

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



TESIS:

**“INFLUENCIA DEL ADITIVO Z FLUIDIZANTE SR-1000 EN PAVIMENTOS
RÍGIDOS A EDADES TEMPRANAS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA”**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACH. LEINER GUERRERO GONZALES

Asesor:

DR. ING. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS.

CAJAMARCA – PERÚ

-2024-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- 1. Investigador:** LEINER GUERRERO GONZÁLES
DNI: 45567546
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
- 2. Asesor:** DR. ING. MAURO AUGUSTO CENTURIÓN VARGAS
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
- 5. Título de Trabajo de Investigación:**
"INFLUENCIA DEL ADITIVO Z FLUIDIZANTE SR-1000 EN PAVIMENTOS RÍGIDOS A EDADES TEMPRANAS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"
- 6. Fecha de evaluación:** 24 de febrero del 2024
- 7. Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- 8. Porcentaje de Informe de Similitud:** 18 %
- 9. Código Documento: oid:3117:334829938**
- 10. Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11 de marzo del 2024

 <hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas DNI: 26604421</p>	 <p>Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258601 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 11/03/2024 18:52:58-0500</p> <hr/> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>
--	--

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a mis padres, quienes han sido mis principales fuentes de motivación durante todo este proceso al creer en mí y en mis capacidades. También, quiero expresar mi gratitud hacia la vida por concederme este nuevo logro, así como hacia todas las personas que me apoyaron y confiaron en la finalización de este proyecto de investigación.

DEDICATORIA

Dedicado con un profundo cariño a mi familia, quienes, mediante su amor, paciencia y dedicación, han desempeñado un papel fundamental en la realización de un sueño más en mi vida. Les agradezco por haberme transmitido el valioso ejemplo de esfuerzo y coraje, así como por enseñarme a enfrentar las adversidades sin temor, sabiendo que siempre tengo a Dios a mi lado como compañero, su apoyo ha sido inestimable en mi camino hacia el éxito.

Leiner Guerrero Gonzales

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Formulación del problema.....	16
1.3 Hipótesis general de investigación	16
1.4 Justificación de la investigación	16
1.5 Alcances y Delimitación de la Investigación	17
1.6 Limitaciones	17
1.7 Objetivos.....	17
1.7.1 Objetivo General.....	17
1.7.2 Objetivos Específicos	17
1.8 Descripción de contenido de los capítulos	18
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes Teóricos.....	20
2.1.1 Antecedentes Internacionales	20
2.1.2 Antecedentes Nacionales	22
2.1.3 Antecedentes Locales	24
2.2 Bases Teóricas	24
2.2.1 Concreto	24
2.2.2 Fast Track	26
2.2.3 Componentes del concreto.....	31
2.2.4 Agregados.....	35
2.2.4.1. Agregado fino	36
2.2.4.2. Agregado grueso.....	37
2.2.5 Características físicas de los agregados.....	40
2.2.5. Agua.....	47
2.2.6. Aditivos	49
2.2.6 Aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000	50
2.2.7 Pavimentos	52

2.2.8	Pavimento incluidos en el manual son los siguientes.....	53
2.2.7.	Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido	54
2.2.7.1.	Trabajabilidad.....	55
2.2.7.2.	Consistencia.....	57
2.2.7.3.	Segregación	58
2.2.7.8.	Peso unitario	60
2.2.9	Diseño de mezclas	64
2.3	Definición de Términos Básicos.....	65
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO.....		67
3.1	Localización del Proyecto	67
3.1.1	Ubicación Geográfica de la Investigación.....	67
3.1.2	Ubicación Geográfica del Origen de los Agregados	68
3.2	Tiempo y Época de la Investigación.....	68
3.3	Metodología de la investigación.....	69
3.3.1	Tipo, Nivel, Diseño y Metodología de la Investigación.....	69
3.3.2	Variables.....	69
3.3.3	Población de Estudio	69
3.3.4	Muestra	70
3.3.5	Unidad de Análisis.....	70
3.4	Procedimiento de la investigación.....	70
3.4.1	Cantera de estudio.	70
3.4.2	Propiedades de los Agregados.....	71
3.4.3	El cemento utilizado.	73
3.4.4	Agua.	74
3.4.5	Diseños de mezcla	74
3.4.6	Peso Unitario del concreto en estado fresco.....	75
3.4.7	Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto	75
3.5	Presentación de Resultados	76
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		83
3.6	Análisis y discusión de resultados de los agregados	83
3.6.1	Propiedades físicas y mecánicas de los agregados	83
3.7	Análisis y discusión de resultados de la Mezcla de Concreto.	84
3.8	Análisis y discusión de resultados del concreto.	85
3.8.1	Propiedades del concreto fresco	85
3.8.2	Propiedades del concreto endurecido	86

3.9	Contrastación de la Hipótesis	86
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		87
4.1	Conclusiones.....	87
4.2	Recomendaciones	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		89
ANEXOS.....		95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Se presentan los compuestos fundamentales, sus fórmulas químicas, y sus abreviaturas.	33
Tabla 2 Granulometría del agregado fino (NTP 400.037)	37
Tabla 3 Requerimientos granulométricos del agregado grueso (NTP 400.037)	39
Tabla 4 Límites máximos permisibles de concentración de sustancias en el agua (NTP 339.088).....	48
Tabla 5 Características de los agregados.....	76
Tabla 6 Materiales de diseño y corregidos por humedad para el concreto patrón.	76
Tabla 7 Materiales para el concreto con 0.2 % de aditivo (Z FLUIDIZANTE SR-1000)....	77
Tabla 8 Materiales para el concreto con 0.5 % de aditivo (Z FLUIDIZANTE SR-1000).....	77
Tabla 9 Materiales para el concreto con 1 % de aditivo (Z FLUIDIZANTE SR-1000).....	77
Tabla 10 Materiales para el concreto con 1.5 % de aditivo (Z FLUIDIZANTE SR-1000)....	78
Tabla 11 Slump del concreto.....	78
Tabla 12 Temperatura del concreto.....	78
Tabla 13 Contenido de aire	79
Tabla 14 Peso unitario del concreto fresco	79
Tabla 15 Resistencia a la compresión a edad de 3días.....	80
Tabla 16 Resistencia a la compresión a edad de 5 días.....	81
Tabla 17 Resistencia a la compresión a edad de 7días.....	82
Tabla 18 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 /AASHTO T- 27/ MTC E 202.....	95
Tabla 19 Peso Específico del Agua.....	96
Tabla 20 Factor de calibración (f) del agregado grueso.....	97

Tabla 21 Peso Unitario Suelto agregado Grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203).	97
Tabla 22 Peso Unitario Compactado Agregado Grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203).	97
Tabla 23 Peso Específico Agregado Grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021..	98
Tabla 24 Absorción (%) Agregado Grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021....	98
Tabla 25 Contenido de Humedad (%) Agregado Grueso - A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185.	98
Tabla 26 Ensayo de Abrasión Agregado Grueso - / NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207.....	99
Tabla 27 Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Grueso.	99
Tabla 28 Análisis Granulométrico del Agregado fino: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202.....	99
Tabla 29 Factor de calibración (f) del agregado fino	100
Tabla 30 Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203).	101
Tabla 31 Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203).....	101
Tabla 32 Peso Específico /NTP 400.022/ A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203..	101
Tabla 33 Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.	102
Tabla 34 Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185.....	102
Tabla 35 Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Fino.....	102
Tabla 36 Cálculo del peso específico del agua.....	113
Tabla 37 Cálculo del factor f.	113
Tabla 38 Peso unitario del concreto fresco - Diseño Patrón.	113

Tabla 39 Peso unitario del concreto fresco – Dosificación 0.20% de aditivo.....	114
Tabla 40 Peso unitario del concreto fresco – Dosificación 0.50% de aditivo.....	114
Tabla 41 Peso unitario del concreto fresco – Dosificación 1.00% de aditivo.....	114
Tabla 42 Peso unitario del concreto fresco – Dosificación 1.50% de aditivo.....	115
Tabla 43 Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 3 días.	116
Tabla 44 Resistencia a la compresión del concreto con adición de 0.2% de aditivo edad de 3 días.	116
Tabla 45 Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5% de aditivo a edad de 3 días.	117
Tabla 46 Resistencia a la compresión del concreto con adición 1% aditivo a edad de 3 días.	117
Tabla 47 Resistencia a la compresión del concreto con adición 1.5 % aditivo a edad de 3 días.	118
Tabla 48 Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 5 días.	118
Tabla 49 Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.2% aditivo a edad de 5 días.	119
Tabla 50 Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5 % aditivo a edad de 5 días.	119
Tabla 51 Resistencia a la compresión del concreto con adición 1% aditivo a edad de 5 días.	120
Tabla 52 Resistencia a la compresión del concreto con adición 1.5% aditivo a edad de 5 días.	120
Tabla 53 Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 7 días.	121
Tabla 54 Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.2% aditivo a edad de 7 días.	121

Tabla 55 Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5 % aditivo a edad de 7 días.	122
Tabla 56 Resistencia a la compresión del concreto con adición 1 % aditivo a edad de 7 días.	122
Tabla 57 Resistencia a la compresión del concreto con adición 1.5 % aditivo a edad de 7 días.	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del Concreto (Nina y Condori, 2018)	25
Figura 2 Variación de las proporciones usadas en el concreto en volumen absoluto (Kosmatka et al .,2004)	26
Figura 3 Proceso de elaboración del Ensayo de Asentamiento.....	57
Figura 4 Medidor de aire por el método a presión	60
Figura 5 Comparación entre resistencia de siete días y relación agua/cemento para concreto hecho con cemento portland de endurecimiento rápido.....	63
Figura 6 Ubicación de donde se realizó la investigación.....	67
Figura 7 Ubicación de la cantera Chilete	68
Figura 8 Distribución de la muestra de estudio.....	70
Figura 9 Gráfica Resistencia a la compresión a edad de 3días.	80
Figura 10 Gráfica Resistencia a la compresión a edad de 5 días.	81
Figura 11 Gráfica Resistencia a la compresión a edad de 7días.	82
Figura 12 Curva Granulométrica del Agregado Grueso.	96
Figura 13 Curva granulométrica de agregado fino	100
Figura 14 Extracción de agregado grueso cantera chilete.....	128
Figura 15 Extracción de agregado fino cantera chilete	128
Figura 16 Peso específico del agregado grueso.	129
Figura 17 Absorción y Peso específico del agregado fino.	129
Figura 18 Peso unitario seco compactado del agregado grueso.....	130
Figura 19 Peso unitario suelto del agregado grueso.....	130
Figura 20 Diseño del concreto patrón	131
Figura 21 Slump del concreto Patrón.....	131
Figura 22 Slump del concreto con 0.2% de aditivo.	132

Figura 23 Slump del concreto con 0.5% de aditivo.	132
Figura 24 Slump del concreto con 1% de aditivo.	133
Figura 25 Slump del concreto con 1.5% de aditivo.	133
Figura 26 Temperatura del concreto fresco	134
Figura 27 Peso unitario del Concreto en estado fresco	134
Figura 28 Contenido de aire del concreto en estado fresco	135
Figura 29 Ensayos de compresión para los especímenes de concreto.	135

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia del aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 en el desarrollo de la resistencia a compresión a edades tempranas de 3, 5 y 7 días. Para el diseño de mezcla se utilizó el método del módulo de finura para una resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, con adiciones de aditivo en concentraciones del 0.2%, 0.5%, 1.0% y 1.5% respecto al peso del cemento. La cuantificación de estos cambios se obtuvo realizando un total de 75 probetas, validando nuestra hipótesis y concluyendo que el aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 tiene un efecto positivo en el desarrollo temprano de la resistencia a la compresión, obteniendo que, para un concreto estándar se obtuvo las resistencias promedio de 240.93 kg/cm^2 , 273.33 kg/cm^2 y 302.93 kg/cm^2 , respectivamente, y para un concreto con concentración de 0.2 % se obtuvo una resistencia promedio de 269.78 kg/cm^2 , 298.07 kg/cm^2 y 321.06 kg/cm^2 , para 0.5 %, se obtuvo 280.38 kg/cm^2 , 308.96 kg/cm^2 y 328.36 kg/cm^2 , para 1.0 %, se obtuvo 293.63 kg/cm^2 , 318.78 kg/cm^2 y 339.38 kg/cm^2 y para 1.5 %, se obtuvo 298.06 kg/cm^2 , 320.48 kg/cm^2 y 349.09 kg/cm^2 .

Palabras clave: Concreto, superplastificante, compresión, Z fluidizante SR-1000, pavimento.

ABSTRACT

The main objective of this research is to determine the influence of the additive Z FLUIDIZANTE SR-1000 on the development of compressive strength at early ages of 3, 5 and 7 days. For the mix design, the fineness modulus method was used for a resistance $f'c = 280$ kg/cm², with additive additions in concentrations of 0.2%, 0.5%, 1.0% and 1.5% with respect to the weight of the cement. The quantification of these changes was obtained by making a total of 75 test specimens, validating our hypothesis and concluding that the Z FLUIDIZING SR-1000 additive has a positive effect on the early development of compressive strength, obtaining that, for a standard concrete, obtained the average resistances of 240.93 kg/cm², 273.33 kg/cm² and 302.93 kg/cm², respectively, and for a concrete with a concentration of 0.2% an average resistance of 269.78 kg/cm², 298.07 kg/cm² and 321.06 kg/cm² was obtained, for 0.5%, 280.38 kg/cm², 308.96 kg/cm² and 328.36 kg/cm² were obtained, for 1.0%, 293.63 kg/cm², 318.78 kg/cm² and 339.38 kg/cm² were obtained and for 1.5%, 298.06 kg/cm², 320.48 kg/cm² and 349.09 kg/cm².

Keywords: Concrete, superplasticizer, compression, SR-1000 fluidizing Z, pavement.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En la construcción de carreteras y pavimentos, la fase de puesta en servicio es un hito crucial que marca la transición de la infraestructura desde la etapa de construcción hacia su uso y beneficio para la comunidad. Sin embargo, en numerosos casos, esta fase se ve obstaculizada por una serie de factores y desafíos, la baja resistencia inicial del concreto utilizado, provoca retrasos significativos en la apertura de las vías de acceso, generando congestión del tráfico e impactos adversos (Báez, 2018). Esto nos llevó a investigar y buscar materiales que nos ayuden a obtener un concreto que cumpla con la resistencia deseada a una edad temprana y mantenga su funcionalidad durante un período de tiempo adecuado sin tener impacto significativo en la movilidad, la economía y la seguridad de las personas.

El aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 se utiliza para promover una alta resistencia inicial en el concreto. Este aditivo es diseñado para mejorar las propiedades del concreto fresco y endurecido, contribuyendo a un desarrollo temprano de la resistencia a la compresión (Calla Salcedo 2017)

La adición de aditivos Z FLUIDIZANTE SR-1000 en el concreto se presenta como una alternativa muy importante para lograr una adecuada resistencia inicial y hacer de esta manera que la puesta a servicio sea más rápida con una mínima alteración del tráfico. Con la adecuada aplicación del aditivo y las técnicas de curado adecuadas, es posible obtener resistencias que permitan poner en servicio el pavimento en un plazo de 24 horas (Bendezu Castañeda, 2015).

Es por ello que, mediante la experimentación, evaluamos la resistencia a la compresión de un concreto con aditivos Z FLUIDIZANTE SR-1000 a edades tempranas de 3, 5 y 7 días con materiales de uso regular en la Ciudad de Cajamarca y poder mejorar el servicio de las

obras viales, optimizando los procesos constructivos, evitando impactos negativos en la circulación vehicular y peatonal, así como la calidad de vida en la comunidad.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la influencia del aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 en la resistencia a compresión a edades tempranas en la ciudad de Cajamarca?

1.3 Hipótesis general de investigación

El aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 acelera significativamente el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto a edades tempranas respecto al concreto patrón elaborado sin aditivo.

1.4 Justificación de la investigación

La investigación se enfocó en aportar nuevos conocimientos, a través del análisis del impacto del aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 en los pavimentos rígidos durante sus primeras etapas de endurecimiento; siendo un aditivo superplastificante de tercera generación altamente eficaz tanto para concretos como para morteros, apto para la producción de concreto en obra como para concreto premezclado, acortando el tiempo necesario para que los pavimentos rígidos estén listos para su uso; manteniendo y/o mejorando sus propiedades de acuerdo a los parámetros requeridos.

En Cajamarca, es evidente que la mayoría de los pavimentos requieren un tiempo prolongado para su puesta a servicio, lo que dificulta el desarrollo local. Por esta razón, el propósito de la investigación es abordar este problema y contribuir con información para mejorar los procesos constructivos. Una solución potencial es la incorporación del aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000, basándose en investigaciones previas que han demostrado su capacidad para reducir la cantidad de agua necesaria y mejorar la cohesión del concreto, lo que podría agilizar considerablemente el proceso de construcción de los pavimentos rígidos.

1.5 Alcances y Delimitación de la Investigación

En la investigación se buscó evaluar la resistencia a compresión de un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cemento portland tipo I, agregados de río (Cantera Chilete-Contumazá-Cajamarca), agua potable y aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 en porcentajes de 0.2 %, 0.5 %, 1.0 % y 1.5 % respecto al peso del cemento. La dosificación de materiales se llevó a cabo utilizando el método del módulo de finura. Los porcentajes de aditivo se consideró por antecedentes encontrados en investigaciones y criterio personal, donde un porcentaje menor a 0.2% no genera cambios significativos en la resistencia.

Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron en el laboratorio Guersan Ingenieros, en probetas de 6x12 pulgadas a edades de 3, 5 y 7 días siguiendo las especificaciones de las normas NTP y ASTM.

1.6 Limitaciones

En la presente investigación no se consideró la resistencia a flexión del concreto. Los resultados son válidos solo para los agregados de la Cantera Chilete-Contumazá-Cajamarca, Cemento portland tipo I y aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

- Determinar la influencia del aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 en la resistencia a compresión a edades tempranas en la ciudad de Cajamarca

1.7.2 Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados.

- Determinar el diseño de mezcla de concreto hidráulico para una resistencia a la compresión de 280 kg/cm^2 donde se utilizó aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 en porcentajes de 0.2%, 0.5%, 1% y 1.5% del peso del cemento de mezcla.
- Determinar el asentamiento, temperatura, contenido de aire y peso unitario del concreto fresco con adición de aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 en la resistencia a compresión a edades tempranas en la ciudad de Cajamarca
- Determinar la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto hidráulico con adición de aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000.

1.8 Descripción de contenido de los capítulos

• Capítulo I: Introducción

Se presentó la contextualización, descripción, planteamiento y formulación del problema, la hipótesis general, la justificación de la investigación, los alcances y limitaciones, los objetivos y la descripción de los contenidos.

• Capítulo II: Marco teórico

Se describió las investigaciones relacionadas con el tema, tanto a nivel internacional, nacional y local; también se exponen las bases teóricas y se definen los términos básicos.

• Capítulo III: Materiales y métodos

Se enfocó en la descripción de la ubicación del proyecto, el período de investigación, la metodología utilizada, el procedimiento empleado, el proceso de los ensayos y las técnicas e instrumentos utilizados para la recopilación de datos.

- **Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados**

Se realizó un análisis detallado y se discuten los resultados obtenidos a partir de los ensayos efectuados en el laboratorio, teniendo en cuenta también los datos disponibles en la literatura científica relevante.

- **Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones**

Las conclusiones se derivan de los objetivos planteados en la investigación. Además, se ofrecen recomendaciones para continuar mejorando la comprensión y el conocimiento en relación al tema de estudio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Teóricos

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Según C. Wang et al. (2023) en su investigación "**Influence of accelerating admixtures on high early strength cement performance using heat curing method**" (**Influencia de los aditivos aceleradores en el rendimiento del cemento de alta resistencia inicial utilizando el método de curado por calor**), Esta investigación se centró en el uso de aditivos, incluyendo aceleradores de fraguado y endurecedores, para lograr concreto de alta resistencia inicial. La investigación se lleva a cabo utilizando el método de curado por calor, con aplicaciones en el mantenimiento de pavimentos rígidos y la fabricación de concreto prefabricado. De acuerdo con los resultados de resistencia a la compresión de la combinación de dos aceleradores a una temperatura de curado de 50 °C, podría indicar que el método de curado por calor aceleró significativamente el desarrollo de la resistencia a la compresión de las pastas de cemento desde el inicio del curado hasta aproximadamente 8 h de curado. A las 4 h de curado, los métodos de curado 1, 2, 3, 4 lograron 214 %, 304 %, 298 % y 302 % de resistencia a la compresión respectivamente. A un curado de 23 °C, pero solo lograron 70 %, 74.0 %, 72,4 % y 73,5 % de resistencia a la compresión, respectivamente, en comparación con aquellos a una temperatura de curado de 50 °C. A las 8 h de curado, los métodos de curado 1, 2, 3, 4 lograron 203 %, 223 %, 231 % y 233 % de resistencia a la compresión respectivamente en comparación con aquellos a una temperatura de curado de 23 °C, pero solo lograron 87 %, 95,5 %, 98,8 % y 99,8 % de resistencia a la compresión, respectivamente, en comparación con aquellos a una temperatura de curado de 50 °C. Por lo tanto, este resultado indicó que, con un período de curado más largo, se redujo el efecto de aceleración del calor curado sobre el desarrollo de la resistencia a la compresión.

Cristian Eduardo (2017) en su tesis "**Técnica de rápida habilitación al tránsito en pavimentos rígidos fast-track**", Chile. La técnica de Rápida Habilitación al Tránsito (Fast-Track) surgió como respuesta a la necesidad de realizar reparaciones o reemplazar losas de pavimento en un tiempo reducido, especialmente cuando se enfrentan altos flujos de tráfico. La clave de esta técnica radica en una planificación y logística precisas, así como en la utilización de materiales de alta resistencia en la composición del hormigón. Mientras que el hormigón convencional requiere entre 5 y 15 días para alcanzar su resistencia designada, el hormigón Fast-Track logra esta resistencia en cuestión de horas. Aunque es importante destacar que el hormigón Fast-Track suele ser más costoso que el utilizado en pavimentos tradicionales, implicando una inversión hasta un 33% mayor en el proyecto, sus ventajas son notables. Esta técnica permite reducir significativamente los plazos de ejecución y la interrupción del tráfico en un tercio o incluso en un cuarto del tiempo requerido en procesos convencionales. Además, ofrece un hormigón con propiedades finales superiores en resistencia tanto a la compresión como a la flexotracción.

Kosar et al., (2023) en su investigación "**Onsite strength determination for early-opening decision making of high early strength concrete pavement**" (**Determinación de resistencia in situ para apertura anticipada toma de decisiones de alta fuerza temprana pavimento de hormigón**) en USA; Se llevó a cabo pruebas no destructivas, como madurez y tomografía ultrasónica, con el fin de obtener estimaciones rápidas y fiables de la resistencia in situ del concreto. Se construyó una sección experimental utilizando concreto de alta resistencia temprana (HES) y se la monitoreó de manera regular durante las primeras 24 horas posteriores a la construcción. La velocidad de las ondas cortantes, medida a través de la tomografía ultrasónica, permitió capturar la variabilidad en la ganancia de resistencia tanto dentro de una misma losa como entre diferentes losas, gracias a su capacidad para monitorear múltiples ubicaciones en un corto período de tiempo. En las primeras 24 horas de seguimiento, los

resultados de madurez resultaron ser conservadores de manera constante. Estos hallazgos indican que tanto las pruebas de madurez como la tomografía ultrasónica pueden reemplazar o complementar las pruebas convencionales de resistencia en el caso del concreto HES utilizado en aceras. La tomografía ultrasónica se destacó debido a su portabilidad, rapidez en las pruebas y capacidad para proporcionar estimaciones precisas de la resistencia del concreto HES en toda la extensión del pavimento.

