más aditivo Master Glenium SCC 3800.

CODIGO DEL ESPECÍMEN : CAD-21
 EDAD : 28 días
 DIÁMETRO (cm) : 15.25
 ALTURA (mm) : 30.20

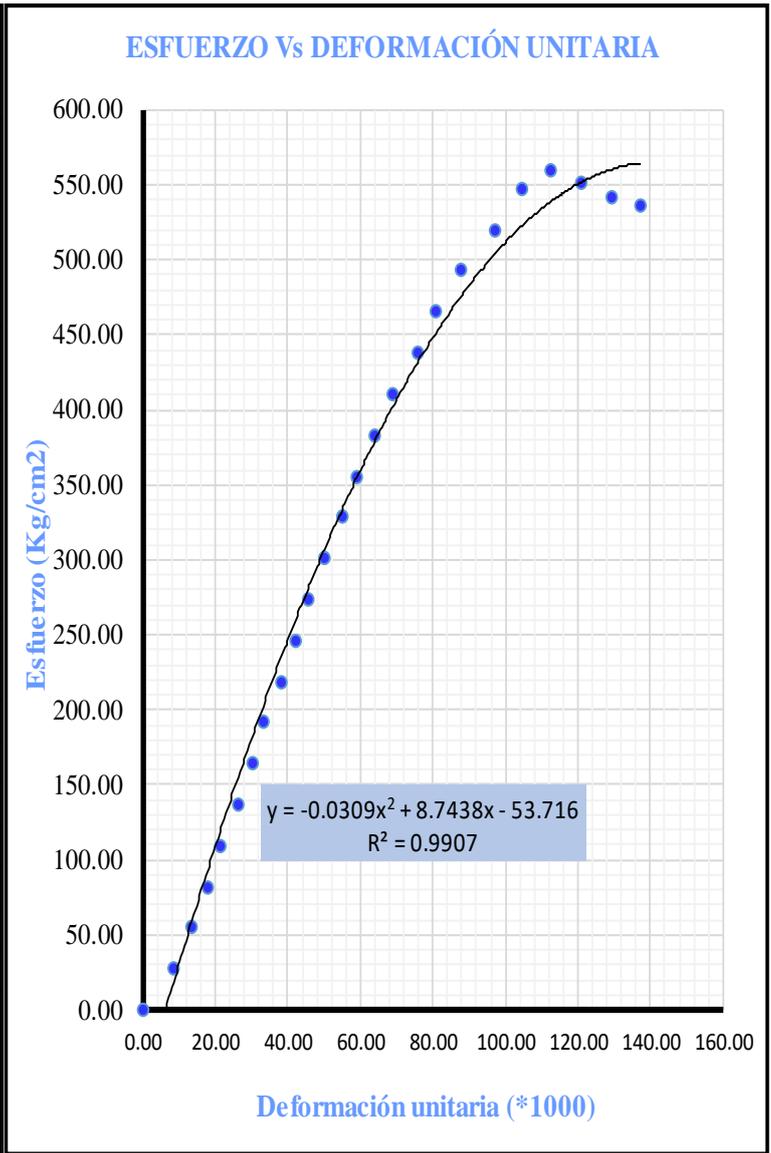
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00
5000	0.24	7.95	27.37
10000	0.40	13.25	54.75
15000	0.53	17.55	82.12
20000	0.66	21.86	109.50
25000	0.80	26.49	136.87
30000	0.92	30.47	164.24
35000	1.01	33.45	191.62
40000	1.15	38.09	218.99
45000	1.28	42.39	246.37
50000	1.40	46.37	273.74
55000	1.53	50.67	301.12
60000	1.66	54.98	328.49
65000	1.78	58.95	355.86
70000	1.90	62.92	383.24
75000	2.10	69.55	410.61
80000	2.28	75.51	437.99
85000	2.45	81.14	465.36
90000	2.65	87.76	492.73
95000	2.84	94.06	520.11
100000	3.14	103.99	547.48
100500	3.42	113.26	550.22
99200	3.58	118.56	543.10
98400	3.80	125.85	538.72
97100	4.00	132.47	531.61



ESFUERZO DE ROTURA = 550.22 Kg/cm2
 ESFUERZO DE ROTURA CORREGIDO = 551.95 Kg/cm2
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 352404.34 Kg/cm2