Fernández Sanzana (2016) **“Diseño de hormigones fast track grado hf 4,2 a edades de 3 y 7 días con incorporación de aditivo plastificante”**. Chile. El objetivo de esta investigación fue agilizar la entrega de obras diseñando mezclas que permitan la producción independiente de concretos Fast-Track con resistencias a la flexotracción de 4,2 MPa o superiores al 75% de ese valor para edades de 3 y 7 días, respectivamente. Según los resultados obtenidos, el diseño seleccionado para las mezclas de concreto implica la adición de un 0,625% de aditivo plastificante Sika Plastimix 300. Se utilizan cementos de alta resistencia tipo Portland Puzolánico para concretos de 3 días de edad y Portland Puzolánico de grado corriente para los de 7 días, a una proporción de 439 kg/m³ de concreto, con una relación agua/cemento de 0,41. En cuanto a la trabajabilidad, el asentamiento del cono en los concretos es de aproximadamente 18-19 cm. Además, los áridos deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma NCh 163, y su dosificación se determina mediante el método "Faury-Joisel".

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Calla Salcedo (2017) en su investigación **“Concreto fast track con aditivos superplastificante y acelerante de resistencias iniciales con cemento portland tipo HE”**, Juliaca, Puno. Se llevó cabo diseños de concreto estándar y concreto Fast Track con el propósito de comparar sus resistencias. Se fabricaron briquetas de concreto para obtener resultados cuantitativos: 36 briquetas de 6”x12” y 104 briquetas de 4”x8”, que se sometieron a ensayos de compresión simple a los 2, 3, 7 y 28 días. Los resultados mostraron que, en un plazo

de 72 horas, el concreto estándar alcanzó una resistencia promedio a la compresión de 158,43 kg/cm², mientras que el concreto Fast Track logró una resistencia de 286,95 kg/cm². Esto permitió la apertura al tráfico del pavimento de concreto de manera temprana. Se logró desarrollar un concreto Fast Track con una alta resistencia en las etapas iniciales, lo que facilita la rápida puesta en servicio de pavimentos rehabilitados. Este enfoque redujo significativamente los plazos de construcción en un 89,29%, lo que a su vez disminuyó la congestión vehicular y las molestias asociadas a los procesos de construcción.

Carhuaricra Santos & Rodríguez Palacios (2022) en su investigación **“Análisis del concreto Fast Track aplicado en la reparación de pavimentos rígidos para la evaluación de las propiedades mecánicas, Pucallpa 2022”, Perú**. El objetivo principal fue determinar en qué medida el concreto Fast Track beneficia en la rápida habilitación de pavimentos rígidos en comparación con el concreto convencional, la metodología empleada en esta investigación fue de tipo deductivo-analítico con un enfoque cuantitativo y aplicado. El diseño experimental se consideró preexperimental y se trabajó con una población de 30 muestras, utilizando la técnica de observación directa, los resultados obtenidos indican que el uso de microsílíce contribuyó de manera significativa a la maduración temprana del concreto, lográndose a las 8 horas de fraguado, e concluye que los materiales del concreto fast track generan resultados relevantes para una rápida habilitación de pavimentos rígidos.

Pucutuni Yapura & Arias Aquino (2019) en su tesis **“Diseño de concreto Fast Track con fines de uso para rehabilitación de pavimentos rígidos en la ciudad de Juliaca”, Perú**. El propósito de este estudio fue desarrollar un diseño de concreto tipo fast track (con fraguado inicial rápido) capaz de alcanzar la resistencia a la compresión requerida en tan solo 24 horas. Para lograr este objetivo, hemos empleado dos aditivos: un acelerante de fraguado (Master XSeed-100) y un superplastificante (Master Glenium SCC3800), en tres diferentes proporciones: (2% AC + 0.5% SP), (3% AC + 0.5% SP) y (4% AC + 0.5% SP). Además, hemos

mantenido una relación agua/cemento de 0.45, que se considera apropiada para diseños de concreto en climas fríos o extremos. A partir de los resultados de los ensayos realizados, se ha comprobado que los diseños de concreto fast track, numerados como 1, 2 y 3, alcanzaron resistencias promedio a la compresión de 154.47 kg/cm², 167.14 kg/cm² y 211.52 kg/cm², respectivamente. De estos resultados, se puede concluir que el diseño número 3 satisface el objetivo de la investigación, ya que su resistencia promedio alcanza el 100.72%. En resumen, hemos logrado desarrollar un diseño de concreto fast track que cumple con la resistencia de diseño requerida, $f'_c=210$ kg/cm², en tan solo 24 horas. Para lograr esto, se incorporó un 4% de aditivo acelerante de fraguado en relación al peso del cemento, y esta dosificación alcanzó una resistencia promedio de 212.12 kg/cm².

2.1.3 Antecedentes Locales

A la fecha no se encontró con investigaciones publicadas relacionadas directamente con nuestro tema.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Concreto

La tecnología moderna del concreto identifica cuatro componentes esenciales para este material: cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos, junto con el aire como elemento pasivo. Aunque en la definición tradicional, los aditivos se consideraban opcionales, en la práctica global contemporánea, se han convertido en un ingrediente estándar debido a la evidencia científica que respalda su uso para mejorar las condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto. A largo plazo, esta opción se revela como una solución más rentable, considerando el ahorro en mano de obra y equipos de colocación y compactación, así como en los costos de mantenimiento, reparaciones y, incluso, en la reducción del consumo de cemento (Pascal Carbajal, 2019).

Figura 1

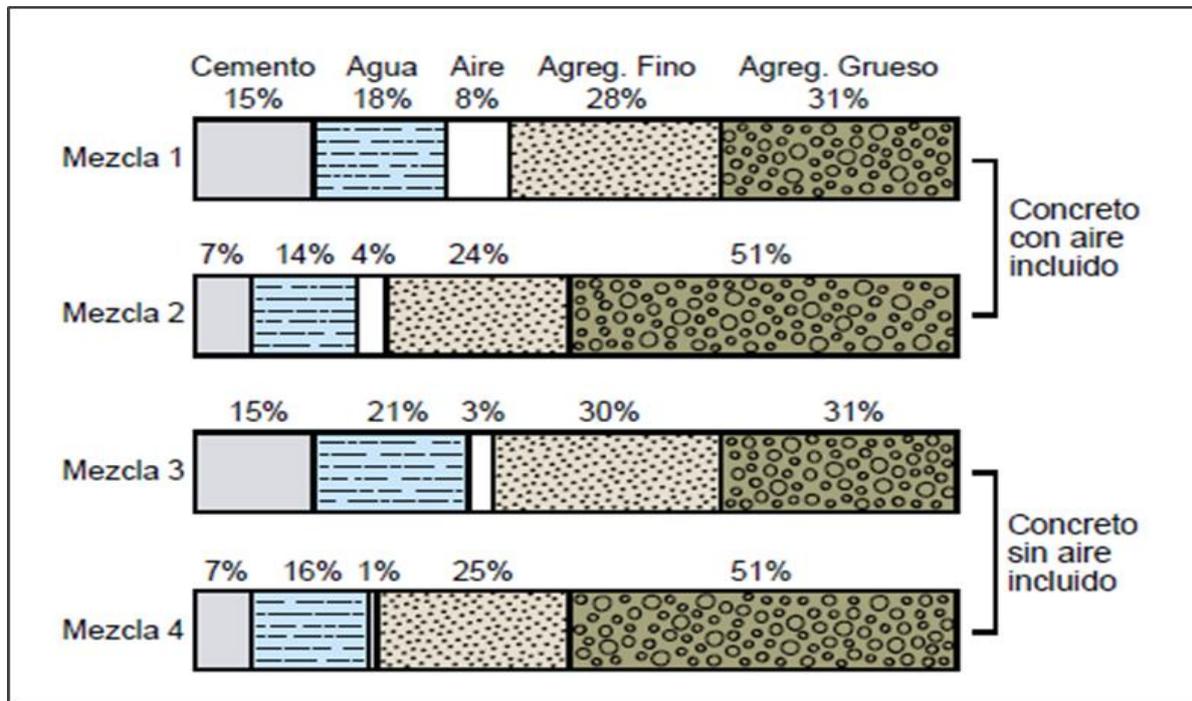
Componentes del Concreto (Nina y Condori, 2018)

Aire = 1 % a 3 %
Cemento = 7 % a 15 %
Agua = 15 % a 22 %
Agregados = 60 % a 75 %

El concreto es un material compuesto en el cual el aglomerante principal es el cemento Portland, mientras que las partículas adicionales consisten generalmente en arena y grava. La preparación de la mezcla se lleva a cabo en presencia de agua y, en algunas ocasiones, se introducen aditivos para conferir propiedades específicas. Este material se destaca por su impresionante durabilidad, su alta resistencia a la compresión y su relativamente baja resistencia a la tracción. Precisamente por esta razón, en la planificación de las construcciones, se incorporan estructuras internas de acero para afrontar las fuerzas de tensión. Las propiedades mecánicas y la resistencia final del concreto están intrínsecamente ligadas a los componentes utilizados en la mezcla, sus proporciones y el control preciso del proceso de endurecimiento (Cordero Estévez et al.,2019).

Figura 2

Variación de las proporciones usadas en el concreto en volumen absoluto (Kosmatka et al., 2004)



Nota: Las barras 1 y 3 representan mezclas ricas con agregados de pequeño tamaño. Las barras 2 y 4 representan mezclas pobres con agregados gruesos grandes

2.2.2 Fast Track

El pavimento "fast track" se convierte en un aliado crucial en lo que respecta al factor tiempo, ya que favorece la rápida adquisición de resistencia mecánica en proyectos de reparación o construcción de carreteras y losas. Esto posibilita poner en servicio el pavimento en tan solo 24 horas desde su instalación, con un notable incremento en su capacidad de resistencia (CEMEX, 2023).

El Concreto Fast Track, más conocido como Concreto para pavimentos de tránsito rápido, se caracteriza por su alta resistencia inicial, lo que facilita el logro de las resistencias requeridas en etapas tempranas. Esta innovación surge de la necesidad de poner a disposición del público reparaciones o reconstrucciones de carreteras en el menor tiempo posible,

agilizando así los trabajos en pavimentos rígidos de gran impacto en la movilidad vial. Su aplicación se centra principalmente en pavimentos urbanos y comerciales, pero también se utiliza en la pavimentación de tramos de carretera y aeropuertos, donde se exige una rápida puesta en servicio (Fernández Sanzana, 2016)

2.2.2.1 Características del concreto Fast Track.

Por lo general, se trata de hormigones con una buena resistencia, caracterizados por tener una concentración relativamente alta de cemento por unidad de volumen (entre 360 y 450 Kg/m³). Para este tipo de hormigón, se utiliza preferentemente cemento de alta resistencia inicial y se busca mantener una relación baja entre agua y cemento, que sea inferior a 0.42. En situaciones donde se requiera que el hormigón adquiera resistencia temprana, es aconsejable aumentar la madurez del material en lugar de incrementar en exceso la cantidad de cemento, ya que esto podría provocar contracciones excesivas que afectarían la adherencia del hormigón (Pucutuni Yapura & Arias Aquino, 2019).

2.2.2.2 Beneficios del concreto Fast Track.

Se trata de un concreto que se produce mediante un proceso cuidadosamente monitorizado, haciendo uso de la tecnología más avanzada. Este concreto se caracteriza por someterse a un riguroso control de calidad de las materias primas, lo que le proporciona una serie de ventajas significativas:

- **Rápida Colocación:** Permite una instalación ágil y eficiente.
- **Mezcla Homogénea y Manejable:** La mezcla resultante es uniforme y fácil de trabajar.
- **Alta Durabilidad:** Esto se logra gracias al uso de bajas relaciones agua/cemento en el diseño.
- **Eficiencia:** Puede entrar en servicio en tan solo 24 horas.
- **Rendimiento:** Alcanza el 70% de su resistencia en 24 horas y llega al 100% en 28 días.

- Manejo: Su durabilidad se ve incrementada debido a la baja relación agua/cemento.

Este tipo de concreto se destaca por su calidad y rendimiento superior, lo que lo convierte en una elección ideal para proyectos que requieren resultados rápidos y duraderos.

2.2.2.3 Aplicaciones del Concreto Fast Track

Según Fernández Sanzana (2016) la pavimentación representa la principal aplicación de este tipo de concreto, y su ejecución requiere una cuidadosa planificación de la secuencia de construcción. El margen de error tolerable es considerablemente menor en comparación con el uso de concreto convencional. Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo ensayos de vertido como parte de la capacitación de los trabajadores, esto les permite familiarizarse con las características específicas de este tipo de concreto. Este concreto se utiliza en una variedad de situaciones donde se necesitan ciertas condiciones:

- Rápida Puesta en Servicio: Es esencial cuando se busca poner en uso una superficie de manera veloz.
- Reparación o Construcción de Calles o Avenidas Principales en Áreas de Alto Tráfico: Su resistencia inicial es especialmente beneficiosa en estas áreas de alta demanda.
- Encuentros de Vías con Alto Tráfico: Donde se necesita una solución duradera y rápida.

Construcción y Mantenimiento de Pisos Industriales: Ideal para suelos de alto rendimiento.

- Construcción y Reparación de Plataformas Aéreas: Ofrece una opción confiable para estas estructuras.
- Reparación y Construcción de Rutas y Autopistas: Su resistencia y rapidez son valiosas en proyectos viales.

Este tipo de concreto también encuentra aplicación en otros sectores diferentes al vial, siempre que la prioridad sea lograr una puesta en servicio rápida. Esto incluye la reparación y construcción de instalaciones de servicios públicos como líneas de gas, fibras ópticas, agua, entre otros.

2.2.2.4 Sugerencias en la construcción

Deza Guzmán & Yovera Capuñay (2016) El texto aborda la pavimentación utilizando hormigón Fast Track y resalta la importancia de una planificación precisa, dado su menor margen de error en comparación con el hormigón convencional. También se destaca la necesidad de realizar vertidos de prueba para entrenar a los trabajadores en las peculiaridades de este material. Un aspecto clave para alcanzar resultados óptimos radica en contar con un proveedor confiable capaz de suministrar consistentemente los volúmenes necesarios de hormigón. Mantener un flujo constante de suministro, aproximadamente de 50 a 60 metros cúbicos por hora, simplifica tareas adicionales como compactación, consolidación y el corte de juntas de contracción. Los equipos y materiales utilizados para el aserrado y sellado de juntas son convencionales. El tiempo necesario para el aserrado está directamente relacionado con el grado de endurecimiento del cemento y las condiciones ambientales. En el caso del sellado de juntas en el hormigón Fast Track, se lleva a cabo de manera más rápida gracias a la mayor resistencia inicial de este material y a la reducción de la humedad en las paredes de la junta. Esta combinación de factores contribuye a acelerar el proceso de pavimentación de manera efectiva y eficiente.

2.2.2.5 Curado y protecciones

Después de finalizar la superficie de concreto, resulta fundamental llevar a cabo el proceso de curado para controlar la pérdida de humedad y promover la hidratación, lo cual contribuye a incrementar tanto la resistencia como la adherencia del material. Esto implica la

aplicación completa de un producto protector. En entornos fríos, se recomienda el uso de cobertores aislantes para acelerar el desarrollo de la resistencia. En cuanto a los cortes de juntas, deben realizarse tan pronto como el concreto alcance la consistencia adecuada sin ocasionar daños. Para el curado del concreto Fast Track, existen varias opciones disponibles, como el uso de membranas de curado, aditivos específicos o mantas térmicas. Estas alternativas permiten adaptar el proceso de curado a las necesidades específicas del proyecto y a las condiciones ambientales, garantizando así resultados óptimos en términos de resistencia y durabilidad del pavimento (Fernández Sanzana, 2016).

2.2.2.6 Precauciones

Según (Cemex, 2014) hay que tener en cuenta las siguientes precauciones:

- ✓ Validación de Apertura al Tráfico: Antes de permitir la apertura al tráfico en un plazo de 24 horas, es crucial que se obtenga la aprobación del diseñador, asegurándose de que la resistencia del concreto cumple con los requisitos de diseño.
- ✓ Medición de Resistencias Iniciales: Para medir las resistencias iniciales, se emplea el Método de la Madurez del concreto.
- ✓ Condiciones del Concreto en Proceso de Fragüado: No se debe vibrar, mezclar ni utilizar concreto que haya comenzado el proceso de fraguado. Esto es especialmente importante en caso de retrasos en la obra.
- ✓ Curado de Muestras: El proceso de curado de las muestras debe iniciarse en un plazo de 30 minutos después de retirar los moldes. Estas muestras deben sumergirse por completo y luego someterse a ensayos de resistencia.
- ✓ Criterio de Aceptación y Rechazo: El asentamiento del concreto es el criterio de aceptación y rechazo en la obra. Por lo tanto, se debe medir en cada carga dentro de los 15 minutos posteriores a la llegada del mezclador a la obra. El asentamiento debe evaluarse antes y después de aplicar el aditivo acelerante.
- ✓ Cumplimiento de Normas y Prácticas: Se debe cumplir con las normas, prácticas y recomendaciones establecidas para los procedimientos de colocación, vibrado, manejo, curado, protección y control del concreto en la obra.

- ✓ Alteraciones en el Diseño del Concreto: Cualquier adición de agua, cemento u otros aditivos en la obra alterará el diseño original del concreto. Esto debe evitarse para garantizar la consistencia y calidad del producto final.

2.2.3 Componentes del concreto

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento con o sin adiciones, agua, agregados fino y grueso y aditivos, estos componentes se mezclan en proporciones específicas de acuerdo con el diseño y las especificaciones del proyecto de construcción para obtener el tipo de concreto deseado. El proceso de mezcla y curado adecuado es esencial para asegurar la calidad y durabilidad del concreto final (Instituto Nacional de Vías, 2015)

2.2.3.1 Cemento

El concreto es un material sólido que presenta similitudes con la piedra, se obtiene mediante una mezcla adecuada de cemento, agregados (como piedra y arena), agua y, en algunos casos, aire. A diferencia de las piedras, el concreto puede ser moldeado según las dimensiones requeridas, para lograr estas dimensiones específicas, se emplean moldes o encofrados. (Ortega Garcia, 2015).

En el contexto de la construcción, el término "cemento" se refiere específicamente a los materiales aglutinantes utilizados en combinación con piedra, arena, ladrillos, bloques y otros elementos similares. Los principales componentes de estos cementos son compuestos de cal, lo que significa que en el ámbito de la construcción y la ingeniería civil, se trabaja principalmente con cementos calcáreos, los cementos utilizados en la elaboración del concreto tienen la propiedad de fraguar y endurecer cuando están en contacto con o sumergidos en agua, gracias a una reacción química que ocurre entre el cemento y el agua, por esta razón, se les denomina cementos hidráulicos, los cementos hidráulicos están compuestos principalmente por silicatos y aluminatos de cal. En términos generales, se pueden clasificar en tres categorías: cementos naturales, cementos Portland y cementos de alta alúmina, estas clasificaciones son

fundamentales para determinar las propiedades y características del concreto utilizado en proyectos de construcción e ingeniería civil, ya que cada tipo de cemento tiene sus aplicaciones específicas y ofrece distintos niveles de resistencia y durabilidad (Neville, 2013)

Rivva (2000) afirma que el cemento representa el componente más influyente en el concreto y, por lo general, implica el mayor costo por unidad, dado que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus ingredientes, la elección y el uso apropiado del cemento son cruciales para lograr de manera eficiente las características deseadas en una mezcla particular. Esto implica que seleccionar el tipo y la calidad correctos de cemento es esencial para alcanzar los resultados deseados de manera rentable en cualquier proyecto de concreto.

2.2.3.2 Cemento Pórtland

Este producto se forma al moler el clinker Portland junto con la incorporación de una o más variantes de sulfato de calcio, es permitido agregar otros elementos, siempre y cuando su inclusión no tenga un impacto negativo en las características del cemento final, todos los componentes adicionales deben ser molidos conjuntamente con el clinker (Rivera L, 2013).

Se obtiene cemento hidráulico mediante la molienda del clinker de Portland, que en su mayoría consiste en silicatos de calcio hidráulicos, en el proceso de molienda, por lo general se añade una o más formas de sulfato de calcio como aditivos para mejorar las propiedades del producto final (NTP 334.001, 2001)

2.2.3.3 Composición química del cemento portland

El cemento es una combinación de múltiples compuestos, lo que hace que su representación mediante una fórmula química sea impracticable. Durante el proceso de calcinación en la producción del clinker utilizado en los cementos Portland, el óxido de calcio reacciona con los componentes ácidos de la materia prima, generando cuatro compuestos

esenciales que componen aproximadamente el 90% del peso del cemento. Además de estos, se encuentran presentes yeso y otros materiales (Abanto Castillo, 2009)

Tabla 1

Se presentan los compuestos fundamentales, sus fórmulas químicas, y sus abreviaturas. (Abanto C.,2009)

NOMBRE	FÓRMULA	ABREVIATURA
Silicato tricálcico	3CaO SiO_2	C_3S
Silicato dicálcico	2CaO SiO_2	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Alúmino ferrito tetracálcico	$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

2.2.3.4 Clasificación del cemento Pórtland

Los cementos Portland se fabrican en cinco tipos, y sus propiedades se han estandarizado según las especificaciones de la norma ASTM para cemento Portland (C 150).

Aquí se describen estos tipos:

- **Tipo I:** Este cemento se utiliza en proyectos de concreto en general cuando no se especifica otro tipo de cemento. Es versátil y adecuado para una amplia gama de aplicaciones.
- **Tipo II:** Diseñado para proyectos de concreto en general y para obras que estarán expuestas a una moderada acción de sulfatos o que requieren una liberación moderada de calor durante el proceso de hidratación.
- **Tipo III:** Conocido por su alta resistencia inicial, este cemento Portland tipo III es ideal cuando se necesita que el concreto desarrolle una resistencia significativa en un corto período de tiempo. En solo tres días, el concreto hecho con este tipo de

cemento alcanza la resistencia que el concreto hecho con cemento tipo I o tipo II lograría en 28 días.

- **Tipo IV:** Este cemento se elige cuando se busca una liberación mínima de calor durante la hidratación. Es útil en aplicaciones donde el control del calor generado durante el proceso de fraguado es crucial.
- **Tipo V:** Este tipo de cemento se selecciona en situaciones donde se requiere una alta resistencia a la acción de los sulfatos. Sus aplicaciones típicas incluyen estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras sujetas a la corrosión por agua de mar.

Estos diferentes tipos de cemento Portland permiten adaptar el material de construcción a las necesidades específicas de cada proyecto, garantizando así un rendimiento óptimo y durabilidad en una variedad de condiciones y aplicaciones.

La Norma ASTM C-1157 categoriza los cementos Portland adicionados en varias clases:

- Tipo MS: Cemento Portland con moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo HS: Cemento Portland con alta resistencia a los sulfatos.
- Tipo MH: Cemento Portland con un nivel moderado de calor de hidratación.
- Tipo LH: Cemento Portland con bajo calor de hidratación.
- Tipo EH: Cemento Portland con alta resistencia inicial.

Estas clasificaciones permiten a los profesionales de la construcción seleccionar el tipo de cemento más adecuado para sus proyectos, teniendo en cuenta las propiedades específicas que cada uno de estos tipos ofrece.

2.2.4 Agregados

A pesar de que los agregados son los componentes inertes del concreto, su impacto en las características de este material es significativo. Durante muchos años, sin embargo, se les prestó poca atención en la investigación, principalmente debido a su costo relativamente bajo en comparación con el del cemento. además, en proyectos con requerimientos de resistencia modestos, en los que los agregados no influyen tanto, se subestimó su importancia, hoy en día, se reconoce ampliamente la influencia de los agregados en las propiedades del concreto, tanto en su estado fresco como endurecido. En el caso de concretos especiales, los agregados deben cumplir con normativas como la ASTM C 33. En ausencia de ello, se debe verificar su idoneidad y eficacia en el concreto específico que se esté utilizando, Este enfoque más completo en el estudio y selección de los agregados en el concreto se debe a la comprensión de que estos desempeñan un papel crucial en la calidad y el rendimiento del material, lo que es esencial para garantizar la durabilidad y el éxito de las estructuras y construcciones. (Molina & Chara, 2017)

La clasificación de los agregados como "inertes" es relativa, ya que, si bien no participan directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua que generan la pasta de cemento, sus características tienen un impacto significativo en el producto final. En algunos casos, la influencia de los agregados puede ser igual de relevante que la del propio cemento en la obtención de propiedades específicas como resistencia, conductividad, durabilidad, entre otras, esto resalta la importancia de seleccionar cuidadosamente los agregados utilizados en la mezcla de concreto, ya que sus propiedades pueden tener un efecto considerable en las características y el rendimiento del concreto resultante. La elección adecuada de agregados es esencial para cumplir con los requisitos específicos de un proyecto de construcción y garantizar la calidad y durabilidad de las estructuras. (Pascal Carbajal, 2019)

2.2.4.1. Agregado fino

Según Abanto Castillo (2009) el término "agregado fino" se refiere a la arena o a la piedra natural que ha sido triturada hasta alcanzar dimensiones pequeñas y que puede pasar a través de un tamiz con una abertura de 9.5 mm (equivalente a 8/3 pulgadas), cumpliendo con los estándares establecidos en la norma NTP 400.037, las arenas son el resultado de la desintegración natural de las rocas y, debido a la acción del viento o el flujo de agua, se acumulan en ubicaciones específicas, estos agregados finos son esenciales en la fabricación de concreto y mortero, y su calidad y características influyen directamente en las propiedades del material final, por lo tanto, es crucial asegurarse de que cumplan con las normativas pertinentes para garantizar la calidad y durabilidad de las construcciones (pág. 23)

El contenido de agregado fino por lo general varía entre el 35% y el 45% en términos de masa o volumen total del agregado, dependiendo del diseño específico. Las partículas de este agregado deben cumplir con ciertos criterios: deben ser limpias, preferiblemente con una forma angular, y poseer una estructura dura, compacta y resistente. Además, no se permite que el agregado retenga más del 45% en dos tamices consecutivos y no debe contener más del 5% de material más fino que la malla N°200, estas especificaciones aseguran que el agregado fino utilizado en la mezcla de concreto cumpla con los estándares de calidad y uniformidad necesarios para obtener un producto final confiable y con las propiedades deseadas. La elección y control adecuados de estos agregados son esenciales para la producción de concreto de alta calidad. (Méndez, 2012).

Es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los límites de la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33.

Tabla 2
Granulometría del agregado fino (NTP 400.037)

Tamiz	Porcentaje de peso que pasa			
	Límites totales	*C	M	F
(3/8")	100	100	100	100
(N°4)	89 - 100	95 - 100	89 - 100	89 - 100
(N°8)	65 - 100	80 - 100	65 - 100	80 - 100
(N°16)	45 - 100	50 - 85	45 - 100	70 - 100
(N°30)	25 - 100	25 - 60	25 - 80	55 - 100
(N°50)	5-70	10-30	5 - 48	5 -70
(N°100)	0 - 12	2-10	0 - 12*	0 - 12

Fuente: NTP 400.037- ASTM C 33.

2.2.4.2. Agregado grueso

Se denomina agregado grueso al material que queda retenido en el tamiz N°4 y que cumple con los requisitos establecidos en la Norma NTP 400.037. Este tipo de agregado se origina a partir de la desintegración de las rocas y puede ser categorizado en varias formas, como piedra chancada, grava natural o triturada, piedra partida, así como agregados metálicos naturales o artificiales. Los agregados gruesos son un componente esencial en la producción de concreto y su elección adecuada depende de las necesidades específicas de cada proyecto. La calidad y las propiedades de estos materiales influyen de manera significativa en la resistencia y la durabilidad del concreto final, por lo que su selección y cumplimiento de normas son fundamentales en la construcción (Rivva López, 2013)

Según la Norma NTP 400.011 o la Norma ASTM C 33, se establecen los siguientes requisitos que debe cumplir el agregado grueso:

- Debe consistir en partículas limpias, preferiblemente angulares, duras, compactas, resistentes y con una textura preferentemente rugosa.
- Las partículas deben ser químicamente estables y deben estar exentas de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

- Se prefiere una granulometría continua.
- La granulometría seleccionada debe permitir alcanzar la máxima densidad del concreto, asegurando una adecuada trabajabilidad y consistencia según las condiciones de colocación de la mezcla.
- No debe haber más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más del 6% del agregado que pase a través de la malla de ¼".
- Para estructuras, se recomienda que el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea el mayor económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. En ningún caso, el tamaño nominal máximo del agregado debe superar un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados o un tercio del peralte de las losas.
- En concreto destinado a pavimentos y estructuras sujetas a erosión, abrasión o cavitación, el agregado grueso no debe tener una pérdida superior al 50% en el ensayo de abrasión según la Norma NTP 400.019 y la Norma NTP 400.020, o la Norma ASTM C 131.
- El lavado de las partículas del agregado grueso debe realizarse preferiblemente con agua potable. Si no es posible, el agua utilizada debe carecer de sales, materia orgánica o sólidos en suspensión.
- En cuanto a la granulometría, el agregado grueso debe ajustarse a los límites especificados en la Norma NTP 400.037 o la Norma ASTM C 33.

Estos criterios garantizan que el agregado grueso utilizado en la fabricación del concreto cumpla con estándares rigurosos para garantizar la calidad y el rendimiento del material en aplicaciones de construcción.

Tabla 3*Requerimientos granulométricos del agregado grueso (NTP 400.037)*

HUSO	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		4" (100mm)	3 1/2" (90mm)	3" (75mm)	2 1/2" (63mm)	2" (50mm)	1 1/2" (37.5mm)	1" (25mm)	3/4" (19mm)	1/2" (12.5mm)	3/8" (9.5mm)	N°4" (4.75mm)	N°8 (2.36mm)	N°16 (1.18mm)	N°50 (300µm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	2 1/2" a 1 1/2"	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	2" a 1"	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	2" a N°4	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	1 1/2" a 3/4"	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	1 1/2" a N°4	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	1" a 1/2"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	1" a 3/8"	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	1" a N°4	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	3/4" a 3/8"	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	...
67	3/4" a N°4	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	1/2" a N°4	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	3/8" a N°8	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5
89	3/8" a N°16	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	N°4 a N°16	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 5

Fuente: NTP 400.037

2.2.5 Características físicas de los agregados

Las características físicas de los agregados son propiedades que describen la composición y las cualidades físicas de los materiales pétreos utilizados en la fabricación de concreto y otros productos de construcción. Estas características son esenciales para determinar la calidad y el rendimiento del concreto y se utilizan en el diseño de mezclas de concreto. Las principales características físicas de los agregados incluyen: el peso específico, la granulometría, el porcentaje de absorción, contenido de húmedas, el peso unitario seco compactado, Estas características físicas son fundamentales para seleccionar los agregados adecuados y diseñar mezclas de concreto que cumplan con los requerimientos específicos de cada proyecto de construcción. (del agregado grueso) (Abanto Castillo, 2009)

2.2.5.1 Análisis Granulométrico

La norma NTP 400.011 (2008) La granulometría se refiere a la distribución de tamaños que presenta el agregado. La Norma Técnica Peruana NTP 400.012 establece el procedimiento para determinar esta distribución mediante el tamizado, lo que implica medir la masa de las fracciones del agregado que quedan retenidas en cada uno de los tamices. Además, en ocasiones se calcula la masa que es retenida por los tamices y la que pasa a través de ellos, así como los porcentajes parciales y acumulados de estas fracciones. Este análisis de granulometría es fundamental para comprender la composición del agregado y garantizar que cumple con las especificaciones requeridas en la fabricación de concreto. Proporciona información sobre la distribución de tamaños de partículas, lo que influye en la trabajabilidad y las propiedades finales del concreto.

La preparación de un concreto de alta calidad requiere que el agregado contenga partículas de diversos tamaños. Esto permite que los espacios dejados por las partículas más grandes sean ocupados por otras más pequeñas, y así sucesivamente, lo que reduce al mínimo

los huecos que serán llenados por la pasta de cemento. Esta optimización resulta en una mezcla más económica; una masa con la menor cantidad de huecos tiene ventajas adicionales, como una mayor compacidad, lo que se traduce en una mayor resistencia del concreto. También se reduce la permeabilidad, lo que aumenta su durabilidad a lo largo del tiempo. Además, se incrementa la superficie de adherencia, lo que disminuye el riesgo de contracción. En su estado fresco, estas mezclas son altamente cohesivas, lo que reduce la probabilidad de segregación y exudación; en resumen, una adecuada gradación de tamaños en el agregado es esencial para lograr un concreto de alta calidad que ofrezca resistencia, durabilidad y cohesión, y que cumpla con los estándares de rendimiento requeridos en la construcción (Marcelo Gondra, 2019)

Según Rodríguez Matallana (2019) Es importante destacar aspectos significativos relacionados con el análisis granulométrico, incluyendo los parámetros derivados y sus aplicaciones:

- **Tamaño máximo:** Este parámetro se define como la abertura más pequeña del tamiz que permite que todas las partículas del agregado grueso pasen a través de él. En términos prácticos, representa el tamaño de partícula más grande presente en el material. Este concepto se aplica específicamente al agregado grueso y se refiere a la abertura del tamiz más pequeño por el cual todas las partículas pueden pasar sin retenerse.
- **Tamaño máximo nominal:** El tamaño máximo nominal se relaciona con el tamiz más pequeño de la serie utilizada en el análisis granulométrico donde ocurre el primer retenido significativo. A diferencia del tamaño máximo absoluto, el tamaño máximo nominal se define como el tamiz inmediatamente siguiente al que tiene un porcentaje acumulado retenido del 15% o más.

Estos parámetros son fundamentales en la evaluación de la distribución de tamaños de partículas en el agregado y tienen aplicaciones clave en la industria de la construcción. El tamaño máximo proporciona información sobre la partícula más grande presente,

mientras que el tamaño máximo nominal ayuda a caracterizar la distribución de tamaños en función de los tamices utilizados en el análisis. Ambos parámetros son cruciales para el diseño de mezclas de concreto y la evaluación de la calidad de los agregados utilizados en la construcción (Cordero Estévez., 2019)

2.2.5.2 Módulo de Finura

Según Lezama Leiva (2013) El módulo de finura se define teóricamente como un indicador del grosor predominante en un conjunto de partículas de un agregado. También se puede ver como un tamaño promedio ponderado, aunque no refleja la distribución real de las partículas, esta medida, conocida como el módulo de finura, proporciona una idea general del tamaño de las partículas en un agregado, pero no ofrece detalles sobre cómo se distribuyen específicamente esas partículas dentro del conjunto. En esencia, es un valor que representa el grosor predominante en el agregado, pero no proporciona información detallada sobre la variabilidad de tamaños dentro de ese agregado.

El módulo de finura se define como la suma de los porcentajes acumulativos de material retenido en las mallas de una serie estandarizada, dividida entre 100. Estas series estandarizadas consisten en tamices de tamaños progresivamente mayores, como ASTM No 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", y continúan hasta la malla más grande según la norma N.T.P. 400.011.

Los valores típicos del módulo de finura varían en un rango que va desde 2,3 hasta 3,1, donde un valor más alto indica una gradación más gruesa de las partículas en el agregado. En esencia, el módulo de finura ofrece una medida que ayuda a caracterizar la distribución de tamaños de partículas en el agregado, lo que es fundamental para el diseño y la calidad de las mezclas de concreto en la construcción.

$$\text{Módulo de Finura} = mf = (\text{suma de \% retenido acumulado}) / 100$$

2.2.5.3 Peso Específico

El peso específico de los agregados está influenciado por dos factores principales: la gravedad específica de sus componentes sólidos y la porosidad del propio material. Además, este peso específico se ve afectado por la densidad de los materiales que conforman los agregados y la cantidad de poros presentes en ellos. En otras palabras, la densidad de los agregados no solo está determinada por la composición de sus partículas, sino también por la estructura interna del material y la cantidad de espacios vacíos o poros que pueda contener. Estos factores son esenciales para comprender y controlar las propiedades físicas de los agregados utilizados en la construcción, ya que impactan directamente en la calidad y el rendimiento del concreto o mortero en el que se utilizan (Pucutuni Yapura & Arias Aquino , 2019)

La densidad es la relación entre la masa de una unidad de volumen de un material y la masa equivalente al volumen de agua destilada, libre de gases, medida a una temperatura específica. Existen tres tipos principales de densidad que se utilizan para caracterizar materiales (densidad aparente, densidad de masa y densidad de masa saturada en superficie seca). Estos tipos de densidad proporcionan información importante sobre las propiedades físicas y la composición de un material, y son útiles en diversos campos, incluyendo la ingeniería y la construcción (Pérez, 2013).

Según la norma peruana NTP 400.022 y la norma ASTM C 128, se consideran tres formas de expresión de peso específico:

- **Peso Específico Aparente (PEa):** Se refiere a la relación, a una temperatura determinada, entre la masa en el aire de un volumen unitario de material (en el cual se excluye la porosidad impermeable, en el caso de sólidos) y la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas con la misma densidad.

- **Peso Específico de Masa (PEm):** Hace referencia a la relación, a una temperatura específica, entre la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo tanto poros permeables como impermeables en el material) y la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas con la misma densidad.
- **Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco (PEss):** Es similar al peso específico de masa, pero en este caso, la masa incluye el agua presente en los poros permeables del material.

Estos tres tipos de peso específico son medidas fundamentales utilizadas para caracterizar las propiedades de los materiales y su comportamiento bajo diferentes condiciones. En ingeniería y construcción, estos valores son esenciales para diseñar y evaluar estructuras y materiales de manera efectiva.

2.2.5.4 Peso Unitario

Según Arrascue (2011) El peso unitario o densidad de masa de un agregado se define como el peso del agregado necesario para llenar un recipiente con un volumen unitario previamente especificado, en otras palabras, es la masa neta del agregado contenida en el recipiente, dividida por su volumen correspondiente, y se expresa en kg/m^3 , esta medida es fundamental para determinar la compacidad y la masa por unidad de volumen de los agregados, lo que a su vez tiene un impacto significativo en las propiedades y el comportamiento del material en aplicaciones de construcción e ingeniería.

El peso unitario de un agregado está influenciado por el grado de compactación del material y la distribución de tamaños y formas de las partículas. Por esta razón, es importante especificar el grado de compactación deseado para propósitos de prueba. La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos condiciones: suelto y compactado, estas condiciones indican cómo se

encuentra el agregado en términos de su densidad, lo que tiene un impacto significativo en su comportamiento y aplicaciones en el ámbito de la construcción e ingeniería.

- **Peso Unitario Suelto (PUS):** El peso unitario suelto de un agregado se determina colocando el agregado seco con precisión en un recipiente con un diámetro y profundidad especificados, que dependen del tamaño máximo del agregado, hasta que el material se desborde, y luego nivelándolo cuidadosamente mediante una varilla. Para calcular el peso unitario suelto, se multiplica el peso neto del agregado por el factor de calibración del recipiente (Portugal Barriga, 2007)
- **Peso Unitario Compactado (PUC):** Para determinar el peso unitario compactado de un agregado, el recipiente se llena en tres fases, y en cada fase se compacta un tercio del volumen del recipiente con 25 golpes utilizando una varilla compactadora de punta semiesférica con un diámetro de 5/8". El peso unitario compactado se calcula multiplicando el peso neto del agregado por el factor de calibración previamente determinado para el recipiente (Nahum. A, 2011)

2.2.5.5 Contenido de Humedad

El contenido de humedad se refiere al exceso de agua presente en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). Cuando el agregado tiene una humedad inferior a su capacidad de absorción, es necesario añadir más agua al concreto para compensar lo que los agregados absorben. Por otro lado, si la humedad supera la capacidad de absorción, la cantidad de agua a agregar al concreto será menor, ya que los agregados contribuirán con agua adicional, es esencial ajustar la cantidad de agua que se incorpora al concreto considerando la humedad de los agregados al momento de la mezcla. Si la humedad es alta, esto aumentará la relación agua-cemento y disminuirá la resistencia del concreto, mientras que si es baja, la trabajabilidad deseada no se alcanzará (García Aymar, 2007)

Se define como la humedad intrínseca que se encuentra en los agregados de manera natural, ubicada en los poros o capilares que están conectados con el entorno exterior. Esta humedad tiene la capacidad de saturar estos poros y quedar retenida en forma de una película adherida a las partículas del agregado (NTP 339.185, 2018)

2.2.5.6 Porcentaje de absorción

Es la cantidad de agua requerida por un agregado para cambiar de una condición seca a una condición de saturación superficial, esta medida se expresa típicamente en forma de porcentaje. (Pucutuni Yapura & Arias Aquino , 2019)

La capacidad de absorción del agregado se calcula mediante el aumento de peso de una muestra que ha sido secada al horno, después de sumergirla en agua durante 24 horas y permitirle secarse superficialmente. Se asume que esta condición representa cómo el agregado se comportará dentro de una mezcla de concreto (NTP 400.022, 2013)

2.2.5.7 Porcentaje que pasa la Malla N° 200

Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.018, se consideran materiales muy finos en el agregado aquellos que se presentan como recubrimientos superficiales, como las arcillas, o en forma de partículas sueltas, como el limo y el polvo de trituración, las arcillas pueden interferir en la adherencia entre el agregado y el cemento, mientras que el limo y el polvo de trituración aumentan la cantidad de agua necesaria en la mezcla, lo que puede reducir la resistencia del concreto.

Para eliminar estas partículas muy finas, como arcilla, limo y polvo de trituración, de los agregados, se puede llevar a cabo un proceso de lavado con agua potable u otro líquido adecuado. El porcentaje de material que pasa a través del tamiz #200 se calcula mediante el método de tamizado por lavado utilizando la malla N°200. La pérdida de peso debida al lavado, expresada como porcentaje con respecto a la muestra original, se conoce como el

porcentaje de material que pasa el tamiz N°200. Este parámetro es importante para determinar la cantidad de partículas finas en los agregados y su influencia en las propiedades del concreto (Rivva López, 2013)

2.2.5.8 Superficie Específica

La superficie específica de una partícula de agregado se refiere al área superficial de esa partícula y se expresa en términos de área por unidad de masa (cm^2/gr), la superficie específica total de un conjunto de partículas se obtiene al sumar las áreas superficiales individuales de todas las partículas en ese conjunto, para calcular la superficie específica del agregado, se realiza un cálculo por cada tamiz utilizado, en este cálculo, se divide el porcentaje de material retenido en ese tamiz entre el valor del diámetro medio correspondiente. Este proceso se repite para cada tamiz utilizado en la clasificación de los agregados, y la suma de estos cálculos proporciona la superficie específica total del agregado, la superficie específica es un parámetro importante para comprender la textura y las propiedades de los agregados, ya que puede influir en la trabajabilidad y en otras características del concreto en el que se utilizan. (NTP 400.012, 2013)

2.2.5. Agua

El agua, en conjunto con el cemento, desempeña un papel fundamental al formar una pasta aglutinante que rodea y une las partículas de agregado, dando como resultado la formación del concreto con todas sus propiedades, la cantidad de agua agregada a la mezcla tiene un impacto significativo en la fluidez, la trabajabilidad y la manejabilidad del concreto. Se estima que la cantidad de agua necesaria para la adecuada hidratación del cemento oscila entre el 25% y el 30% del total de la mezcla. Sin embargo, para lograr que la mezcla sea más fácil de trabajar y manejar, generalmente se añade alrededor del 40% de agua, es esencial mantener un estricto control sobre la cantidad de agua en la mezcla, ya que cualquier exceso

de agua que no participe en la formación de la pasta de cemento tiende a evaporarse con el tiempo, lo que puede dejar porosidad en la estructura del concreto, esto a largo plazo, podría afectar la resistencia del material, por lo tanto, es crucial administrar cuidadosamente la cantidad de agua en la mezcla para garantizar un concreto de calidad y propiedades deseables. (Cordero Estévez et al., 2019)

La calidad del agua es un factor crítico a considerar, ya que la presencia de impurezas en el agua puede tener efectos adversos en el proceso de endurecimiento del cemento, reducir la resistencia del concreto y provocar manchas en su superficie. Por lo tanto, es fundamental evaluar minuciosamente la idoneidad del agua que se utiliza tanto en la mezcla como en el proceso de curado del concreto (Benites Espinoza, 2011)

Los límites máximos permisibles de concentración de sustancias en el agua aplicadas en el Perú, detalladas en la norma NTP 339.088 son los siguientes:

Tabla 4

Límites máximos permisibles de concentración de sustancias en el agua (NTP 339.088).

Sustancias y PH	Límite máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	200 ppm
Sales de magnesio	125 ppm
Sales solubles	300 ppm
Sólidos en suspensión	10 ppm
Materia orgánica expresada en oxígeno consumido	0.001 ppm
PH	6<PH<8

2.2.5.9 Agua de mezcla

Según (Benites Espinoza, 2011) El agua utilizada en la mezcla debe cumplir con ciertos requisitos, siendo esencial que esté libre de contaminantes como aceites, ácidos, álcalis, sales y materia orgánica, por lo general, el agua potable cumple con estos estándares y es adecuada para la preparación del concreto, el agua desempeña tres funciones clave en el concreto:

- Participa en la reacción química con el cemento, facilitando su hidratación.
- Actúa como lubricante, lo que contribuye a la trabajabilidad de la mezcla.
- Proporciona la estructura de poros necesaria en la pasta, permitiendo que los productos de hidratación se desarrollen adecuadamente.

2.2.5.10 Agua de curado

En términos generales, los mismos estándares que se aplican al agua de mezcla también deben cumplirse con respecto al agua utilizada para el curado del concreto. En muchas obras, es común utilizar la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto. Sin embargo, al revisar lo que ya hemos evaluado sobre el proceso de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir que la cantidad adicional de agua que contribuye al proceso de hidratación durante el curado representa solo una fracción del agua total, aproximadamente una quinta parte en volumen absoluto, debido a esta consideración, las restricciones y requisitos para el agua de curado pueden ser menos estrictos que los aplicados al agua de mezcla. En la mayoría de los casos, es posible reducirlos a la mitad sin comprometer la calidad del concreto. (Nina Torres & Condori Quispe , 2018)

Por lo general, las mismas normas y criterios que se aplican al agua de mezcla deben ser respetados en el caso del agua utilizada para el curado del concreto. Además, es común en las obras utilizar la misma fuente de suministro de agua tanto para preparar la mezcla como para llevar a cabo el proceso de curado del concreto (Benites Espinoza, 2011)

2.2.6. Aditivos

Un aditivo se define como un material que, aparte del agua, agregados, cemento hidráulico o fibras de refuerzo, se incorpora como un componente del mortero o concreto, añadiéndolo antes o durante el proceso de mezclado, su propósito principal es modificar las propiedades tanto del concreto fresco como del endurecido. Los aditivos son productos que

ofrecen una amplia gama de aplicaciones en la mezcla, tales como mejorar características específicas, aumentar la eficiencia económica, reducir el consumo de energía, contrarrestar posibles deficiencias o conferir propiedades especiales al concreto (Rodríguez Matallana, 2019)

Los aditivos se definen como sustancias o productos que, cuando se agregan a los componentes esenciales del concreto o mortero, ya sea antes o durante el proceso de mezclado, tienen la capacidad de alterar una o más propiedades para lograr ciertas características deseables tanto en el concreto fresco como en el endurecido (Loayza, 2012)

La norma ASTM C-125 establece una definición para el aditivo como "un material distinto al agua, los agregados y el cemento hidráulico, que se utiliza como parte integrante del concreto o mortero y se incorpora a la mezcla justo antes o durante el proceso de mezclado".

2.2.6 Aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000

Según García Guzmán (2021) el Z FLUIDIZANTE SR 1000 es un aditivo líquido superplastificante de última generación diseñado para el hormigón, que además actúa como economizador de cemento. Este producto ofrece la ventaja de conferir al concreto la consistencia adecuada para facilitar su bombeo y mejorar su capacidad de adaptación a la armadura de acero, al mismo tiempo, reduce la formación de cangrejeras en la mezcla. Una característica destacada es que no requiere aumentar la cantidad de agua y cemento por metro cúbico de concreto. El producto tiene una densidad de 1.18 ± 0.02 kg/L y se recomienda su dosificación en un rango de 0.4% a 0.8% como superplastificante.