CODIGO DEL ESPECÍMEN : CAD-24
 EDAD : 28 días
 DIÁMETRO (cm) : 15.21
 ALTURA (mm) : 30.12

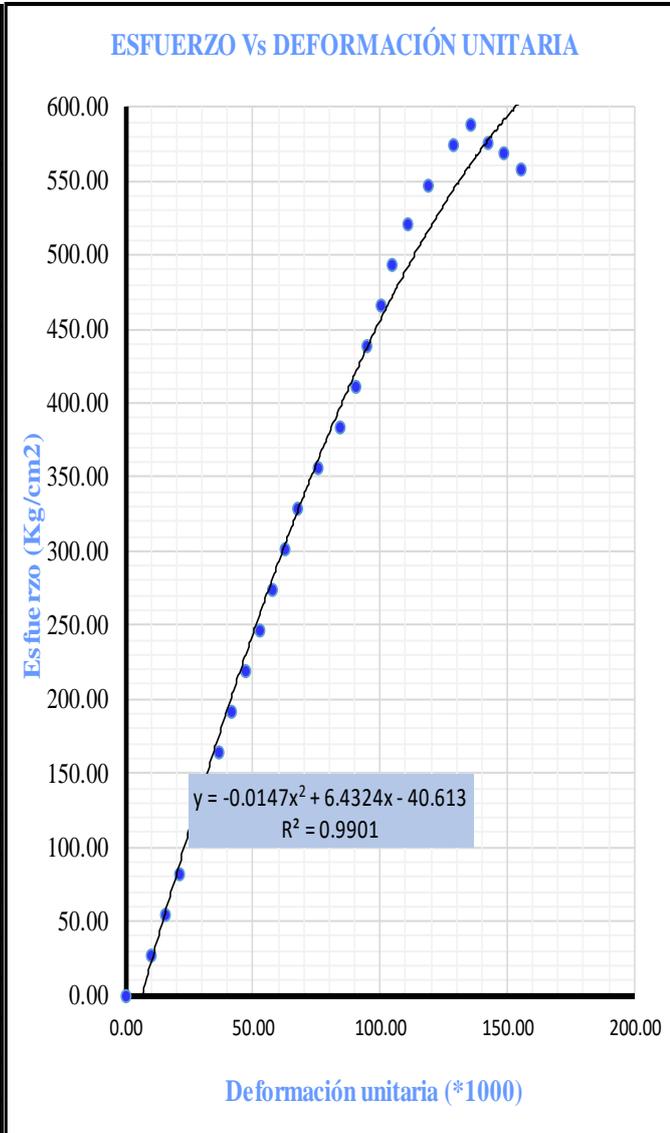
Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm2)
0	0.00	0.00	0.00
5000	0.26	8.61	27.37
10000	0.41	13.58	54.75
15000	0.54	17.88	82.12
20000	0.65	21.53	109.50
25000	0.80	26.49	136.87
30000	0.92	30.47	164.24
35000	1.00	33.12	191.62
40000	1.16	38.42	218.99
45000	1.27	42.06	246.37
50000	1.38	45.70	273.74
55000	1.51	50.01	301.12
60000	1.67	55.31	328.49
65000	1.79	59.28	355.86
70000	1.93	63.92	383.24
75000	2.08	68.89	410.61
80000	2.29	75.84	437.99
85000	2.44	80.81	465.36
90000	2.65	87.76	492.73
95000	2.94	97.37	520.11
100000	3.16	104.65	547.48
102250	3.40	112.60	559.80
100800	3.65	120.88	551.86
99000	3.90	129.16	542.01
97900	4.15	137.44	535.99



ESFUERZO DE ROTURA = 559.80 Kg/cm2
 ESFUERZO DE ROTURA CORREGIDO = 563.72 Kg/cm2
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 356140.59 Kg/cm2

CODIGO DEL ESPECÍMEN : CAD-27
 EDAD : 28 días
 DIÁMETRO (cm) : 15.21
 ALTURA (mm) : 30.12

Carga (Kg)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (*1000)	Esfuerzo (Kg/cm ²)
0	0.00	0.00	0.00
5000	0.30	9.94	27.37
10000	0.48	15.90	54.75
15000	0.64	21.20	82.12
20000	0.80	26.49	109.50
25000	0.94	31.13	136.87
30000	1.10	36.43	164.24
35000	1.25	41.40	191.62
40000	1.43	47.36	218.99
45000	1.60	52.99	246.37
50000	1.75	57.96	273.74
55000	1.90	62.92	301.12
60000	2.05	67.89	328.49
65000	2.28	75.51	355.86
70000	2.55	84.45	383.24
75000	2.74	90.74	410.61
80000	2.86	94.72	437.99
85000	3.04	100.68	465.36
90000	3.16	104.65	492.73
95000	3.36	111.28	520.11
100000	3.60	119.23	547.48
105000	3.90	129.16	574.86
107500	4.10	135.78	588.54
105200	4.30	142.41	575.95
103800	4.50	149.03	568.29
102000	4.70	155.65	558.43