Según SIKA (2015) Este poderoso superplastificante de tercera generación es una opción ideal tanto para concretos como para morteros, se destaca particularmente en la producción de concretos autocompactantes, siendo apropiado tanto para proyectos en obras como para la fabricación de concreto premezclado. Su característica principal radica en su

capacidad para reducir significativamente la cantidad de agua necesaria, al tiempo que presenta un desempeño excepcional cuando se combina con agregados finos, además ofrece una óptima cohesión y se comporta de manera autocompactante, este aditivo es adecuado para diversos tipos de concretos, incluyendo:

- Concreto autocompactante.
- Concreto utilizado en condiciones bajo el agua, como sistemas tremie (siendo importante mantener una relación agua-material cementante entre 0.30 y 0.45).
- Concreto destinado a climas cálidos y/o situaciones donde se requiere un tiempo prolongado de transporte o espera antes de su utilización.
- Concreto que requiere una drástica reducción del contenido de agua, incluso hasta un 30%.
- Concreto de alta resistencia.
- Procesos de inyección de lechada de cemento con alta fluidez.

La capacidad de reducir significativamente la cantidad de agua y su excelente fluidez tienen un impacto sumamente positivo en las aplicaciones mencionadas anteriormente.

Según SIKA (2015) El aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 ejerce su acción mediante varios mecanismos que conducen a la obtención de diversas propiedades beneficiosas para el concreto. Estos mecanismos incluyen la absorción superficial y el efecto de separación espacial en las partículas de cemento, lo que resulta en:

- Una drástica reducción en la cantidad de agua requerida y un aumento significativo en la cohesión del concreto, lo que lo hace especialmente adecuado para la producción de concretos autocompactantes.
- Mejora de la impermeabilidad del concreto, reduciendo la posibilidad de infiltración de agua.

- Una reducción extrema en la cantidad de agua utilizada, lo que se traduce en una mayor densidad y resistencia del concreto.
- Excelente fluidez del concreto, lo que reduce considerablemente la necesidad de esfuerzos adicionales durante la colocación y vibración.
- Mejora de la plasticidad del concreto y reducción de la contracción plástica, lo que contribuye a un mejor comportamiento en estado fresco.
- La capacidad de mantener la consistencia (slump) durante un período extendido, superando las dos horas en pruebas de diseño cuando se utiliza en dosis elevadas.
- Reducción de la carbonatación del concreto, lo que ayuda a preservar su durabilidad.
- Aumento de la durabilidad general del concreto, lo que contribuye a una vida útil más larga.
- Reducción de la exudación (eliminación de agua) y la segregación de los componentes del concreto.
- Mayor adherencia entre el concreto y el acero, lo que mejora la capacidad estructural del material.
- Importante ausencia de cloruros y otros componentes que puedan promover la corrosión del acero, lo que permite su uso sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pretensado.

La dosificación recomendada para Z FLUIDIZANTE SR-1000 varía entre el 0.4% y el 2% del peso del cemento. Es fundamental realizar un mezclado cuidadoso durante al menos 60 segundos para asegurar una distribución uniforme del aditivo en la mezcla.

2.2.7 Pavimentos

Composición formada por múltiples estratos que se ubican sobre la subrasante con el propósito de soportar y dispersar las cargas generadas por los vehículos, al mismo tiempo que se busca mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tráfico. Normalmente, esta

estructura se compone de las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura (Bazan Tuesta & Vargas Guevara, 2020)

2.2.8 Pavimento incluidos en el manual son los siguientes

2.2.8.1 El pavimento flexible

Es una estructura conformada por estratos de material granular, que incluyen la subbase y la base, y en la superficie de rodadura se emplea una capa compuesta por materiales bituminosos, como aglomerantes, agregados y, en ocasiones, aditivos. Principalmente, se utiliza una capa de rodadura asfáltica sobre las capas granulares, esto puede incluir diversas opciones, como mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente (Bazan Tuesta & Vargas Guevara, 2020)

2.2.8.2 El pavimento semirrígido

Se trata de un pavimento que se compone principalmente de capas asfálticas, con un espesor total de material bituminoso. Esto implica una carpeta asfáltica caliente sobre una base tratada con asfalto. Además, en la categoría de pavimento semirrígido se consideran las estructuras que consisten en una carpeta asfáltica sobre una base tratada con cemento o una base tratada con cal, también se incluyen en esta categoría los pavimentos adoquinados (Briceño Flores & Aranibar Muñoa, 2021)

2.2.8.3 El pavimento rígido

Se denomina a los pavimentos de concreto como "rígidos" debido a la característica de la losa de concreto que los compone. Dado que estas losas son inherentemente rígidas, tienen la capacidad de absorber la mayoría de las tensiones generadas por las repetidas cargas del tráfico, disminuyendo así la magnitud de las tensiones transmitidas a las capas inferiores y, en última instancia, a la subrasante (Bazan Tuesta & Vargas Guevara, 2020)

Según Briceño Flores & Aranibar Muñoa (2021) describe la composición de los pavimentos de concreto, que constan de una capa de subbase que puede variar en cuanto al material y puede estar estabilizada mediante cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de concreto de cemento hidráulico, Además se mencionan tres categorías de pavimentos rígidos, a saber, con juntas, con refuerzo de acero y con refuerzo continuo, se hace hincapié en que las estructuras de pavimento presentadas en el manual son ejemplificativas y promueven la consideración de alternativas, pero la decisión final recae en el Ingeniero Responsable, el texto también define el pavimento como la estructura que soporta cargas y proporciona una superficie adecuada para el tránsito de vehículos, garantizando seguridad y comodidad.

2.2.7. Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

El concreto, en sus estados fresco y endurecido, exhibe una serie de propiedades clave que determinan su calidad y rendimiento. A continuación, se describen algunas de las propiedades más importantes en ambos estados:

2.2.8.4 Manejabilidad

Según Cordero Estévez et al. (2019) la manejabilidad del concreto engloba aspectos relacionados con su trabajabilidad y consistencia. La trabajabilidad se refiere a la capacidad del concreto para ser colocado y compactado de manera adecuada sin experimentar segregación superficial, y esto implica considerar elementos como su aptitud para ser moldeado, su cohesión y su capacidad de compactación. La manejabilidad, a su vez, se encuentra influenciada por diversos factores, entre ellos:

- **Granulometría y Forma de las Partículas:** La distribución de tamaños de las partículas de agregado y su forma desempeñan un papel crucial en la manejabilidad del concreto. Agregados con formas adecuadas y tamaños bien graduados contribuyen a una mejor manejabilidad.

- **Presencia de Aire y Aditivos Químicos:** La incorporación controlada de aire y la adición de aditivos químicos pueden ajustar la manejabilidad del concreto según las necesidades específicas del proyecto. Los aditivos, como superplastificantes, pueden mejorar la fluidez y cohesión.
- **Proporciones de Agregado:** La relación entre los diferentes tipos de agregado en la mezcla, es decir, la proporción de agregado fino y grueso, también afecta la manejabilidad. Una mezcla bien equilibrada favorece una mejor capacidad de colocación.
- **Consistencia de la Mezcla:** La consistencia de la mezcla se refiere a la fluidez y cohesión del concreto fresco. La ajustada relación agua-cemento y la cantidad de agua influyen en gran medida en la consistencia, y deben ser controladas para lograr la manejabilidad deseada.

2.2.7.1. Trabajabilidad

La facilidad con la que el concreto fresco puede ser colocado, compactado y terminado, al mismo tiempo que mantiene su integridad sin sufrir segregación, se conoce como trabajabilidad, es esencial que el concreto sea trabajable, lo que significa que debe ser manejable y permitir su colocación y compactación de manera eficiente, sin embargo, esto no debe comprometer la integridad de la mezcla, evitando la separación de sus ingredientes durante el transporte y la manipulación (Pucutuni Yapura & Arias Aquino, 2019)

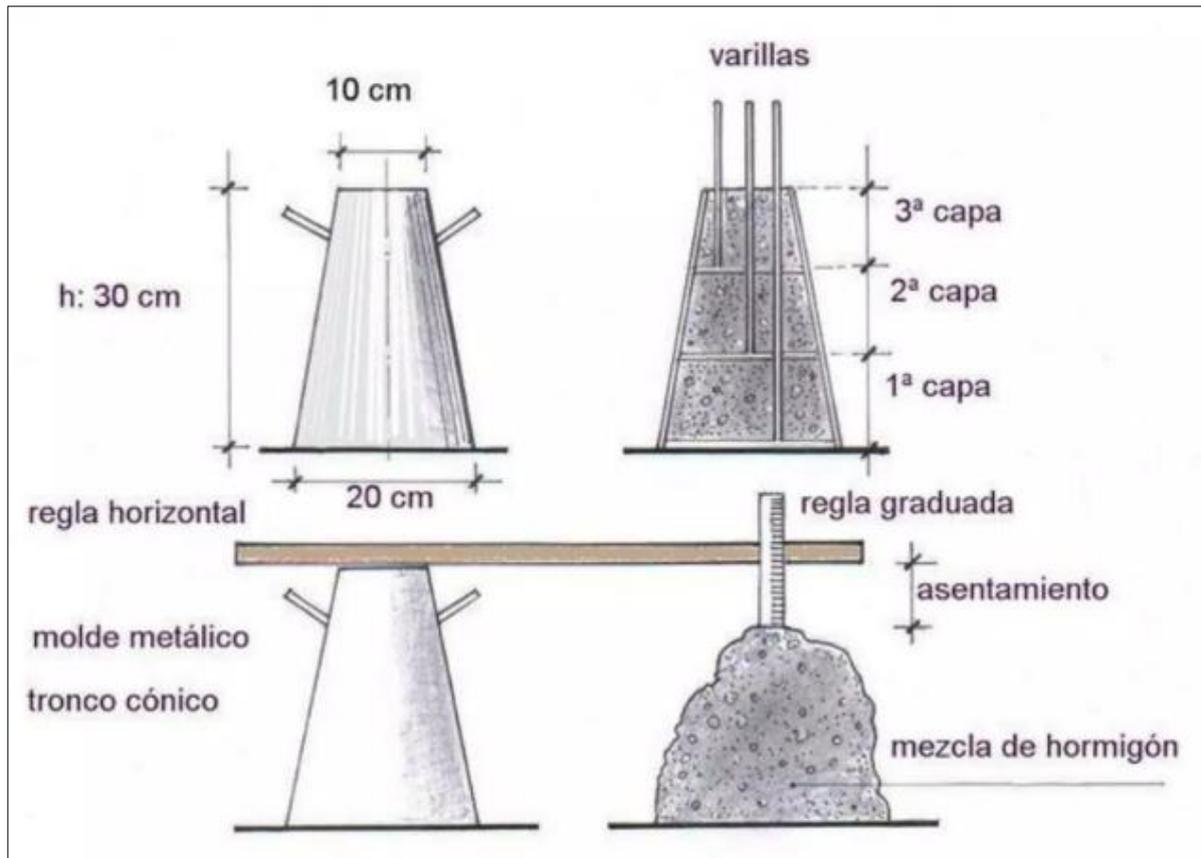
El nivel de trabajabilidad necesario para una correcta colocación del concreto se encuentra bajo el control de varios factores, incluyendo los métodos de colocación, el tipo de compactación y la naturaleza misma del concreto, existen dos extremos en cuanto a la trabajabilidad: la consistencia rígida o seca y la consistencia húmeda y fluida, si la consistencia es muy seca y rígida, se enfrentarán dificultades durante la colocación y compactación del concreto, lo que podría llevar a la separación de las partículas más grandes del agregado de la

mezcla. No obstante, es importante destacar que una mezcla excesivamente húmeda y fluida tampoco es la solución, ya que podría dar lugar a problemas de segregación y formación de huecos, en última instancia, se busca una consistencia que sea lo suficientemente seca como para permitir una colocación efectiva utilizando los equipos de compactación disponibles, evitando tanto la rigidez extrema como la excesiva humedad en la mezcla (Kosmatka et al., 2004)

2.2.8.5 Asentamiento

NTP 339.035 / ASTM C143M. [ASTM] C143M, (2012) Se hace referencia a un ensayo conocido como ensayo de revenimiento, también denominado ensayo de asentamiento o slump test. Para evaluar la trabajabilidad del concreto en este ensayo, se emplea el cono de Abrams junto con una varilla de 60 centímetros que posee una punta ovalada. El procedimiento consiste en verter el concreto en el cono en tres capas, cada una de ellas compactada mediante 25 golpes. Luego, se levanta el cono y se observa cuánto se asienta el concreto. Este valor se utiliza para determinar el grado de fluidez del concreto antes de su vertido en la estructura, el ensayo de Slump (revenimiento) también permite identificar posibles variaciones en la uniformidad de las mezclas en relación con la cantidad de agua y la granulometría, ya que cualquier cambio en estos factores puede afectar el comportamiento del concreto.

Figura 3
Proceso de elaboración del Ensayo de Asentamiento.



2.2.7.2. Consistencia

Define como la capacidad de movimiento relativo de la mezcla de concreto, evaluada en función del asentamiento, guarda una estrecha relación con la trabajabilidad. La medida de asentamiento en concreto se ve influenciada por la cantidad de agua requerida, la cual tiende a aumentar a medida que los agregados se vuelven más angulares y rugosos, mientras que disminuye con el uso de agregados de mayor tamaño y con una buena graduación. Esta interacción entre la consistencia, el asentamiento y la calidad de los agregados es fundamental para lograr un concreto de óptimo desempeño (Cordero Estévez et al., 2019)

La consistencia se refiere a la capacidad del concreto fresco para deformarse o tomar una forma particular con mayor o menor facilidad, aunque está relacionada con la trabajabilidad, son conceptos distintos, la principal manera de evaluar la consistencia del

concreto es mediante la medición de su asentamiento, utilizando el cono de Abrams (Aroste Villa, 2015).

La consistencia es una propiedad que se refiere al nivel de humedad de la mezcla y cómo esto afecta su fluidez, en otras palabras, cuanto más húmeda sea la mezcla, más fácilmente fluirá el concreto durante su colocación, es importante destacar que la consistencia está relacionada con la trabajabilidad, pero no son términos intercambiables. Por ejemplo, una mezcla que es fácil de trabajar para pavimentos puede tener una alta consistencia, lo que la hace difícil de manejar en columnas o placas, por otro lado, una mezcla diseñada para ser adecuada en vigas o columnas puede ser excesivamente fácil de trabajar para estructuras más voluminosas, la consistencia de una mezcla depende de factores como la cantidad de agua utilizada y las características físicas y la granulometría del agregado, ya que estos determinan la cantidad de agua necesaria para lograr una consistencia específica, normalmente, se evalúa la consistencia de una mezcla en función de su grado de asentamiento, donde los asentamientos más bajos indican mezclas más secas, mientras que los asentamientos más altos corresponden a consistencias más fluidas. (Instituto Nacional de Vías, 2015)

2.2.7.3. Segregación

Según Rivva (2000) Se sostiene que la segregación es una característica del concreto en estado fresco que implica la separación de sus componentes, es decir, la disociación entre el Agregado Grueso y el Mortero, este fenómeno tiene un impacto negativo en el concreto, resultando en la formación de piedras grandes, capas de arena, y áreas irregulares, entre otros problemas, en el elemento que está siendo vertido.

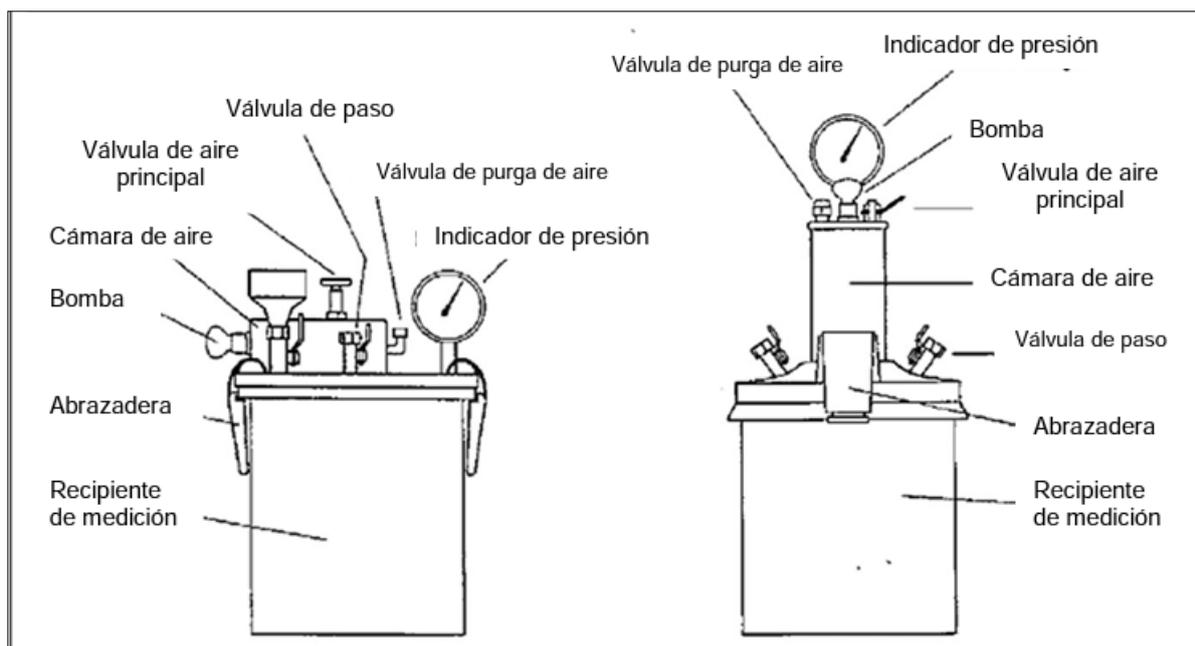
La segregación se refiere a la separación de los componentes de una mezcla heterogénea, lo que provoca una distribución desigual de estos componentes. Las causas principales de la segregación incluyen las diferencias en el tamaño y la densidad de los

constituyentes, así como la mala gradación de los agregados. En términos generales, la segregación puede manifestarse de dos maneras distintas; la primera forma de segregación se presenta cuando se utilizan mezclas con una cantidad insuficiente de cemento y un contenido de humedad demasiado bajo, en estas condiciones, la falta de cohesión entre las partículas conduce a su separación, lo que puede dar lugar a problemas; la segunda forma de segregación, en contraposición a la anterior, se produce en mezclas con un exceso de humedad, lo que resulta en la separación entre la pasta y los agregados. Esta situación también puede tener consecuencias adversas en la calidad del concreto (Abanto Castillo, 2009)

2.2.8.6 Contenido de aire del concreto

Según ASTM C231 (2014) este ensayo se realiza en el concreto fresco y se expresa en forma de porcentaje, en este contexto, la prueba es útil para establecer el contenido de aire presente en el concreto en su estado fresco, lo cual es importante para conocer la cantidad de aire incorporada en la mezcla, esta información se obtiene de manera directa mediante el uso de un instrumento llamado Olla de Washington. Se ilustra en la Figura 4 el aparato para medir el aire incorporado en el concreto fresco.

Figura 4
Medidor de aire por el método a presión



2.2.7.8. Peso unitario

El concreto convencional, normalmente utilizado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2200 hasta 2400 Kg/m³. La densidad del concreto varía dependiendo de la calidad y densidad del agregado, la cantidad del aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad (Cordero Estévez et al., 2019)

2.2.8.7 Temperatura: NTP 339.184 / ASTM C1064

La temperatura es uno de los factores más influyentes en el desarrollo de la resistencia del concreto; un aumento en la temperatura acelera el proceso de maduración de la mezcla. De acuerdo con Vela y Yovera (2016), este proceso de mezcla tiene una base química, y para entenderlo, existe una prueba que se realiza en el concreto en su estado fresco. El propósito

principal de esta prueba es determinar la temperatura en el momento de la mezcla inicial y el vertido subsiguiente, esto permite verificar si la mezcla es homogénea y cumple con los requisitos establecidos en las normativas correspondientes, que pueden variar según el clima y las regulaciones de cada país.

(Reglamento Nacional de Edificaciones, 2017) la temperatura del concreto al momento de su colocación debe mantenerse controlada y equilibrada, no debería experimentar problemas como una reducción rápida del asentamiento, fraguado instantáneo o la formación de juntas frías, además es importante asegurarse de que la temperatura no supere los 32°C, si esto sucede se deben tomar medidas para enfriar el agua utilizada en la mezcla y así mantener la temperatura por debajo del límite establecido por las regulaciones. En el proceso de curado, la temperatura también debe ser mantenida a un nivel mínimo de 10°C para garantizar un adecuado proceso de endurecimiento del concreto.

2.2.8.2. Resistencia

Generalmente se considera que la propiedad más destacada del concreto es su resistencia, aunque en muchas situaciones prácticas, otras cualidades como la durabilidad o la permeabilidad pueden tener una importancia superior, a pesar de esto la resistencia sigue siendo un indicador fundamental de la calidad del concreto, ya que está estrechamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento hidratada. Además, en la mayoría de los casos, la resistencia del concreto es un componente esencial en el diseño de estructuras y se especifica con el propósito de cumplir con los requisitos establecidos (Neville, 2013)

La resistencia del concreto no puede ser evaluada en su estado plástico, por lo que el método comúnmente utilizado consiste en tomar muestras durante la fase de mezclado, las cuales se someten a pruebas de compresión después de haber sido debidamente curadas. La elección de la resistencia a la compresión como parámetro de prueba se debe a su facilidad de

realización y al hecho de que, en su mayoría, las propiedades del concreto mejoran a medida que esta resistencia aumenta. La resistencia a la compresión de un concreto (f_c) se define como la carga máxima que una muestra puede soportar por unidad de área antes de fallar debido a la compresión, lo que puede manifestarse a través de agrietamientos o roturas (Rivera, 2013).

La resistencia a la compresión del concreto se define como la medida máxima de la resistencia a la compresión axial de muestras de concreto. Por lo general, se expresa en unidades como kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm^2), mega-pascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg^2 o psi) (Kosmatka et al., 2004)

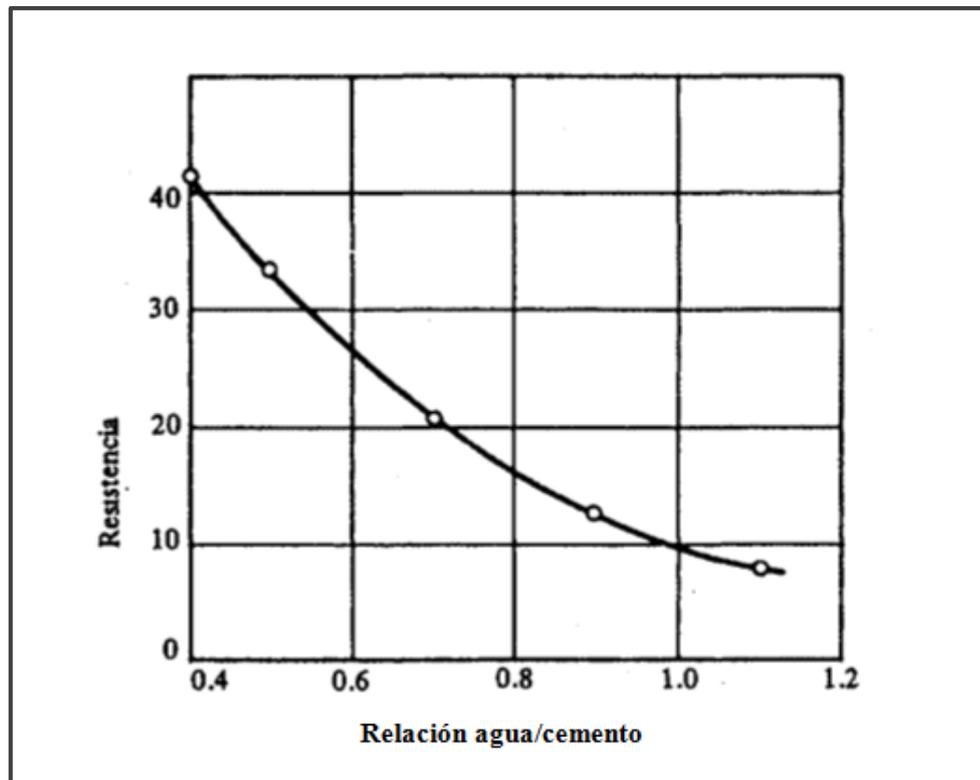
2.2.8.8.1 Factores que afectan la Resistencia

Según (Rivera, 2013) dentro de los factores más importantes donde se ve afectada la resistencia son:

a) La relación agua – cemento (a/c). La relación agua/cemento es el factor primordial que ejerce influencia sobre la resistencia del concreto, esta relación a/c incide en la resistencia a la compresión tanto en concretos con aire como en aquellos sin esta incorporación, en ambos casos, la resistencia tiende a disminuir a medida que la relación a/c aumenta, la figura 6 ilustra la resistencia en función de la relación agua/cemento se asemeja a la forma de una hipérbola. Esto resalta la importancia de controlar cuidadosamente esta relación en la mezcla de concreto, ya que desempeña un papel crucial en la calidad y el rendimiento del material.

Figura 5

Comparación entre resistencia de siete días y relación agua/cemento para concreto hecho con cemento portland de endurecimiento rápido.



Fuente: Neville, 2004

Nota: en la figura podemos observar que mientras aumenta la rección agua cemento disminuye la resistencia a compresión para 7 días.

- b) El contenido de cemento.** - La resistencia del concreto tiende a disminuir a medida que se reduce la cantidad de cemento utilizada en la mezcla.
- c) El tipo de cemento.** - La velocidad de desarrollo de la resistencia varía entre los diferentes tipos de cemento empleados en la elaboración del concreto.
- d) Las condiciones de curado.** - Dado que las reacciones de hidratación del cemento solo tienen lugar en presencia de una cantidad suficiente de agua, es esencial mantener la humedad en el concreto durante el período de curado. Esto permite que la resistencia del concreto aumente gradualmente con el tiempo. La calidad del curado es crucial para garantizar el óptimo desarrollo de la resistencia del concreto y su durabilidad a lo largo del tiempo.

2.2.9 *Diseño de mezclas*

El "Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados" es una técnica ampliamente empleada en la industria de la construcción para evaluar y caracterizar la distribución de tamaños de partículas presentes en una mezcla de agregados, como arena, grava y piedra triturada. Estos agregados se utilizan en la producción de concreto o mortero. El método se basa en el cálculo del valor del "Módulo de Fineza", una medida numérica que describe la granulometría de la combinación de agregados, el Módulo de Fineza se obtiene a partir de los porcentajes de agregado fino y agregado grueso presentes en la mezcla. Luego, este valor se utiliza para ajustar la proporción de estos agregados con el propósito de obtener las propiedades deseadas en el concreto o mortero, tales como trabajabilidad, resistencia y durabilidad. En resumen, esta técnica es una herramienta esencial en el diseño de mezclas de concreto y mortero, desempeñando un papel fundamental para asegurar resultados óptimos en proyectos de construcción. (Mendoza Tejada & Rivas Torres, 2023)

En este método, se comienza por determinar los contenidos de cemento, agua, aire y agregado grueso, luego se calcula la cantidad de agregado fino mediante la diferencia entre la suma de los volúmenes absolutos en relación con la unidad y el volumen absoluto y peso del agregado grueso, es importante destacar que, si se mantienen constantes el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino, la resistencia deseada no afectará el contenido de agregado grueso en la mezcla, en otras palabras, en este método de diseño de mezclas, se ajustan las proporciones de cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso para lograr la resistencia deseada, mientras se mantienen constantes ciertos parámetros clave relacionados con los agregados gruesos y finos. Esto permite obtener un concreto con las características requeridas sin variar el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino (Alfaro Gaspar, 2019).

La información esencial que se requiere incluye:

- Un análisis granulométrico detallado de los agregados.
- El peso unitario compactado de los agregados, tanto de los finos como de los gruesos.
- El peso específico de los agregados, abarcando tanto los finos como los gruesos.
- El contenido de humedad y el porcentaje de absorción de los agregados, tanto para los finos como para los gruesos.
- Datos relacionados con el perfil y la textura de los agregados.
- Es importante conocer el tipo y la marca del cemento que se utilizará en la mezcla.
- El peso específico del cemento es un dato relevante.
- También se necesita información sobre las relaciones entre la resistencia y la relación agua/cemento para las diversas combinaciones posibles de cemento y agregados.
- Esta información es crucial para llevar a cabo un diseño de mezcla efectivo y garantizar que el concreto resultante cumpla con los requisitos de resistencia y calidad especificados para el proyecto de construcción.

2.3 Definición de Términos Básicos

- ✓ **Concreto:** Es un material de construcción ampliamente utilizado que se compone principalmente de tres componentes: cemento, agregados (como arena y grava) y agua; estos ingredientes se mezclan en proporciones específicas y luego se endurecen con el tiempo para formar una estructura sólida y resistente (Mendoza & Sánchez, 2017)
- ✓ **Cemento:** Conocido como es un aglutinante hidráulico, lo que significa que es una sustancia inorgánica pulverizada que, cuando se mezcla con agua, crea una pasta que se endurece y mantiene su fuerza y estabilidad, incluso cuando se encuentra sumergida en agua (Aroste Villa, 2015)

- ✓ **Aditivos:** Son químicos que se agregan al concreto en la etapa de mezclado para modificar algunas de las propiedades físicas de los materiales conglomerados (Nina Torres & Condori Quispe , 2018)
- ✓ **ADITIVO Z FLUIDIZANTE SR-1000:** es una sustancia química que se agrega a la mezcla de concreto para hacer que sea más fácil de manejar y colocar, lo que puede ser útil en la construcción de estructuras donde se requiere concreto de fluidez controlada.
- ✓ **Resistencia a la Compresión a edades tempranas:** es la capacidad del concreto para resistir cargas o fuerzas que tienden a comprimirlo o reducir su volumen en periodo corto de tiempo después de ser colocado (García Aimar, 2017)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO

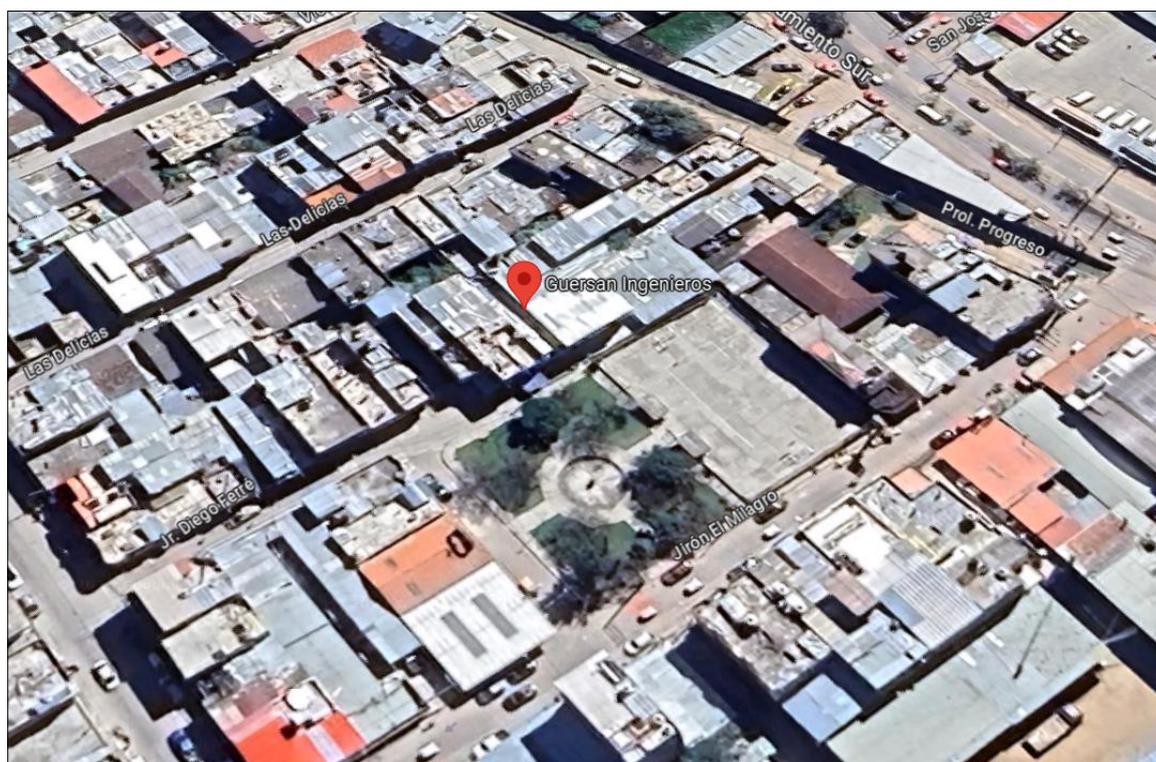
3.1 Localización del Proyecto

3.1.1 Ubicación Geográfica de la Investigación

La investigación tuvo lugar en el distrito, provincia y región de Cajamarca, específicamente en el laboratorio de Guersan Ingenieros SRL, que se encuentra en el Pj. Diego Ferre N° 295. Este laboratorio está ubicado en la zona 17, utilizando el sistema de coordenadas DATUM WGS 84, con las siguientes coordenadas UTM: 775845 E (Este) y 9206966 S (Sur).

Figura 6

Ubicación de donde se realizó la investigación.



Fuente: Google maps.

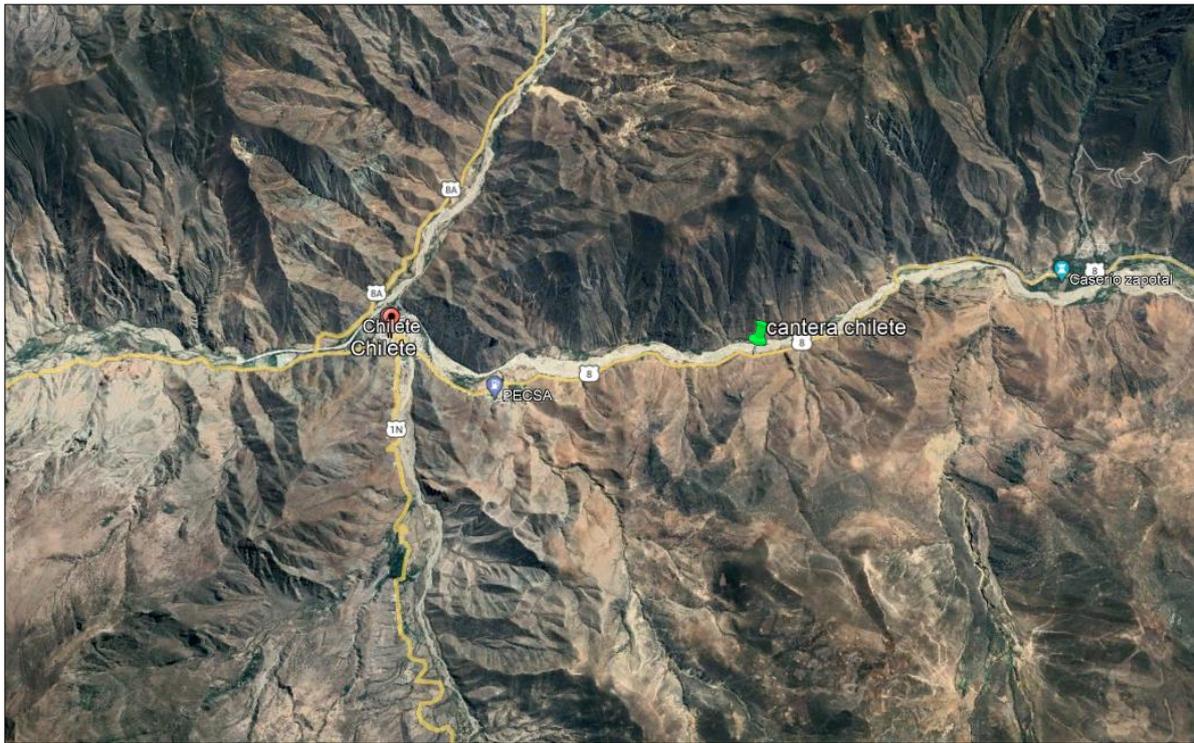
3.1.2 Ubicación Geográfica del Origen de los Agregados

La cantera Chilete se encuentra localizada en el cauce del río Jequetepeque, hacia el lado izquierdo de la progresiva Km. 94 + 010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca y ubicada según las siguientes coordenadas UTM.

- Este: 742735 m E
- Norte: 9201021 m S
- Zona: 17M
- Altitud: 930 m.s.n.m

Figura 7

Ubicación de la cantera Chilete



Fuente: Google Earth

3.2 Tiempo y Época de la Investigación

La investigación se realizó en el periodo de enero – setiembre del año 2023.

3.3 Metodología de la investigación

3.3.1 *Tipo, Nivel, Diseño y Metodología de la Investigación*

3.3.1.1 Tipo de investigación

De acuerdo a los propósitos de la investigación es aplicada ya que se busca una solución mediante la aplicación de los procedimientos científicos, su enfoque está orientado a la aplicación práctica de los resultados para abordar problemas específicos en contextos del mundo real.

3.3.1.2 Nivel de investigación

Es correlacional porque se enfoca en comprender la relación que existe entre Aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 y la resistencia a compresión del concreto.

3.3.1.3 Diseño de la investigación

De carácter experimental ya que se observa y se mide los efectos de la variable independiente sobre la variable dependiente.

3.3.1.4 Enfoque de la investigación

Se empleó un enfoque cuantitativo ya que la recopilación y análisis de datos se dan mediante mediciones numéricas y estadísticas en el desarrollo de la investigación.

3.3.2 *Variables*

- **Variable independiente:** Aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000
- **Variables dependientes:** Resistencia a compresión del concreto

3.3.3 *Población de Estudio*

Se considera como población las probetas cilíndricas de concreto, diseñadas y elaboradas para un $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

3.3.4 Muestra

Para seleccionar la muestra, se tomaron un total de 75 especímenes de concreto que fueron sometidos a un análisis detallado, estos especímenes se dividieron en 5 grupos con el propósito de llevar a cabo una comparación adecuada entre ellos.

Figura 8

Distribución de la muestra de estudio

ESPÉCIMEN	DOSIFICACIÓN	FACTOR DE ANÁLISIS				
		CONCRETO PATRÓN	CON ADICIÓN ADITIVO Z FLUIDIZANTE SR-1000			
		SIN ADITIVO	0.5%	1.00%	1.5%	2.00%
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	3 DÍAS	5	5	5	5	5
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	5 DÍAS	5	5	5	5	5
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	7 DÍAS	5	5	5	5	5
TOTAL DE PROBETAS			75			

3.3.5 Unidad de Análisis

Influencia del aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 en pavimentos rígidos a edades tempranas en la ciudad de Cajamarca.

3.4 Procedimiento de la investigación

3.4.1 Cantera de estudio.

Los agregados de esta investigación fueron extraídos de la cantera “Chilete”, la cual es de origen fluvio – aluvial, donde la calidad de los materiales es buena, debido al desgaste de abrasión que estos presentan. Los agregados que se comercializan en dicha cantera son básicamente agregado grueso de angular (gravilla, grava de río) y agregado fino (arena).

3.4.2 Propiedades de los Agregados

3.4.2.1 Peso específico y absorción del agregado grueso

Este ensayo se llevó a cabo siguiendo las pautas establecidas en las normas NTP 400.021 y ASTM C127. Estas normas detallan el procedimiento de ensayo normalizado para medir el peso específico y la absorción del agregado grueso. De acuerdo con esta normativa, se establece un método de ensayo destinado a determinar varios parámetros, incluyendo el peso específico aparente, el peso específico de masa, el peso específico saturado superficialmente seco y el porcentaje de absorción del agregado grueso. Estos datos son esenciales para evaluar las propiedades y la calidad de los agregados gruesos utilizados en la mezcla de concreto.

3.4.2.2 Peso específico y absorción del agregado fino

Dicho ensayo se llevó a cabo siguiendo rigurosamente los procedimientos establecidos en las normas NTP 400.02 y ASTM C128. Estas normativas detallan el método de ensayo normalizado utilizado para determinar el peso específico y la absorción de los agregados finos. Estos datos son fundamentales para evaluar y garantizar la calidad de los agregados finos utilizados en la composición de las mezclas de concreto.

3.4.2.3 Análisis granulométrico

Este método de ensayo se ejecutó de acuerdo con las especificaciones detalladas en la norma NTP 400.012 y ASTM C 136, estas normativas definen el procedimiento de ensayo a seguir y las operaciones de tamizado de agregados. El objetivo principal de este proceso es determinar la composición granulométrica de los agregados, lo que resulta fundamental para comprender y controlar la distribución de tamaños de partículas en la mezcla y, por lo tanto, para garantizar la calidad y las propiedades deseadas en el concreto.

3.4.2.3.1 Módulo de Finura

El cálculo del módulo de finura se realizó mediante el análisis granulométrico, que implicó la suma de los porcentajes acumulados de material retenido en los tamices estándar (que se mencionan a continuación), y luego dividiendo esta suma por 100.

Este método de cálculo proporciona una medida numérica que describe la finura de la distribución de tamaños de partículas en los agregados, lo que es esencial para evaluar y controlar la calidad de los materiales utilizados en la mezcla de concreto.

3.4.2.4 Peso Unitario (Densidad Bruta) de los Agregados

El ensayo se llevó a cabo siguiendo las pautas estipuladas en la norma NTP 400.017 y, en concordancia con la norma ASTM C 29. Este método de ensayo se enfoca en la determinación de la densidad a granel o peso unitario de los agregados, ya sea en su estado compactado o suelto. Este procedimiento de ensayo es aplicable a agregados cuyo tamaño nominal máximo no supere las 5 pulgadas (125 mm).

La determinación de la densidad a granel es esencial para evaluar las características y la calidad de los agregados utilizados en la mezcla de concreto, y es un parámetro importante en el diseño de mezclas y en la construcción de estructuras de concreto.

3.4.2.5 Contenido de humedad.

Este ensayo se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas en las normas NTP 339.185 y ASTM C566. Estas normativas delinean el procedimiento para calcular el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado, ya sea fino o grueso, a través del proceso de secado, la determinación del contenido de humedad en los agregados es un aspecto esencial en la evaluación de su calidad y en la preparación de mezclas de concreto. Este parámetro influye en las propiedades y el comportamiento del concreto, por lo que su medición precisa es fundamental en la industria de la construcción.

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

El ensayo se llevó a cabo siguiendo las especificaciones establecidas en las normas NTP 400.018 y ASTM 117. Estas normativas detallan el procedimiento de ensayo normalizado utilizado para determinar la presencia de materiales de granulometría muy fina que pasan a través del tamiz normalizado de 75 micrómetros (N°200) mediante el proceso de lavado de los agregados, este ensayo ayuda a garantizar que los agregados cumplan con los requisitos de tamaño de partícula especificados en las normativas aplicables.

3.4.2.7 Desgaste a la Abrasión.

Se siguió el procedimiento conforme a las normas NTP 400.019 y ASTM C 131. El propósito de este ensayo es evaluar la resistencia al desgaste que experimenta una muestra de agregado preparada, causado por una combinación de impacto y roce superficial.

Esta prueba es fundamental para determinar la durabilidad y la capacidad de los agregados para resistir las fuerzas abrasivas que pueden estar presentes en aplicaciones de construcción y pavimentación. El resultado del ensayo proporciona información valiosa sobre la calidad y la idoneidad de los agregados en diversas aplicaciones de concreto y asfalto.

3.4.3 El cemento utilizado.

El cemento empleado en este estudio es el Cemento Portland Tipo I- Pacasmayo, el cual cumple con la norma ASTM C-150/NTP 334.009. Este cemento se utilizó en la fabricación de los especímenes de concreto utilizados en la investigación.

La elección del tipo y la calidad del cemento es fundamental en la formulación de las mezclas de concreto, ya que influye directamente en las propiedades y el desempeño del concreto endurecido. El hecho de utilizar un cemento que cumple con las normas establecidas garantiza la consistencia y la calidad de los resultados obtenidos en la investigación.

3.4.4 Agua.

Garantizar que el agua utilizada cumple con estos estándares es esencial para asegurar la calidad y la integridad de los especímenes de concreto y, en última instancia, para obtener resultados confiables en la investigación. El uso de agua que cumple con las normativas pertinentes es una práctica estándar en la industria de la construcción para garantizar la consistencia y la confiabilidad en los resultados de las pruebas.

El agua utilizada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de concreto es agua que se ajusta a los límites máximos y mínimos permitidos para el consumo humano. Por lo tanto, cumple con los estándares de calidad requeridos para la fabricación y el curado del concreto, tal como lo establece la norma NTP 339.088.

3.4.5 Diseños de mezcla

Se optó por emplear el Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados para llevar a cabo los diseños de concreto. Este método se ejecutó siguiendo la secuencia detallada a continuación:

- Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a compresión especificada.
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso
- Selección del asentamiento
- Selección del volumen unitario del agua de diseño
- Selección del contenido de aire
- Selección de la relación agua/cemento por resistencia y durabilidad
- Determinación del factor cemento
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua y aire
- Determinación del volumen absoluto de agregado total

- Determinación del módulo de fineza de la combinación de agregados
- Determinación del porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto
- Determinación de volumen absoluto de agregado grueso
- Determinación de los pesos secos de los materiales de diseño
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado
- Determinación de las proporciones en peso de diseño
- Determinación de los pesos por tanda
- Determinación de los pesos por molde
- Elaboración de probetas en laboratorio
- Ajuste de proporciones para cumplir con el Slump requerido

3.4.6 *Peso Unitario del concreto en estado fresco*

Se llevó a cabo este ensayo siguiendo los procedimientos estipulados en la norma NTP 339.046, en correspondencia con la norma ASTM C 138. Después de preparar las mezclas de concreto, se determinaron los pesos unitarios para cada tipo de diseño, teniendo en cuenta tanto el volumen como el peso de los moldes metálicos utilizados en el proceso. Este ensayo es esencial para evaluar las propiedades del concreto fresco y se utiliza para garantizar que las mezclas de concreto cumplan con las especificaciones y los requisitos de diseño establecidos para el proyecto.

3.4.7 *Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto*

El procedimiento se llevó a cabo de acuerdo a las especificaciones detalladas en la norma NTP 339.034, en plena consonancia con la norma ASTM C 39. La conformidad con estas normativas asegura que el ensayo de resistencia a la compresión se realice de manera estandarizada y que los resultados obtenidos sean comparables y confiables. Este ensayo es esencial para evaluar la calidad y la resistencia del concreto endurecido.

3.5 Presentación de Resultados

3.5.1.1 Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Tabla 5

Características de los agregados

Características físicas de los agregados	Agregado fino	Unidades	Agregado grueso	Unidades
Tamaño máximo nominal			1/2"	
Peso específico de masa	2.630	g/cm ³	2.62	g/cm ³
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	2.660	g/cm ³	2.65	g/cm ³
Peso específico de aparente	2.720	g/cm ³	2.7	g/cm ³
Peso unitario suelto	1668	Kg/m ³	1458	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1796	Kg/m ³	1582	Kg/m ³
Contenido de humedad (%)	4.16		0.41	
Absorción (%)	1.30		1.10	
Módulo de finura	2.996		6.761	
Abrasión (%)	-		25.00	
Porcentaje que pasa malla N° 200	1.50		0.20	

3.5.1.2 Resultados del diseño de mezcla

Tabla 6

Materiales de diseño y corregidos por humedad para el concreto patrón.