ESFUERZO DE ROTURA = 588.54 Kg/cm²
 ESFUERZO DE ROTURA CORREGIDO = 576.81 Kg/cm²
 MÓDULO DE ELASTICIDAD = 360252.81 Kg/cm²

ANEXO 05: HOJA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Piura Paita Km. 3 - Piura - Piura
Teléfono 317 - 6000

G-CC-F-04
Versión 03

CEMENTO ANTISALITRE NUEVA FÓRMULA FORTIMAX3

Cemento Portland Tipo MS (MH) (R)

Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157

Piura, 21 de Septiembre del 2017

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	7	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.049	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	4050	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	2.9	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	3.02	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	24.3 (248)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	30.0 (306)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	36.3 (371)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	146	Mínimo 45
Fraguado Final	min	283	Máximo 420
Expansión Barra de Mortero Edad 14 días			
Expansión Barra de Mortero Edad 14 días	%	0.011	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato Edad 6 meses			
Expansión por Sulfato Edad 6 meses	%	0.034	Máximo 0.10
Calor de Hidratación a 7 Días			
Calor de Hidratación a 7 Días	Kcal/Kg	70	Máximo 70

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017. El ensayo de Expansión por Sulfatos corresponde al mes de enero 2017.
El ensayo de calor de hidratación corresponde al mes de julio 2017.
(*) Requisito opcional.

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

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

ANEXO 06: HOJA TÉCNICA DEL ADITIVO



We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

Aditivo reductor de agua de alto rango para concreto

DESCRIPCION:

MasterGlenium SCC 3800 es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato. Esta tecnología combina un diseño molecular de vanguardia para lograr un valor excepcional y preciso en todas las fases del proceso de construcción del concreto.

El aditivo MasterGlenium SCC 3800 es muy efectivo en la producción de mezclas de concreto con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieran el uso de concreto auto compactante (SCC). El uso del aditivo MasterGlenium SCC 3800 proporciona características de fraguado más rápidas como asimismo mejora la resistencia a la compresión inicial.

MasterGlenium SCC 3800 cumple con los requisitos de la norma provisional ASTM C494 /C494 M para aditivos Tipo A, (reductores de agua), y tipo F (reductores de agua de alto rango).

USOS RECOMENDADOS:

- ✓ Concretos que requieren una reducción de agua entre 5 a 40%.
- ✓ Aplicaciones donde el control de manejabilidad y tiempos de fraguado sea crítico.
- ✓ Concretos que requieren una fluidez elevada, mayor estabilidad, alta resistencia inicial y final y durabilidad.

(prefabricados, reparaciones de pavimentos de fast-track).

- ✓ Fabricación de mezclas de concreto Rheodinámico y auto compactante (SCC).

CARACTERISTICAS:

- ✓ Excelente desarrollo de resistencia inicial.
- ✓ Adecuado control de fraguado.
- ✓ Optimiza la relación de retención de asentamiento / fraguado.
- ✓ Mantiene el aire incorporado consistente.
- ✓ Flexibilidad en la dosificación.

VENTAJAS:

- ✓ Menor contenido de agua para una determinada manejabilidad.
- ✓ Rheología controlada.
- ✓ Desarrollo de resistencias iniciales altas.
- ✓ Produce concretos cohesivos y sin segregación.
- ✓ Incrementa la productividad de las operaciones de prefabricados.
- ✓ Desencofrado más rápido debido al desarrollo acelerado de resistencia temprana.
- ✓ Reduce costos de mano de obra en acabado debido a la optimización de los tiempos de fraguado.
- ✓ Minimiza la necesidad de ajuste de asentamiento en la obra.
- ✓ Disminución del concreto rechazado.
- ✓ Optimiza el costo de las mezclas de concreto.



We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO:

Datos de la mezcla

El concreto producido con el aditivo MasterGlenium SCC 3800 alcanza significativamente mayor resistencia en edad temprana que los aditivos reductores de agua de alto rango base policarboxilatos de la primera generación.

MasterGlenium SCC 3800 también permite la obtención de un equilibrio perfecto entre retención de manejabilidad y ciertas características de fraguado que proporcionan la eficiencia en la colocación y acabado del concreto.

APLICACIÓN:

Dosificación:

La dosis que se recomienda usar de MasterGlenium SCC 3800 está en el rango de 800 a 1500 ml/100 kg de cementante. Es posible que sea necesario cambiar la dosificación debido a las variaciones en los materiales de concreto y de las condiciones y/o aplicaciones en la obra. En tales casos, contacte a su representante local de BASF.

Mezclado:

El aditivo MasterGlenium SCC 3800, deben adicionarse luego de la tanda inicial de agua y de otros aditivos, de ser el caso.