Materiales	Concreto patrón			
	Secos		Corregidos por Humedad	
Cemento	465.5	kg	465.5	kg
Agua de diseño	216.00	lt	196.6	lt
Agregado fino seco	858.00	kg	893.68	kg
Agregado grueso seco	741.00	kg	744.06	kg
Aire total	2.50	%	2.50	%

Tabla 7*Materiales para el concreto con 0.2 % de aditivo (Z FLUIDIZANTE SR-1000)*

Concreto con 0.2% proporción de aditivo				
Materiales	Secos		Corregidos por Humedad	
Cemento	408.6	Kg	408.6	Kg
Agua de diseño	190.00	Lt	167.49	Lt
Agregado fino seco	967.00	Kg	1007.00	Kg
Agregado grueso seco	747.00	Kg	750.00	Kg
Aire total	2.50	%	2.50	%
Z FLUIDIZANTE SR-1000	0.750	Lt	0.750	Lt

Tabla 8*Materiales para el concreto con 0.5 % de aditivo (Z FLUIDIZANTE SR-1000)*

Concreto con 0.5% proporción de aditivo				
Materiales	Secos		Corregidos por Humedad	
Cemento	408.6	Kg	408.6	Kg
Agua de diseño	190.00	Lt	167.54	Lt
Agregado fino seco	965.00	Kg	1005.00	Kg
Agregado grueso seco	746.00	Kg	749.00	Kg
Aire total	2.50	%	2.50	%
Z FLUIDIZANTE SR-1000	1.874	Lt	1.874	Lt

Tabla 9*Materiales para el concreto con 1 % de aditivo (Z FLUIDIZANTE SR-1000)*

Concreto con 1 % proporción de aditivo				
Materiales	Secos		Corregidos por Humedad	
Cemento	408.6	Kg	408.6	Kg
Agua de diseño	190.00	Lt	167.58	Lt
Agregado fino seco	963.00	Kg	1003.00	Kg
Agregado grueso seco	744.00	Kg	747.00	Kg
Aire total	2.50	%	2.50	%
Z FLUIDIZANTE SR-1000	3.749	Lt	3.749	Lt

Tabla 10*Materiales para el concreto con 1.5 % de aditivo (Z FLUIDIZANTE SR-1000)*

Concreto con 1.5 % proporción de aditivo				
Materiales	Secos		Corregidos por Humedad	
Cemento	408.6	Kg	408.6	Kg
Agua de diseño	190.00	Lt	167.66	Lt
Agregado fino seco	960.00	Kg	1000.00	Kg
Agregado grueso seco	742.00	Kg	745.00	Kg
Aire total	2.50	%	2.50	%
Z FLUIDIZANTE SR-1000	5.623	Lt	5.623	Lt

3.5.1.3 Resultados de las Propiedades del concreto Fresco**Tabla 11***Slump del concreto*

Ensayos	Adición de Aditivo Z FLUIDIZANTE SR- 1000	M - 1 (pulgada)	M- 2 (pulgada)	M- 3 (pulgada)
	CONCRETO PATRON	3.5"	3.25"	3.75"
Asentamiento (NTP 339.035)	0.20%	3.5"	4.0"	3.75"
	0.50%	3.25"	3.5"	3.5"
	1.00%	3.75"	4.0"	4.0"
	1.50%	3.5"	3.75"	3.25"

Tabla 12*Temperatura del concreto*

Ensayos	Adición de Aditivo Z FLUIDIZANTE SR- 1000	M - 1 Celsius (°C)	M-2 Celsius (°C)	M- 3 Celsius (°C)
	CONCRETO PATRON	19.1	19.4	19.6
Temperatura (NTP 339.184)	0.20%	20.4	20.5	20.4
	0.50%	21.1	21.3	21.4
	1.00%	22.2	22.5	22.6
	1.50%	22.9	23.1	23.4

Tabla 13
Contenido de aire

Ensayos	Adición de Aditivo Z FLUIDIZANTE SR- 1000	M-1 (%)	M-2 (%)	M-3 (%)
	CONCRETO PATRON	2.50	2.30	2.40
Contenido de aire (NTP 339.083)	0.20%	2.40	2.60	2.50
	0.50%	2.50	2.50	2.30
	1.00%	2.30	2.60	2.50
	1.50%	2.40	2.40	2.40

Tabla 14
Peso unitario del concreto fresco

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Concreto patrón (sin aditivo)	Kg/m3	2325	2301	2316	2314
Concreto con 0.2% de aditivo	Kg/m3	2335	2334	2333	2334
Concreto con 0.5% de aditivo	Kg/m3	2348	2332	2347	2342
Concreto con 1% de aditivo	Kg/m3	2358	2357	2360	2358
Concreto con 1.5% de aditivo	Kg/m3	2370	2368	2374	2371

3.5.1.4 Resultados de las Propiedades concreto endurecido

En las Tablas 15, 16 y 17 se observa los resultados de los ensayos del concreto patrón a edades de 3, 5 y 7 días

Tabla 15

Resistencia a la compresión a edad de 3 días.

DESCRIPCIÓN	EDAD (DÍAS)	f'c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	% DEL f'c
Concreto patrón (sin aditivo)	3	280	240.93	86.04%
Concreto con 0.2% de aditivo	3	280	269.78	96.35%
Concreto con 0.5% de aditivo	3	280	280.38	100.13%
Concreto con 1% de aditivo	3	280	293.63	104.87%
Concreto con 1.5% de aditivo	3	280	298.06	106.45%

Figura 9

Gráfica Resistencia a la compresión a edad de 3 días.

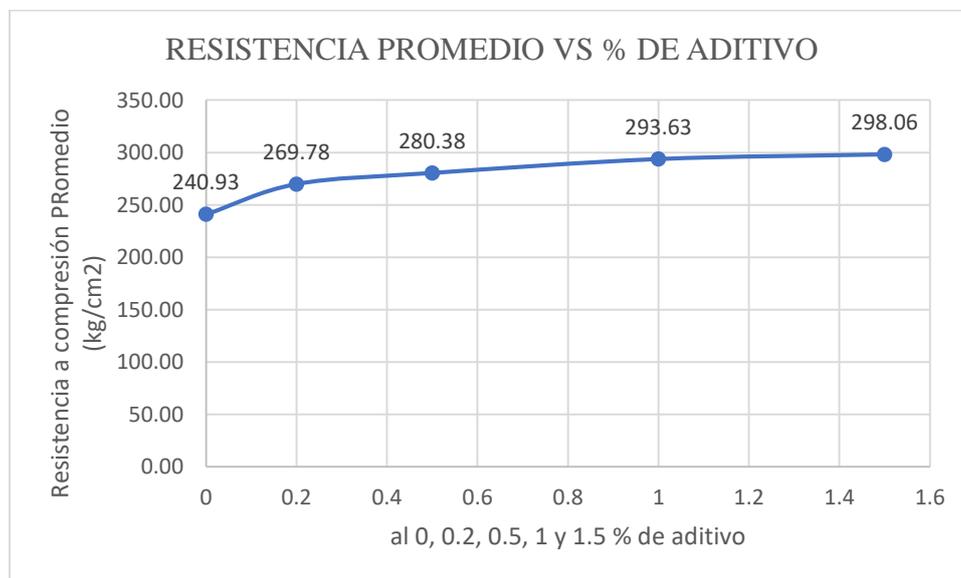


Tabla 16*Resistencia a la compresión a edad de 5 días.*

DESCRIPCIÓN	EDAD (DÍAS)	f'c (Kg/cm2)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm2)	% DEL f'c
Concreto patrón (sin aditivo)	5	280	272.33	97.26%
Concreto con 0.2% de aditivo	5	280	298.07	106.45%
Concreto con 0.5% de aditivo	5	280	308.96	110.34%
Concreto con 1% de aditivo	5	280	318.78	113.85%
Concreto con 1.5% de aditivo	5	280	320.48	114.46%

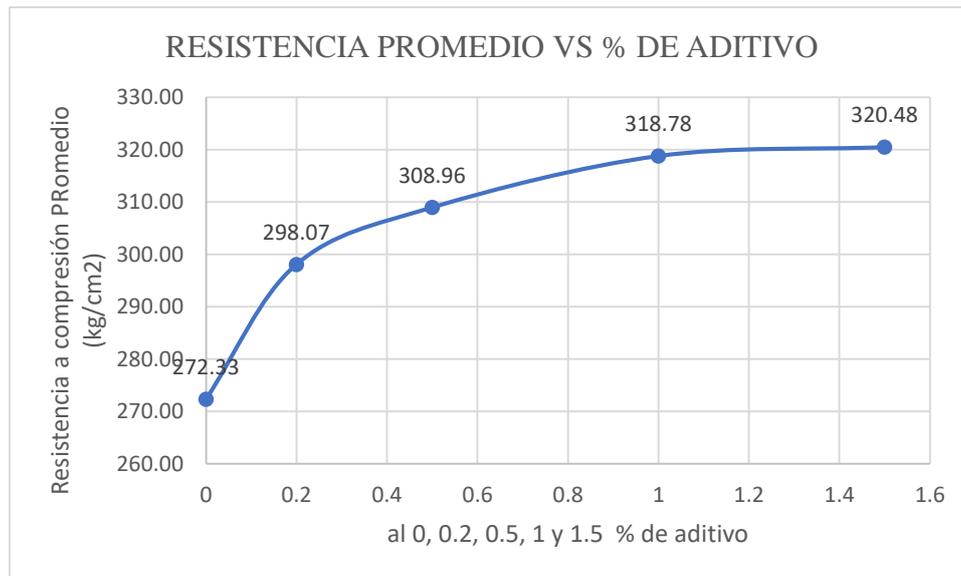
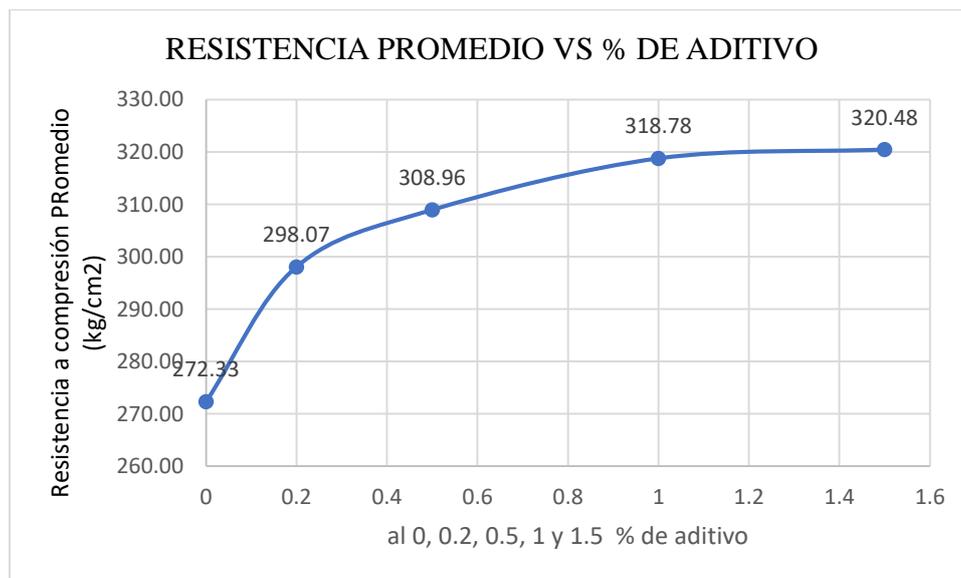
Figura 10*Gráfica Resistencia a la compresión a edad de 5 días.*

Tabla 17*Resistencia a la compresión a edad de 7 días.*

DESCRIPCIÓN	EDAD (DÍAS)	f'c (Kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (Kg/cm ²)	% DEL f'c
Concreto patrón (sin aditivo)	7	280	302.93	108.19%
Concreto con 0.2% de aditivo	7	280	321.06	114.67%
Concreto con 0.5% de aditivo	7	280	328.36	117.27%
Concreto con 1% de aditivo	7	280	339.38	121.21%
Concreto con 1.5% de aditivo	7	280	349.09	124.67%

Figura 11*Gráfica Resistencia a la compresión a edad de 7 días.*

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.6 Análisis y discusión de resultados de los agregados

3.6.1 *Propiedades físicas y mecánicas de los agregados*

- ✓ Las figuras 12 y 13 presentan gráficos que ilustran la distribución granulométrica de los agregados, tanto finos como gruesos. En ambos casos, se trata de agregados con partículas bien graduadas, una característica que se confirma al ubicarse dentro del huso granulométrico N° 56 para el agregado grueso y en la categoría granulométrica M para el agregado fino, según lo establecido en la norma NTP 400.037.
- ✓ Según la tabla 5 el módulo de finura del agregado fino registra un valor de 2.996 tratándose de una arena gruesa según norma ASTM C33 (American Society for Testing and Materials).
- ✓ Los resultados obtenidos en la tabla 5 referentes al peso específico y a la absorción de los agregados, tanto finos como gruesos, se encuentran dentro de los intervalos definidos por la norma NTP 400.037. Al cumplir con las especificaciones establecidas, estos materiales tienen la capacidad de proporcionar la durabilidad y resistencia necesarias al concreto u hormigón.
- ✓ El peso unitario en estado suelto y compactado del agregado grueso es inferior al peso unitario en estado suelto y compactado del agregado fino. Esta diferencia se debe el agregado fino tiende a llenar los espacios vacíos entre sus partículas con mayor facilidad cuando se compacta, lo que resulta en un peso unitario mayor en comparación con el agregado grueso.
- ✓ De acuerdo con nuestros resultados, se registró un contenido de humedad del 4.16% en el agregado fino y un 0.41% en el agregado grueso. El contenido de

humedad de los agregados es un factor crítico, ya que influye en la cantidad de agua que debemos agregar o retirar al concreto.

- ✓ El porcentaje de material fino que atraviesa la malla N°200 es del 1.5% para el agregado fino y del 0.20% para el agregado grueso, lo cual cumple con lo prescrito por la normativa, ya que estos valores son inferiores al 5% para el agregado grueso y al 1% en el caso del agregado fino.
- ✓ El cumplimiento de estos límites indicados por la norma es fundamental, ya que garantiza que la cantidad de partículas finas en los agregados sea adecuada y no exceda los umbrales permitidos.
- ✓ El desgaste tiene un valor del 25% que está por debajo del límite máximo permitido que es el 50% establecido por la norma NTP 400.037. Esto demuestra que el agregado satisface los estándares de resistencia al desgaste, lo cual es esencial para garantizar la durabilidad y el rendimiento del concreto en aplicaciones específicas.

3.7 Análisis y discusión de resultados de la Mezcla de Concreto.

En esta investigación, se llevó a cabo el diseño de la mezcla utilizando el método del módulo de finura, que es ampliamente reconocido por su capacidad para lograr una combinación óptima de agregados finos y gruesos.

En las Tablas 6, 7, 8, 9 y 10 se puede apreciar una variación en la dosificación de los materiales entre el concreto estándar y el concreto con aditivo, esta variación se debe al hecho de que el aditivo reduce la cantidad de agua necesaria, lo que a su vez disminuye la cantidad de cemento requerida. Como resultado, también se produce una variación en la cantidad de agregados utilizados en la mezcla.

3.8 Análisis y discusión de resultados del concreto.

3.8.1 Propiedades del concreto fresco

3.8.1.1 Asentamiento del concreto

Influye directamente en la facilidad de trabajo, la maniobrabilidad y la calidad del concreto final. Según se muestra en la tabla 11, no se observa una variación significativa en los resultados, ya que estos se mantienen en un rango de valores que oscilan entre 3.25 y 4 pulgadas. Estos valores se encuentran dentro de los límites aceptables para una mezcla de consistencia plástica.

3.8.1.2 Temperatura del concreto

En la tabla 12 se muestra la temperatura del concreto fresco experimenta un leve incremento que guarda una relación directamente proporcional con la cantidad de aditivo Z FLUIDIZANTE SR 1000 que se añade. Pero que al mismo tiempo los resultados cumplen con el rango de temperatura óptima para el concreto fresco generalmente se encuentra entre los 10°C y los 32°C (50°F y 90°F).

3.8.1.3 Contenido de aire

En la tabla 13 se presentan los resultados del contenido de aire obtenidos utilizando el método de medición de aire por presión, y en ella no se aprecian variaciones significativas entre los distintos tipos de concreto.

3.8.1.4 Peso unitario del concreto

En la tabla 14, se presenta un resumen de los pesos unitarios, y se puede notar un ligero aumento en el peso del concreto con aditivo en comparación con el concreto patrón. A pesar de esta diferencia, el peso unitario se encuentra dentro de los parámetros típicos de un concreto estándar o normal.

3.8.2 Propiedades del concreto endurecido

3.8.2.1 Resistencia a Compresión del Concreto

En la tabla 15, se tiene un resumen de las resistencias promedio a los 3 días para cada tipo de concreto, alcanzando una resistencia máxima de 298.06 Kg/cm² con un contenido de aditivo del 1.5%. Este valor se encuentra a un 106.45% superando la resistencia de diseño.

La tabla 16, por su parte, proporciona un resumen de las resistencias a los 5 días para el concreto estándar y el concreto con diferentes porcentajes de aditivo. En todos los casos, las resistencias de los concretos con aditivos superan los 280 Kg/cm², que es la resistencia de diseño.

Finalmente, en la tabla 17 se detallan los resultados de la resistencia a los 7 días, donde todas las resistencias, incluida la del concreto estándar, superan la resistencia de diseño. Estos resultados respaldan la eficacia del aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 como una excelente alternativa para lograr un endurecimiento rápido del concreto.

3.9 Contrastación de la Hipótesis

La influencia del aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 acelera significativamente el desarrollo de la resistencia a compresión a edades tempranas en la ciudad de Cajamarca, es positiva puesto que se muestra una madures rápida del concreto llegando a una resistencia máxima de 349.09 Kg/cm² con un porcentaje 124.67% de la resistencia de diseño.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La hipótesis es válida, el aditivo Z FLUIDIZANTE SR-1000 tiene un efecto positivo en el desarrollo temprano de la resistencia a compresión, permitiendo alcanzar resistencias mayores que las esperadas en diferentes etapas de tiempo (3, 5 y 7 días); esto permitirá una rápida puesta en servicio del pavimento
- El asentamiento oscila entre 3.2 y 4 pulgadas; por lo que se considera que la mezcla tiene consistencia plástica, la temperatura promedio del concreto varía entre 19.4 °C y 23.1 °C; cumpliendo los rangos de temperatura óptima (10°C y 32 °C), el contenido de aire promedio es 2.4 % y el peso unitario del concreto fresco del concreto patrón es 2314 kg/m³ y para los tratamientos con 0.2 %, 0.5 %, 1.0 % y 1.5 %, se obtiene un peso unitario de 2334, 2342, 2358 y 2371 kg/m³, respectivamente, considerándose dentro del rango de un concreto normal.
- A los 3 días, la resistencia del concreto patrón es de 240.93 kg/cm², lo que corresponde al 86.04% de la resistencia de diseño, así mismo, para el concreto con aditivo es de 269.78, 280.38, 293.63 y 298.06 kg/cm². Estos valores representan un porcentaje del 96.35%, 100.13%, 104.87% y 106.45 % respecto a la resistencia de diseño.
- Para los 5 días, la resistencia del concreto patrón alcanza los 273.33 kg/cm², lo que corresponde al 97.26% de la resistencia de diseño. En cambio, los concretos adicionados presentan resistencias de 298.07, 308.96, 318.78 y 320.48 kg/cm², lo que representa un 106.45%, 110.34%, 113.85% y 114.46% de la resistencia de diseño, superando así los valores esperados.

- A los 7 días, todos los concretos superan la resistencia de diseño. El concreto patrón muestra una resistencia de 302.93 kg/cm², equivalente al 108.19% de la resistencia de diseño. Por otro lado, el concreto con aditivo presenta resistencias de 321.06, 328.36, 339.38 y 349.09 kg/cm², correspondiendo a porcentajes del 114.67%, 117.27%, 121.21% y 124.67% en relación a la resistencia de diseño, superándola hasta un 24.67%.

4.2 Recomendaciones

- Para futuras investigaciones se debe realizar ensayos a flexión, resistencia al desgaste, la exposición a diferentes temperaturas, así como otras propiedades importantes que requiera el uso del concreto en pavimentos.
- Se recomienda evaluar diseños de mezcla con porcentajes de aditivo mayores a 1.5%, evaluando la resistencia y su peso unitario del concreto en estado fresco y endurecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). Tecnología del Concreto (2da ed.). San Marcos E.I.R.L.
- Alfaro Gaspar, M. (2019). Diseño de mezcla de un concreto Fast Track para uso en pavimento de concreto rígido [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional, Callao. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/Alfaro_GM-SD.pdf
- Aroste Villa, J. (2015). El Concreto. Puno.
- Avellaneda Sánchez, A. (2019). Relación de la resistencia a compresion y módulo de rotura del concreto hidraulico con presencia de fibra metálicacon materiales de rio barragan [tesis de Grado, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia]. Repositorio institucional. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/avellaneda%20sanchezandreadelpilar2019.pdf
- Bazan Tuesta , C., & Vargas Guevara, O. A. (2020). Diseño estructural de pavimentos para mejorar la transitabilidad de las calles las margaritas, 7 de julio y Ricardo Palma del barrio 1 en el centro poblado alto Trujillo[Tesis de Grado, Universidad Privada Antenor orrego]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/REP_INCI_CRISTIAN.BAZAN_OSCAR.VARGAS_DISE%20E%20ESTRUCTURAL.PAVIMENTOS.MEJORAR.TRANSITABILIDAD.CALLES.MARGARITAS.7.JULIO.RICARDO.PALMA.BARRIO.1.CENTRO .POBLADO.ALTO.TRUJILLO.pdf
- Briceño Flores, H., & Aranibar Muñoa, C. A. (2021). Propuesta de diseño de un pavimento rígido para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la localidad de leoncio prado - Picota – San Martín[Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional. Obtenido de

file:///C:/Users/deny4/Downloads/BRICE%C3%91O%20FLORES%20HENRY%20Y%20ARANIBAR%20MU%C3%91OA%20CHRISTIAN%20ARISTO%20-%20TESIS.pdf

Cánova Valladolid, D. A. (2021). Propuesta de modificación al proceso convencional de diseños de mezcla de concreto en el LEMC [Tesis de Grado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/ICI_2118.pdf

CEMEX. (2023). Concreto Especial. Obtenido de <https://www.cemexcolombia.com/concretos/fast-track>

Cordero Estévez, G. D., Cárdenas Gutiérrez, J. A., & Rojas Suárez, J. P. (2019). Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI. Ecoe Ediciones.

Cristian Eduardo, S. M. (2017). "Técnica de rápida habilitación al tránsito en pavimentos rígidos fast-track" [Tesis de Grado, Universidad Austral de Chile]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/bmfcs211t.pdf

Deza Guzmán, E. Y., & Yovera Capuñay, T. C. (2016). Comparación del Concreto Fast Track y el Concreto Convencional para el Diseño de Pavimentos Rígidos [Tesis de Grado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional, Pimentel. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/TESIS%20CORREGIDO%20(2).pdf

Fernández Sanzana, J. I. (2016). "Diseño de hormigones fast track grado hf 4,2 a edades de 3 y 7 días con incorporación de aditivo plastificante"[Tesis de Grado, Universidad Austral de Chile]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://fddocuments.ec/document/disenno-de-hormigones.html?page=1>

Instituto Nacional de Vías. (2015). Pavimentos de Concreto Hidráulico. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/500%20PAVIMENTO%20DE%20CONCRETO%20HIDRAULICO.pdf

Kosar, K., Salles de Salles, L., Pourakbar Sharif, N., Vandebossche, J., & Khazanovich, L. (2023). Onsite strength determination for early-opening decision making of high early strength concrete pavement [Trabajo de Investigación , University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA 15261, USA]. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/1-s2.0-S2095756423000284-main.pdf

Marcelo Gondra, P. D. (2019). Análisis de las propiedades físicas mecánicas de los agregados extraídos de las canteras “Cochamarca y Sacra Familia” y su influencia en la resistencia a la compresión de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ la Región de Pasco [tesis de grado, UNAC de Pasco]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/T026_71388317_T.pdf

Mendoza Tejada, O. G., & Rivas Torres, B. R. (2023). Analisis de un concreto incorporado con bacterias en la ciudad de Arequipa 2022 [Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/45.0406.IC.pdf

Nina Torres, B. S., & Condori Quispe , E. E. (2018). “Evaluación e influencia de los aditivos acelerantes de fragua y endurecimiento en especímenes de concreto usando cemento tipo IP en la ciudad de Tacna”[Tesis de Grado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/Nina_Torres-Condori_Quispe.pdf

Norma Técnica de Edificación E. 060. (2019). Concreto Armado.

NTP 334.001. (2001). INDECOPI. CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura (2da. ed.). Lima, Perú.

NTP 334.009. (2020). INACAL, CEMENTOS: Cementos Pórtland. Requisitos (7ma ed.). Lima, Perú.

- NTP 339.034. (2021). INACAL. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. (4ta. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.046. (2018). INDECOPI. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto) (2da. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.047. (2019). INACAL. CONCRETO. Definiciones y Terminología relativas al concreto y agregados (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.079. (2017). INDECOPI. CONCRETO. Metodo de ensayo para determinar la resistencia a flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.088. (2019). INACAL. CONCRETO. Agua de Mezcla utilizada en la produccion de concreto de cemento pórtland. requisitos (3ra. Edicion ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.183. (2018). INDECOPI. CONCRETO. Práctica normaliza para la elaboracion y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (2da. ed.). Lima, Perú.
- NTP 339.185. (2018). INDECOPI. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (2da. ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.011. (2020). INDECOPI. AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos) (2da. ed.).
- NTP 400.012. (2013). INDECOPI. AGREGADOS. Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Agregado Grueso y Global. (3ra. ed.). Lima, Perú.

- NTP 400.017. (2020). INDECOPI. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.021. (2018). INACAL. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. (3ra. ed.). Lima, Perú.
- NTP 400.022. (2013). INDECOPI. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú: 3ra. .
- NTP 400.037. (2018). INACAL. AGREGADOS. Agregados para el Concreto. Requisitos (4ta. ed.). Lima, Perú.
- Ortega Garcia, J. E. (2015). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Empresa Editorial Macro E.I.R.L.
- Pascal Carbajal, E. (2019). Topicos del Concreto (2da. ed.). Lima, Peru. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/TopicosTecnologiaConcreto_EPasquel_unlocked.pdf
- Portugal Barriga, P. (2007). Tecnologia del concreto de alto desempeño. Arequipa. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/TECNOLOGIA_DEL_CONCRETO_DE_ALTO_DESEMPEN.pdf
- Pucutuni Yapura , S., & Arias Aquino , E. (2019). Diseño de concreto Fast Track con fines de uso para rehabilitación de pavimentos rígidos en la ciudad de Juliaca [Tesis de Grado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional. Obtenido de [file:///C:/Users/deny4/Downloads/Samuel_Tesis_Licenciatura_2019%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/deny4/Downloads/Samuel_Tesis_Licenciatura_2019%20(1).pdf)

Pucutuni Yapura, S., & Arias Aquino, E. (2019). Diseño de concreto Fast Track con fines de uso para rehabilitación de pavimentos rígidos en la ciudad de Juliaca [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional, Juliaca. Obtenido de file:///C:/Users/deny4/Downloads/Samuel_Tesis_Licenciatura_2019%20(2).pdf

Rivva López, E. (2013). Diseño de Mezclas. 2da.

Rodríguez Matallana, R. (2019). El Concreto Fundamentos y Nuevas Tecnologías. Corona.

Sánchez de Gusmán, D. (2016). Tecnología del concreto y del mortero (5ta. ed.). Bogotá, Colombia: Multiletras Editores Ltda.

ANEXOS

ANEXO N°1: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA

CHILETE

1. AGREGADO GRUESO

Tabla 18

Análisis Granulométrico del Agregado Grueso: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012 / AASHTO T-27/ MTC E 202.

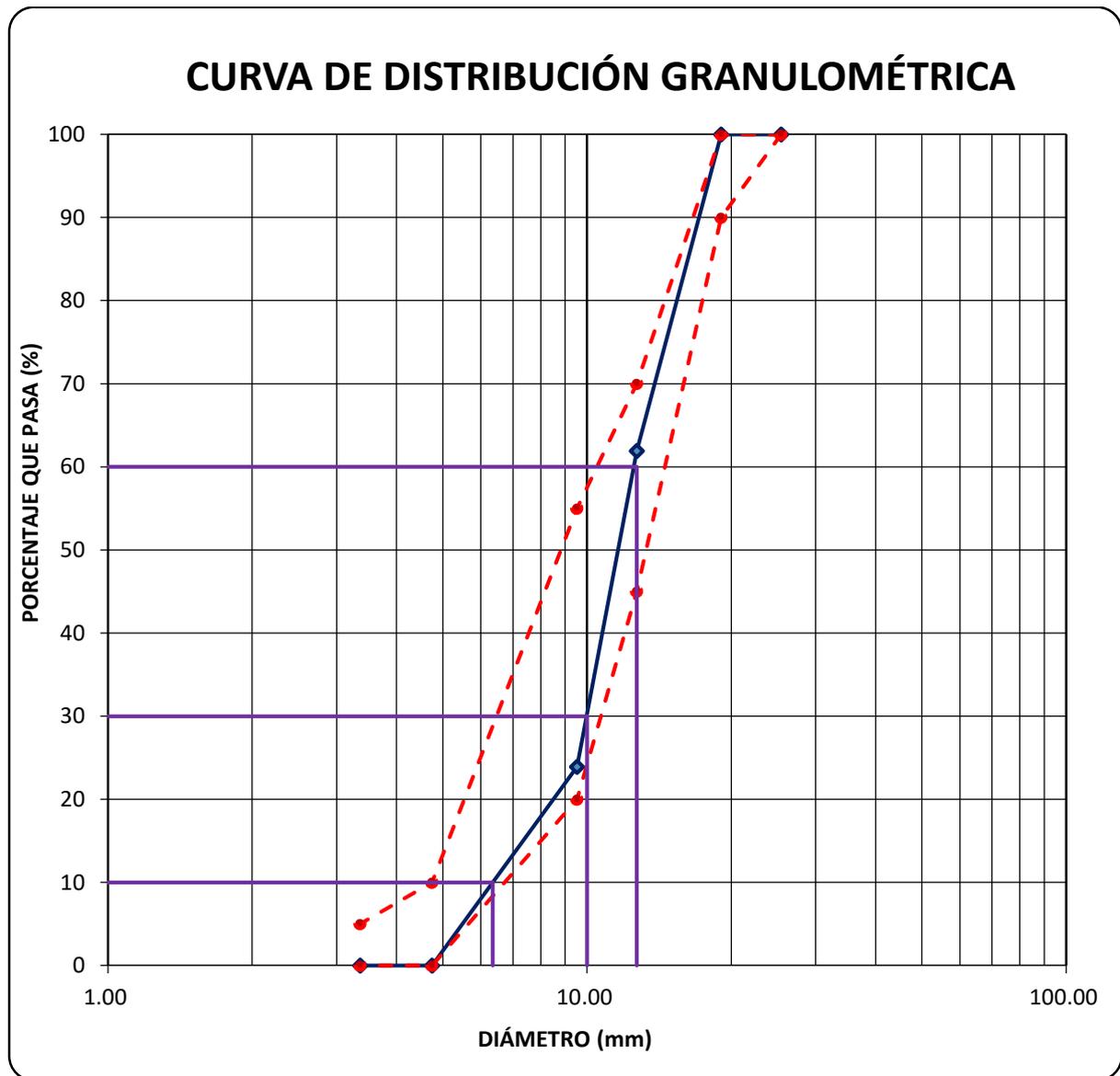
Peso Seco Inicial = 4000.00

PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200) = 0.00

N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	1524.00	38.10	38.10	61.90
3/8"	9.53	1519.00	37.98	76.08	23.93
N°4	4.75	957.00	23.93	100.00	0.00
N°8	3.36	0.00	0.00	100.00	0.00
N 16	1.18	0.00	0.00	100.00	0.00
N 30	0.60	0.00	0.00	100.00	0.00
N 50	0.30	0.00	0.00	100.00	0.00
N 100	0.15	0.00	0.00	100.00	0.00
N 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
Cazoleta	--	0	0.00	100.00	0.00
TOTAL		4000.00			

MÓDULO DE FINURA =

6.761

Figura 12*Curva Granulométrica del Agregado Grueso.*

D60 =	13.00	D30 =	10.00	D10 =	6.40
	Cu =	2.03	Cc =	1.20	

Tabla 19*Peso Específico del Agua.*

Descripción	Peso	unidades
Peso de la fiola	191.98	g
Peso de la fiola +agua	689.5	g
Volumen de la fiola	500.00	cm ³
Peso especifico	0.99504	g/cm ³
P.e en (Kg/m ³)	995.04	kg/cm ³

Tabla 20
Factor de calibración (f) del agregado grueso

Descripción	Peso	unidades
Peso del Molde	4226.00	g
Peso del Molde + Agua	13558.00	g
Peso Agua (Kg)	9.3320	kg
f (1/m ³)	106.627	1/m ³

Tabla 21
Peso Unitario Suelto agregado Grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203).

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4226.00	4226.00	4226.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	17995.00	17829.00	17874.00	
Peso de la muestra suelta	g	13769.00	13603.00	13648.00	
Factor (f)	1/m ³	106.627	106.627	106.627	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.468	1.450	1.455	1.458
Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1468	1450	1455	1458

Tabla 22
Peso Unitario Compactado Agregado Grueso (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203).

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4226.00	4226.00	4226.00	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	19051.00	19022.00	19121.00	
Peso de la muestra suelta	g	14825.00	14796.00	14895.00	
Factor (f)	1/m ³	106.627	106.627	106.627	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.581	1.578	1.588	1.582
Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1581	1578	1588	1582

Tabla 23*Peso Específico Agregado Grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	2744.20	2743.90	2743.80	
Peso de canastilla sumergida	g	875.00	875.00	875.00	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2967.40	2966.90	2966.50	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1869.20	1868.90	1868.80	
Peso Específico de Masa	g/cm³	2.624	2.623	2.622	2.620
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/cm³	2.653	2.652	2.652	2.650
Peso Específico de Aparente	g/cm³	2.702	2.702	2.702	2.700

Tabla 24*Absorción (%) Agregado Grueso - ASTM C -127 / MTC E 204 / NTP 400.021.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2967.40	2966.90	2966.50	
Absorción (%)	%	1.099	1.116	1.129	1.100

Tabla 25*Contenido de Humedad (%) Agregado Grueso - A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	355.00	358.00	359.00	
Peso del Recipiente + muestra Húmeda	g	1566.00	1589.00	1369.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1561.00	1585.00	1364.00	
Contenido de Humedad	W %	0.41	0.33	0.50	0.41

Tabla 26

Ensayo de Abrasión Agregado Grueso - / NTP 400.019 / ASTM C 702 / MTC E 207.

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revoluciones	Tamaño o Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	1/2"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3733	3744	3758
% Desg. = ((Pi -Pf) / Pi) x 100				25.34	25.12	24.84
Abrasión % Desgaste Promedio					25.00	

Tabla 27

Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Grueso.

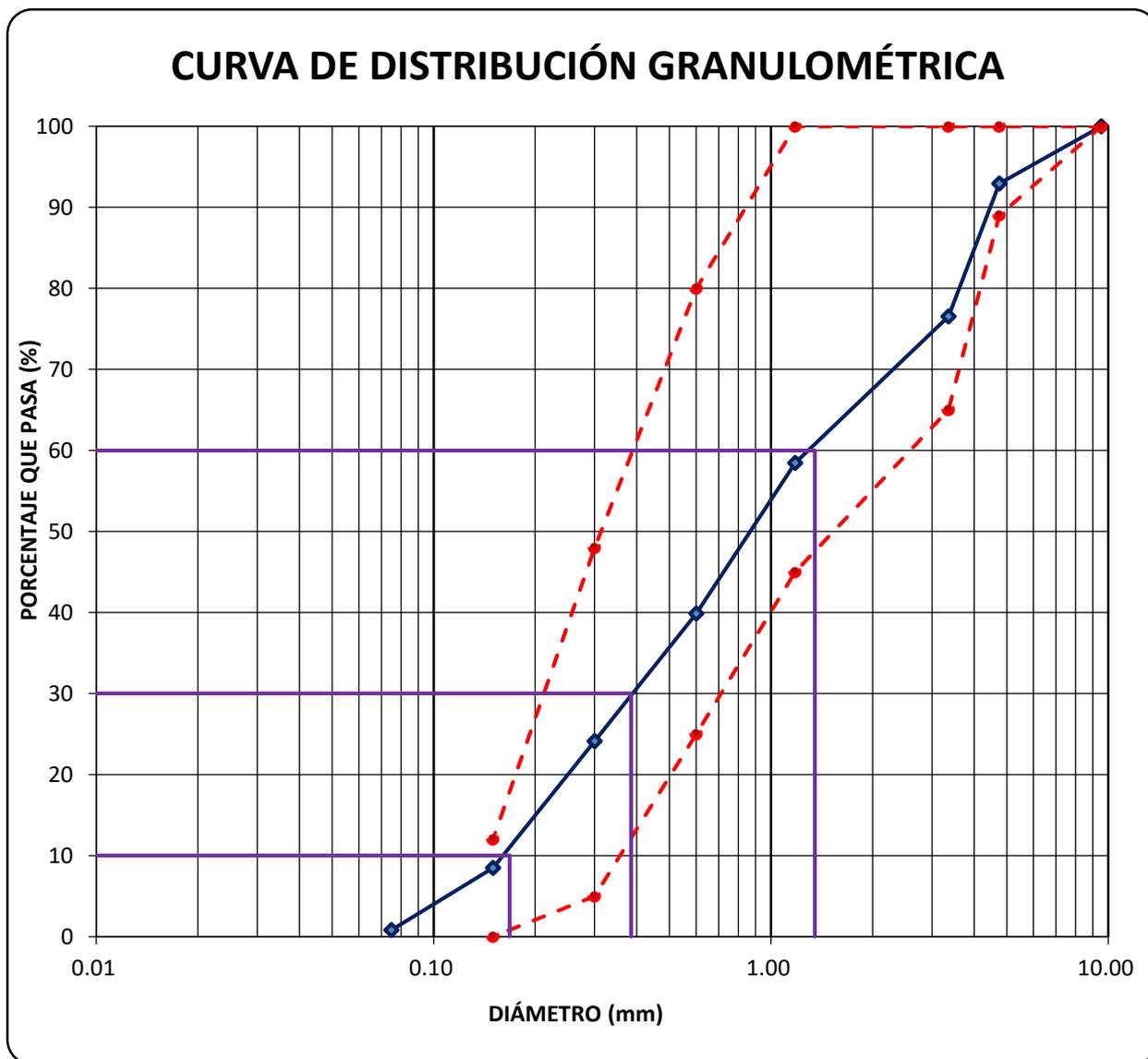
Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	2992.20	2993.30	2993.10	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	7.80	6.70	6.90	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.260%	0.223%	0.230%	0.20%

2. AGREGADO FINO

Tabla 28

Análisis Granulométrico del Agregado fino: A.S.T.M. C 136 / NTP 400.012/AASHTO T- 27/ MTC E 202.

Peso Seco Inicial	=	1500.00			
PESO SECO MENOR QUE 0.075 mm. (MALLA N° 200)	=	12.00			
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	106.00	7.07	7.07	92.93
N°8	3.36	246.00	16.40	23.47	76.53
N 16	1.18	271.00	18.07	41.53	58.47
N 30	0.60	279.00	18.60	60.13	39.87
N 50	0.30	236.00	15.73	75.87	24.13
N 100	0.15	235.00	15.67	91.53	8.47
N 200	0.075	115.00	7.67	99.20	0.80
Cazoleta	--	12	0.80	100.00	0.00
TOTAL		1500.0			
MÓDULO DE FINURA =			2.996		

Figura 13*Curva granulométrica de agregado fino*

D60 =	1.35	D30 =	0.385	D10 =	0.168
Cu =	8.04	Cc =	0.65		

Tabla 29*Factor de calibración (f) del agregado fino*

Descripción	Peso	unidades
Peso del Molde	1995.45	g
Peso del Molde + Agua	4816	g
Peso Agua	2.82055	kg
f (1/m ³) =	352.78	1/m ³

Tabla 30*Peso Unitario Suelto (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203).*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1995.45	1995.45	1995.45	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	6675.00	6712.00	6785.00	
Peso de la muestra suelta	g	4679.55	4716.55	4789.55	
Factor (f)		352.782	352.782	352.782	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.651	1.664	1.690	1.668
Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1651	1664	1690	1668

Tabla 31*Peso Unitario Compactado (NTP 400.017, NTP 400.037 /A.S.T.M.C -29 / MTC E 203).*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1995.45	1995.45	1995.45	
Peso de muestra Compactada + recipiente	g	7122.00	7095.00	7045.00	
Peso de la muestra suelta	g	5126.55	5099.55	5049.55	
Factor (f)	1/m ³	352.782	352.782	352.782	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.809	1.799	1.781	1.796
Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1809	1799	1781	1796

Tabla 32*Peso Específico /NTP 400.022/ A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	191.98	191.98	191.98	
Peso de la fiola +agua hasta menisco	g	689.50	689.50	689.50	
peso de la fiola +agua + muestra	g	1004.2	1003.9	1003.7	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	493.61	493.63	493.68	
volumen de agua añadida al frasco (g)	g	312.22	311.92	311.72	
Peso Específico de Masa	g/m³	2.629	2.625	2.622	2.630
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco	g/m³	2.663	2.658	2.656	2.660
Peso Específico de Aparente	g/m³	2.721	2.717	2.713	2.720

Tabla 33*Absorción (%) / NTP 400.022 / A.S.T.M.C -128 / AASHTO T84 / MTC E 203.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	493.61	493.63	493.68	
Absorción (%)	%	1.295	1.290	1.280	1.300

Tabla 34*Contenido de Humedad (%) A.S.T.M.C -566 / MTC E 118 / NTP 339.185*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	358.00	357.00	360.00	
Peso del Recipiente + muestra Húmeda	g	1696.00	1542.00	1669.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1644.00	1495.00	1615.00	
Contenido de Humedad	W %	4.04	4.13	4.30	4.16

Tabla 35*Ensayo Partículas < N° 200 para el Agregado Fino*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	492.30	492.60	492.90	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	7.70	7.40	7.10	
Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	1.540%	1.480%	1.420%	1.50%

ANEXON°2: DISEÑO DE MEZCLA

1. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PATRÓN		
Cemento Pacasmayo Tipo I (ASTM C - 150)		
Peso Específico		3.110 g/cm ³
Agregados	Cantera	
Agregado Fino	Margarita - Chilete	
Agregado Grueso	Margarita - Chilete	
1. Resistencia a compresión requerida.		
- Resistencia a la compresión especificada del concreto (f'_c)	=	280.00 kg/cm ²
- Resistencia a la compresión requerida del concreto (f'_{cr})= $f'_c + 85$	=	365.00 kg/cm ²
2. Tamaño máximo nominal del agregado grueso.		
	TMN	= 1/2"
3. Asentamiento.		
	Slump	= 3" - 4"
4. Volumen Unitario de agua.		
	Agua de Diseño	= 216 l/m ³
5. Contenido de aire.		
	% Aire atrapado	= 2.5 %
6. Relación Agua - Cemento (a/c).		
	Por resistencia	= 0.464
7. Peso y Factor del Cemento.		
	Cemento	= 465.52 kg/m ³
	Factor Cemento	= 10.95 bls/m ³
8. Volúmenes absolutos de la Pasta.		
	Cemento	= 0.149684 m ³
	Agua de Diseño	= 0.216 m ³
	Aire	= 0.0250 m ³
9. Volúmenes absolutos de los agregados.		
	Agregado grueso y fino	= 0.609316 m ³
10. Corrección de vacíos.		
	Vacios por corregir	= 4.611 %
11. Módulo de fineza de la combinación de agregados.		
	mc sin corregir por vacíos	= 4.836
	mc corregido por vacíos	= 4.744
12. Porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto.		
	% agregado fino	= 53.57 %
	% agregado grueso	= 46.43 %
13. Volúmenes Absolutos.		
	<u>Pasta</u>	= 0.390684 m ³
	Cemento	= 0.149684 m ³
	Agua de Diseño	= 0.216000 m ³
	Aire	= 0.025000 m ³
	<u>Agregados</u>	= 0.609316 m ³
	Agregado fino	= 0.326411 m ³
	Agregado grueso	= 0.282905 m ³

14. Peso seco de los materiales de diseño por m3.

Cemento	=	465.52 kg/m3
Agua de Diseño	=	216.00 l/m3
Agregado Fino Seco	=	858 kg/m3
Agregado Grueso Seco	=	741 kg/m3

15. Corrección de humedad de los agregados.

<i>Humedad Superficial de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	2.86 %
	Agregado Grueso	=	-0.69 %

<i>Aporte de humedad de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	24.54
	Agregado Grueso	=	-5.09
	Aporte Total	=	19.45

<i>Materiales corregidos por Humedad:</i>	Cemento	=	465.52 kg/m3
	Agua Efectiva	=	196.55 l/m3
	Agregado Fino Humedo	=	894.16 kg/m3
	Agregado Grueso Humedo	=	744.27 kg/m3

16. Proporción en peso.

Cemento:	=	1.00
Agregado fino:	=	1.90
Agregado grueso:	=	1.60
Agua	=	17.95 l/bolsa

17. Proporción en Volumen.

Cemento:	=	1.00
Agregado fino:	=	1.70
Agregado grueso:	=	1.65
Agua	=	17.95 l/bolsa

18. Proporción por tanda (0.020 m3).

Cemento:	=	6982.8 g/tanda
Agregado fino:	=	13412.4 g/tanda
Agregado grueso:	=	11164.1 g/tanda
Agua	=	2948.2 l/tanda

2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO CON 0.2% DE ADITIVO				
Cemento Pacasmayo Tipo I (ASTM C - 150)				
Peso Específico				3.110 g/cm3
Agregados	Cantera			
Agregado Fino	Margarita - Chilete			
Agregado Grueso	Margarita - Chilete			
Aditivo	Marca			
Z FLUIDIZANTE SR-1000	Z ADITIVOS	Pe	=	1.09 g/cm3
1. Resistencia a compresión requerida.				
- Resistencia a la compresión especificada del concreto (f'_c)			=	280.00 kg/cm2
- Resistencia a la compresión requerida del concreto ($f'_{cr} = f'_c + 85$)			=	365.00 kg/cm2
2. Tamaño máximo nominal del agregado grueso.				
	TMN		=	1/2"
3. Asentamiento.				
	Slump		=	3" - 4"
4. Volumen Unitario de agua.				
	Agua de Diseño		=	190 l/m3
5. Contenido de aire.				
	% Aire atrapado		=	2.5 %
6. Relación Agua - Cemento (a/c).				
	Por resistencia		=	0.465
7. Peso y Factor del Cemento.				
	Cemento		=	408.60 kg/m3
	Factor Cemento		=	9.61 bls/m3
8. Volúmenes absolutos de la Pasta.				
	Cemento		=	0.131383 m3
	Z FLUIDIZANTE SR-1000		=	0.00075 m3
	Agua de Diseño		=	0.190 m3
	Aire		=	0.0250 m3
9. Volúmenes absolutos de los agregados.				
	Agregado grueso y fino		=	0.652867 m3
10. Corrección de vacíos.				
	Vacios por corregir		=	4.611 %
11. Módulo de fineza de la combinación de agregados.				
	mc sin corregir por vacíos		=	4.733
	mc corregido por vacíos		=	4.641
12. Porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto.				
	% agregado fino		=	56.32 %
	% agregado grueso		=	43.68 %
13. Volúmenes Absolutos.				
	<i>Pasta</i>		=	0.347133 m3
	Cemento		=	0.131383 m3
	Z FLUIDIZANTE SR-1000		=	0.00075 m3
	Agua de Diseño		=	0.190 m3
	Aire		=	0.025 m3
	<i>Agregados</i>		=	0.652867 m3
	Agregado fino		=	0.367695 m3
	Agregado grueso		=	0.285172 m3

14. Peso seco de los materiales de diseño por m3.

Cemento	=	408.60 kg/m3
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	0.750 Lt
Agua de Diseño	=	190.00 l/m3
Agregado Fino Seco	=	967 kg/m3
Agregado Grueso Seco	=	747 kg/m3

15. Corrección de humedad de los agregados.

<i>Humedad Superficial de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	2.86 %
	Agregado Grueso	=	-0.69 %

<i>Aporte de humedad de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	27.65
	Agregado Grueso	=	-5.13
	Aporte Total	=	22.51

<i>Materiales corregidos por Humedad:</i>	Cemento	=	408.60 kg/m3
	Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	0.750 Lt
	Agua Efectiva	=	167.49 l/m3
	Agregado Fino Humedo	=	1007.26 kg/m3
	Agregado Grueso Humedo	=	750.24 kg/m3

16. Proporción en peso.

Cemento:	=	1.00
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	78 cm3/bolsa
Agregado fino:	=	2.45
Agregado grueso:	=	1.85
Agua	=	17.43 l/bolsa

17. Proporción en Volumen.

Cemento:	=	1.00
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	78 cm3/bolsa
Agregado fino:	=	2.20
Agregado grueso:	=	1.90
Agua	=	17.43 l/bolsa