ALMACENAMIENTO:

Temperatura de almacenamiento:

MasterGlenium SCC 3800 debe almacenarse a temperaturas superiores a los 5°C (40°F). Si MasterGlenium SCC 3800 llega a congelarse, descongele y reconstituya por agitación mecánica.

Vida de almacén:

MasterGlenium SCC 3800 tiene una vida útil mínima de 12 meses, la misma que puede prolongarse dependiendo de las condiciones de almacenamiento. En todos los casos el producto deberá ser homogenizado antes de ser usado. Por favor contacte a su representante de BASF en relación al mejor uso y dosificación si el aditivo almacenado excede el tiempo de validez indicado en el envase

EMPAQUE

MasterGlenium SCC 3800 se suministra en cilindros de 208 l (55 gal).

Documentos relacionados

Hoja de Seguridad del Material (MSDS) MasterGlenium SCC 3800.

Información adicional

En caso se observe alguna separación de fases en la superficie, esta es normal y no afecta el performance del producto Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo



We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte al representante local de BASF.

BASF Construction Chemicals es líder en el suministro de aditivos innovadores para concreto de especialidad usado en los mercados

de premezclado, prefabricados, productos manufacturados de concreto, construcción subterránea y pavimentos. Los productos de la respetada marca BASF se usan para mejorar la colocación, bombeabilidad, acabado, estética y características de desempeño del concreto.

CONTACTO

BASF Química Colombia S.A.

Calle 99 # 69C – 32
Bogotá, D.C. Colombia
Tel: +57 1 632 20 99
www.basf-cc.com.co

BASF Venezolana S.A.

Edif. Torreón, Piso 4, Of. 4B
Av. Veracruz con calle la Guairita,
Urb. Las Mercedes. Caracas, Venezuela
Tel : + 58 212 958 6711
www.basf-cc.com.ve

BASF Ecuatoriana S.A.

Av. Naciones Unidas 1014
y Av. Amazonas Edif. La Previsora
Torre A Piso 2, Quito, Ecuador
Tel : + 593 2397 9500
www.basf-cc.com.ec

BASF AS

Avenida das Nacoes Unidas,
14.171, Morumbi
04794-000 Sao Paulo – SP, Brasil
Tel: +55 11 2718 5507
www.basf-cc.com.br

BASF Construction Chemicals Ltda.

Rio Palena 9665
Nucleo Empresarial ENEA
Santiago de Chile, Chile
Tel: +56-2 2799 4300
www.basf-cc.cl

BASF Construction Chemicals Peru

Jr. Plácido Jiménez N° 630
Lima 1, Peru
Tel: +51-1 219 0630
www.basf-cc.com.pe

ANEXO 07: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 13. Proceso de mezclado



Figura 14. Desencofrado y codificación de los especímenes de concreto

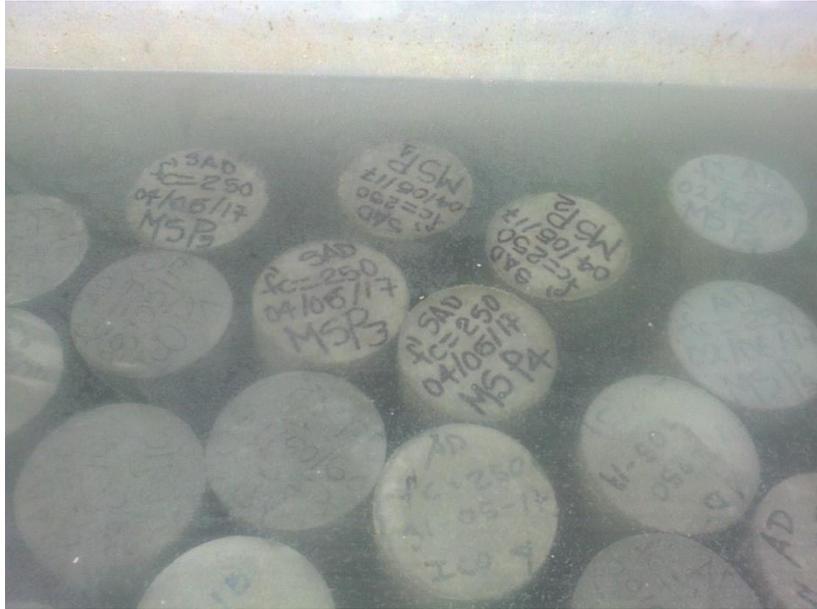


Figura 15. Curado de los especímenes de concreto.



Figura 16. Especímenes de concreto para ser ensayados a compresión axial



Figura 17. Ensayo a compresión axial de los especímenes de concreto



Figura 18. Modo de falla de los especímenes de concreto