18. Proporción por tanda (0.020 m3).

Cemento:	=	8172 g/tanda
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	16.35 g/tanda
Agregado fino:	=	20145 g/tanda
Agregado grueso:	=	15005 g/tanda
Agua	=	3350 l/tanda

3. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO CON 0.5% DE ADITIVO

Cemento Pacasmayo Tipo I (ASTM C - 150)				
Peso Específico				3.110 g/cm ³
Agregados	Cantera			
Agregado Fino	Margarita - Chilete			
Agregado Grueso	Margarita - Chilete			
Aditivo	Marca			
Z FLUIDIZANTE SR-1000	Z ADITIVOS	Pe	=	1.09 g/cm ³
1. Resistencia a compresión requerida.				
- Resistencia a la compresión especificada del concreto (f' _c)			=	280.00 kg/cm ²
- Resistencia a la compresión requerida del concreto (f' _{cr})=f' _c + 85			=	365.00 kg/cm ²
2. Tamaño máximo nominal del agregado grueso.				
	TMN		=	1/2"
3. Asentamiento.				
	Slump		=	3" - 4"
4. Volumen Unitario de agua.				
	Agua de Diseño		=	190 l/m ³
5. Contenido de aire.				
	% Aire atrapado		=	2.5 %
6. Relación Agua - Cemento (a/c).				
	Por resistencia		=	0.465
7. Peso y Factor del Cemento.				
	Cemento		=	408.60 kg/m ³
	Factor Cemento		=	9.61 bls/m ³
8. Volúmenes absolutos de la Pasta.				
	Cemento		=	0.131383 m ³
	Z FLUIDIZANTE SR-1000		=	0.001874 m ³
	Agua de Diseño		=	0.190 m ³
	Aire		=	0.0250 m ³
9. Volúmenes absolutos de los agregados.				
	Agregado grueso y fino		=	0.651743 m ³
10. Corrección de vacíos.				
	Vacios por corregir		=	4.611 %
11. Módulo de fineza de la combinación de agregados.				
	mc sin corregir por vacíos		=	4.733
	mc corregido por vacíos		=	4.641
12. Porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto.				
	% agregado fino		=	56.32 %
	% agregado grueso		=	43.68 %
13. Volúmenes Absolutos.				
	<i>Pasta</i>		=	0.348257 m ³
	Cemento		=	0.131383 m ³
	Z FLUIDIZANTE SR-1000		=	0.001874 m ³
	Agua de Diseño		=	0.190 m ³
	Aire		=	0.025 m ³
	<i>Agregados</i>		=	0.651743 m ³
	Agregado fino		=	0.367061 m ³
	Agregado grueso		=	0.284681 m ³

14. Peso seco de los materiales de diseño por m3.

Cemento	=	408.60 kg/m3
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	1.874 Lt
Agua de Diseño	=	190.00 l/m3
Agregado Fino Seco	=	965 kg/m3
Agregado Grueso Seco	=	746 kg/m3

15. Corrección de humedad de los agregados.

<i>Humedad Superficial de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	2.86 %
	Agregado Grueso	=	-0.69 %

<i>Aporte de humedad de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	27.60
	Agregado Grueso	=	-5.12
	Aporte Total	=	22.48

<i>Materiales corregidos por Humedad:</i>	Cemento	=	408.60 kg/m3
	Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	1.874 Lt
	Agua Efectiva	=	167.52 l/m3
	Agregado Fino Humedo	=	1005.52 kg/m3
	Agregado Grueso Humedo	=	748.95 kg/m3

16. Proporción en peso.

Cemento:	=	1.00
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	195 cm3/bolsa
Agregado fino:	=	2.45
Agregado grueso:	=	1.85
Agua	=	17.43 l/bolsa

17. Proporción en Volumen.

Cemento:	=	1.00
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	195 cm3/bolsa
Agregado fino:	=	2.20
Agregado grueso:	=	1.90
Agua	=	17.43 l/bolsa

18. Proporción por tanda (0.020 m3).

Cemento:	=	8172 g/tanda
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	40.85 g/tanda
Agregado fino:	=	20110 g/tanda
Agregado grueso:	=	14979 g/tanda
Agua	=	3350 l/tanda

4. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO CON 1.0% DE ADITIVO				
Cemento Pacasmayo Tipo I (ASTM C - 150)				
Peso Específico				3.110 g/cm ³
Agregados		Cantera		
Agregado Fino		Margarita - Chilete		
Agregado Grueso		Margarita - Chilete		
Aditivo		Marca		
Z FLUIDIZANTE SR-1000	Z ADITIVOS	Pe	=	1.09 g/cm ³
1. Resistencia a compresión requerida.				
- Resistencia a la compresión especificada del concreto (f' _c)			=	280.00 kg/cm ²
- Resistencia a la compresión requerida del concreto (f' _{cr})=f' _c + 85			=	365.00 kg/cm ²
2. Tamaño máximo nominal del agregado grueso.				
	TMN		=	1/2"
3. Asentamiento.				
	Slump		=	3" - 4"
4. Volumen Unitario de agua.				
	Agua de Diseño		=	190 l/m ³
5. Contenido de aire.				
	% Aire atrapado		=	2.5 %
6. Relación Agua - Cemento (a/c).				
	Por resistencia		=	0.465
7. Peso y Factor del Cemento.				
	Cemento		=	408.60 kg/m ³
	Factor Cemento		=	9.61 bls/m ³
8. Volúmenes absolutos de la Pasta.				
	Cemento		=	0.131383 m ³
	Z FLUIDIZANTE SR-1000		=	0.003749 m ³
	Agua de Diseño		=	0.190 m ³
	Aire		=	0.025 m ³
9. Volúmenes absolutos de los agregados.				
	Agregado grueso y fino		=	0.649868 m ³
10. Corrección de vacíos.				
	Vacios por corregir		=	4.611 %
11. Módulo de fineza de la combinación de agregados.				
	mc sin corregir por vacíos		=	4.733
	mc corregido por vacíos		=	4.641
12. Porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto.				
	% agregado fino		=	56.32 %
	% agregado grueso		=	43.68 %
13. Volúmenes Absolutos.				
	<i>Pasta</i>		=	0.350132 m ³
	Cemento		=	0.131383 m ³
	Z FLUIDIZANTE SR-1000		=	0.003749 m ³
	Agua de Diseño		=	0.190 m ³
	Aire		=	0.025 m ³
	<i>Agregados</i>		=	0.649868 m ³
	Agregado fino		=	0.366005 m ³
	Agregado grueso		=	0.283862 m ³

14. Peso seco de los materiales de diseño por m3.

Cemento	=	408.60 kg/m3
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	3.749 Lt
Agua de Diseño	=	190.00 l/m3
Agregado Fino Seco	=	963 kg/m3
Agregado Grueso Seco	=	744 kg/m3

15. Corrección de humedad de los agregados.

<i>Humedad Superficial de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	2.86 %
	Agregado Grueso	=	-0.69 %

<i>Aporte de humedad de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	27.52
	Agregado Grueso	=	-5.11
	Aporte Total	=	22.41

<i>Materiales corregidos por Humedad:</i>	Cemento	=	408.60 kg/m3
	Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	3.749 Lt
	Agua Efectiva	=	167.59 l/m3
	Agregado Fino Humedo	=	1002.63 kg/m3
	Agregado Grueso Humedo	=	746.79 kg/m3

16. Proporción en peso.

Cemento:	=	1.00
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	390 cm3/bolsa
Agregado fino:	=	2.45
Agregado grueso:	=	1.85
Agua	=	17.43 l/bolsa

17. Proporción en Volumen.

Cemento:	=	1.00
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	390 cm3/bolsa
Agregado fino:	=	2.20
Agregado grueso:	=	1.90
Agua	=	17.43 l/bolsa

18. Proporción por tanda (0.020 m3).

Cemento:	=	8172 g/tanda
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	81.73 g/tanda
Agregado fino:	=	20053 g/tanda
Agregado grueso:	=	14936 g/tanda
Agua	=	3352 l/tanda

5. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO CON 1.5% DE ADITIVO

Cemento Pacasmayo Tipo I (ASTM C - 150)				
Peso Específico				3.110 g/cm ³
Agregados	Cantera			
Agregado Fino	Margarita - Chilete			
Agregado Grueso	Margarita - Chilete			
Aditivo	Marca			
Z FLUIDIZANTE SR-1000	Z ADITIVOS	Pe	=	1.09 g/cm ³
1. Resistencia a compresión requerida.				
- Resistencia a la compresión especificada del concreto (f'_c)			=	280.00 kg/cm ²
- Resistencia a la compresión requerida del concreto (f'_{cr})= $f'_c + 85$			=	365.00 kg/cm ²
2. Tamaño máximo nominal del agregado grueso.				
	TMN		=	1/2"
3. Asentamiento.				
	Slump		=	3" - 4"
4. Volumen Unitario de agua.				
	Agua de Diseño		=	190 l/m ³
5. Contenido de aire.				
	% Aire atrapado		=	2.5 %
6. Relación Agua - Cemento (a/c).				
	Por resistencia		=	0.465
7. Peso y Factor del Cemento.				
	Cemento		=	408.60 kg/m ³
	Factor Cemento		=	9.61 bls/m ³
8. Volúmenes absolutos de la Pasta.				
	Cemento		=	0.131383 m ³
	Z FLUIDIZANTE SR-1000		=	0.005623 m ³
	Agua de Diseño		=	0.190 m ³
	Aire		=	0.025 m ³
9. Volúmenes absolutos de los agregados.				
	Agregado grueso y fino		=	0.647994 m ³
10. Corrección de vacíos.				
	Vacios por corregir		=	4.611 %
11. Módulo de fineza de la combinación de agregados.				
	mc sin corregir por vacíos		=	4.733
	mc corregido por vacíos		=	4.641
12. Porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto.				
	% agregado fino		=	56.32 %
	% agregado grueso		=	43.68 %
13. Volúmenes Absolutos.				
	<i>Pasta</i>		=	0.352006 m ³
	Cemento		=	0.131383 m ³
	Z FLUIDIZANTE SR-1000		=	0.005623 m ³
	Agua de Diseño		=	0.190 m ³
	Aire		=	0.025 m ³
	<i>Agregados</i>		=	0.647994 m ³
	Agregado fino		=	0.364950 m ³
	Agregado grueso		=	0.283044 m ³

14. Peso seco de los materiales de diseño por m3.

Cemento	=	408.60 kg/m3
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	5.623 Lt
Agua de Diseño	=	190.00 l/m3
Agregado Fino Seco	=	960 kg/m3
Agregado Grueso Seco	=	742 kg/m3

15. Corrección de humedad de los agregados.

<i>Humedad Superficial de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	2.86 %
	Agregado Grueso	=	-0.69 %

<i>Aporte de humedad de los agregados:</i>	Agregado Fino	=	27.44
	Agregado Grueso	=	-5.09
	Aporte Total	=	22.35

<i>Materiales corregidos por Humedad:</i>	Cemento	=	408.60 kg/m3
	Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	5.623 Lt
	Agua Efectiva	=	167.65 l/m3
	Agregado Fino Humedo	=	999.74 kg/m3
	Agregado Grueso Humedo	=	744.64 kg/m3

16. Proporción en peso.

Cemento:	=	1.00
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	585 cm3/bolsa
Agregado fino:	=	2.45
Agregado grueso:	=	1.80
Agua	=	17.45 l/bolsa

17. Proporción en Volumen.

Cemento:	=	1.00
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	585 cm3/bolsa
Agregado fino:	=	2.20
Agregado grueso:	=	1.85
Agua	=	17.45 l/bolsa

18. Proporción por tanda (0.020 m3).

Cemento:	=	8172 g/tanda
Z FLUIDIZANTE SR-1000	=	122.58 g/tanda
Agregado fino:	=	19995 g/tanda
Agregado grueso:	=	14893 g/tanda
Agua	=	3353 l/tanda

ANEXO N°3 PROPIEDADES DEL CONCRETO

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO / NTP 339.046

Tabla 36

Cálculo del peso específico del agua.

Datos	Resultado
Peso de la fiola en (g) =	191.98
Peso de la fiola +agua (g) =	690.20
Volumen de la fiola (cm ³) =	500.00
Peso específico (g/cm ³) =	0.99644
P.e en (Kg/m ³) =	996.44

Tabla 37

Cálculo del factor f.

Datos	Resultado
Peso del Molde (g) =	4229.00
Peso del Molde +Agua (g) =	13768.00
Peso Agua (Kg) =	9.5390
f (1/m ³) =	104.460

Tabla 38

Peso unitario del concreto fresco - Diseño Patrón.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4229.00	4229.00	4229.00	
Peso del concreto fresco + recipiente	g	26483.00	26255.00	26396.00	
Peso del concreto fresco	g	22254.00	22026.00	22167.00	
Factor (f)	1/m ³	104.460	104.460	104.460	
Peso Unitario del Concreto Fresco	g/cm ³	2.325	2.301	2.316	
Peso Unitario del Concreto Fresco	Kg/m³	2325	2301	2316	2314

Tabla 39*Peso unitario del concreto fresco – Dosificación 0.20% de aditivo.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4229.00	4229.00	4229.00	
Peso del concreto fresco + recipiente	g	26584.00	26577.00	26564.00	
Peso del concreto fresco	g	22355.00	22348.00	22335.00	
Factor (f)	1/m ³	104.460	104.460	104.460	
Peso Unitario del Concreto Fresco	g/cm ³	2.335	2.334	2.333	
Peso Unitario del Concreto Fresco	Kg/m³	2335	2334	2333	2334

Tabla 40*Peso unitario del concreto fresco – Dosificación 0.50% de aditivo.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4229.00	4229.00	4229.00	
Peso del concreto fresco + recipiente	g	26711.00	26555.00	26699.00	
Peso del concreto fresco	g	22482.00	22326.00	22470.00	
Factor (f)	1/m ³	104.460	104.460	104.460	
Peso Unitario del Concreto Fresco	g/cm ³	2.348	2.332	2.347	
Peso Unitario del Concreto Fresco	Kg/m³	2348	2332	2347	2342

Tabla 41*Peso unitario del concreto fresco – Dosificación 1.00% de aditivo.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4229.00	4229.00	4229.00	
Peso del concreto fresco + recipiente	g	26801.00	26795.00	26818.00	
Peso del concreto fresco	g	22572.00	22566.00	22589.00	
Factor (f)	1/m ³	104.460	104.460	104.460	
Peso Unitario del Concreto Fresco	g/cm ³	2.358	2.357	2.360	
Peso Unitario del Concreto Fresco	Kg/m³	2358	2357	2360	2358

Tabla 42*Peso unitario del concreto fresco – Dosificación 1.50% de aditivo.*

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4229.00	4229.00	4229.00	
Peso del concreto fresco + recipiente	g	26919.00	26899.00	26951.00	
Peso del concreto fresco	g	22690.00	22670.00	22722.00	
Factor (f)	l/m ³	104.460	104.460	104.460	
Peso Unitario del Concreto Fresco	g/cm ³	2.370	2.368	2.374	
Peso Unitario del Concreto Fresco	Kg/m³	2370	2368	2374	2371

A. RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA EDADES DE 3, 5 Y 7 DÍAS

Tabla 43

Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 3 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	PATRÓN - M1	3	437.35	44597.45	280	15.20	181.46	245.77	87.78%	5
2	PATRÓN - M2	3	415.80	42399.96	280	15.18	180.98	234.28	83.67%	5
3	PATRÓN - M3	3	421.60	42991.40	280	15.17	180.74	237.86	84.95%	6
4	PATRÓN - M4	3	437.20	44582.16	280	15.16	180.50	246.99	88.21%	3
5	PATRÓN - M5	3	426.60	43501.26	280	15.20	181.46	239.73	85.62%	5
PROM								240.93	86.04%	
Desv		5.3674								

Tabla 44

Resistencia a la compresión del concreto con adición de 0.2% de aditivo edad de 3 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D1 - M1	3	480.22	48968.99	280	15.11	179.32	273.09	97.53%	3
2	D1 - M2	3	477.55	48696.73	280	15.12	179.55	271.21	96.86%	3
3	D1 - M3	3	468.95	47819.77	280	15.11	179.32	266.68	95.24%	5
4	D1 - M4	3	472.33	48164.43	280	15.12	179.55	268.25	95.80%	5
5	D1 - M5	3	476.11	48549.89	280	15.14	180.03	269.68	96.31%	5
PROM								269.78	96.35%	
Desv		2.4984								

Tabla 45

Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5% de aditivo a edad de 3 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D2 - M1	3	501.88	51177.71	280	15.21	181.70	281.66	100.59%	5
2	D2 - M2	3	497.20	50700.48	280	15.20	181.46	279.41	99.79%	5
3	D2 - M3	3	488.20	49782.73	280	15.15	180.27	276.16	98.63%	6
4	D2 - M4	3	500.89	51076.76	280	15.11	179.32	284.84	101.73%	6
5	D2 - M5	3	490.08	49974.44	280	15.08	178.60	279.80	99.93%	5
PROM								280.38	100.13%	
Desv		3.1873								

Tabla 46

Resistencia a la compresión del concreto con adición 1% aditivo a edad de 3 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D3 - M1	3	520.33	53059.09	280	15.20	181.46	292.40	104.43%	3
2	D3 - M2	3	520.11	53036.66	280	15.18	180.98	293.05	104.66%	3
3	D3 - M3	3	520.15	53040.74	280	15.17	180.74	293.46	104.81%	3
4	D3 - M4	3	520.30	53056.03	280	15.14	180.03	294.71	105.25%	5
5	D3 - M5	3	521.33	53161.06	280	15.16	180.50	294.51	105.18%	5
PROM								293.63	104.87%	
Desv		0.9764								

Tabla 47

Resistencia a la compresión del concreto con adición 1.5 % aditivo a edad de 3 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D4 - M1	3	530.26	54071.67	280	15.12	179.55	301.15	107.55%	3
2	D4 - M2	3	528.90	53932.99	280	15.17	180.74	298.40	106.57%	3
3	D4 - M3	3	520.66	53092.74	280	15.22	181.94	291.82	104.22%	5
4	D4 - M4	3	533.22	54373.51	280	15.19	181.22	300.04	107.16%	5
5	D4 - M5	3	524.20	53453.72	280	15.09	178.84	298.89	106.75%	6
PROM								298.06	106.45%	
Desv		3.6462								

Tabla 48

Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 5 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	PATRÓN - M6	5	480.20	48966.95	280	15.21	181.70	269.50	96.25%	5
2	PATRÓN - M7	5	473.60	48293.94	280	15.15	180.27	267.90	95.68%	5
3	PATRÓN - M8	5	492.11	50181.44	280	15.21	181.70	276.18	98.64%	6
4	PATRÓN - M9	5	486.30	49588.98	280	15.24	182.41	271.85	97.09%	3
5	PATRÓN - M10	5	488.94	49858.19	280	15.16	180.50	276.22	98.65%	3
PROM								272.33	97.26%	
Desv		3.8009								

Tabla 49

Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.2% aditivo a edad de 5 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D1 - M6	5	530.22	54067.59	280	15.14	180.03	300.33	107.26%	4
2	D1 - M7	5	520.20	53045.83	280	15.04	177.66	298.58	106.64%	3
3	D1 - M8	5	540.30	55095.47	280	15.17	180.74	304.83	108.87%	5
4	D1 - M9	5	520.36	53062.15	280	15.11	179.32	295.91	105.68%	6
5	D1 - M10	5	518.69	52891.86	280	15.22	181.94	290.72	103.83%	6
PROM								298.07	106.45%	
Desv		5.2381								

Tabla 50

Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5 % aditivo a edad de 5 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D2 - M6	5	530.88	54134.90	280	15.12	179.55	301.50	107.68%	6
2	D2 - M7	5	540.66	55132.18	280	15.08	178.60	308.68	110.24%	6
3	D2 - M8	5	541.88	55256.59	280	15.03	177.42	311.44	111.23%	3
4	D2 - M9	5	542.66	55336.13	280	15.04	177.66	311.47	111.24%	3
5	D2 - M10	5	555.38	56633.21	280	15.21	181.70	311.69	111.32%	3
PROM								308.96	110.34%	
Desv		4.3503								

Tabla 51

Resistencia a la compresión del concreto con adición 1% aditivo a edad de 5 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D3 - M6	5	550.23	56108.05	280	15.11	179.32	312.90	111.75%	6
2	D3 - M7	5	560.19	57123.69	280	15.19	181.22	315.22	112.58%	6
3	D3 - M8	5	566.30	57746.74	280	15.17	180.74	319.50	114.11%	3
4	D3 - M9	5	568.40	57960.88	280	15.18	180.98	320.26	114.38%	3
5	D3 - M10	5	580.96	59241.65	280	15.21	181.70	326.05	116.44%	3
PROM								318.78	113.85%	
Desv		5.0683								

Tabla 52

Resistencia a la compresión del concreto con adición 1.5% aditivo a edad de 5 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D4 - M6	5	555.22	56616.89	280	15.11	179.32	315.74	112.76%	6
2	D4 - M7	5	560.30	57134.91	280	15.08	178.60	319.90	114.25%	6
3	D4 - M8	5	570.10	58134.24	280	15.14	180.03	322.92	115.33%	5
4	D4 - M9	5	570.30	58154.63	280	15.17	180.74	321.75	114.91%	3
5	D2 - M10	5	570.11	58135.26	280	15.16	180.50	322.07	115.03%	3
PROM								320.48	114.46%	
Desv		2.8685								

Tabla 53

Resistencia a la compresión del concreto patrón a edad de 7 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	PATRÓN - M11	7	540.33	55098.53	280	15.02	177.19	310.96	111.06%	5
2	PATRÓN - M12	7	530.11	54056.38	280	15.11	179.32	301.46	107.66%	5
3	PATRÓN - M13	7	540.99	55165.83	280	15.14	180.03	306.43	109.44%	3
4	PATRÓN - M14	7	537.13	54772.22	280	15.17	180.74	303.04	108.23%	6
5	PATRÓN - M15	7	520.93	53120.27	280	15.20	181.46	292.74	104.55%	6
PROM								302.93	108.19%	
Desv		6.7598								

Tabla 54

Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.2% aditivo a edad de 7 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D1 - M11	7	560.22	57126.75	280	15.14	180.03	317.32	113.33%	4
2	D1 - M12	7	570.11	58135.26	280	15.11	179.32	324.21	115.79%	3
3	D1 - M13	7	564.63	57576.45	280	15.09	178.84	321.94	114.98%	5
4	D1 - M14	7	570.74	58199.50	280	15.18	180.98	321.58	114.85%	6
5	D1 - M15	7	570.66	58191.34	280	15.21	181.70	320.27	114.38%	6
PROM								321.06	114.67%	
Desv		2.5277								

Tabla 55

Resistencia a la compresión del concreto con adición 0.5 % aditivo a edad de 7 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D2 - M11	7	577.66	58905.15	280	15.15	180.27	326.77	116.70%	6
2	D2 - M12	7	580.12	59156.00	280	15.11	179.32	329.90	117.82%	6
3	D2 - M13	7	579.32	59074.42	280	15.08	178.60	330.76	118.13%	3
4	D2 - M14	7	582.10	59357.90	280	15.16	180.50	328.84	117.44%	3
5	D2 - M15	7	576.97	58834.78	280	15.17	180.74	325.52	116.26%	3
PROM								328.36	117.27%	
Desv		2.1772								

Tabla 56

Resistencia a la compresión del concreto con adición 1 % aditivo a edad de 7 días.

N° DE ENSAYO	CÓDIGO	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA (KN)	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA (cm ²)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm ²)	% DEL f'c	FALLA TIPO
1	D3 - M11	7	595.63	60737.58	280	15.21	181.70	334.28	119.39%	3
2	D3 - M12	7	600.05	61188.30	280	15.20	181.46	337.20	120.43%	3
3	D3 - M13	7	611.25	62330.39	280	15.15	180.27	345.77	123.49%	5
4	D3 - M14	7	603.22	61511.55	280	15.11	179.32	343.03	122.51%	5
5	D3 - M15	7	589.61	60123.71	280	15.08	178.60	336.63	120.23%	3
PROM								339.38	121.21%	
Desv		4.8083								

ANEXO N° 05: CONSTANCIA DE USO DEL LABORATORIO



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / TEL. 076 633319

El gerente general de la empresa GUERSAN INGENIEROS S.R.L. deja:

CONSTANCIA:

Que el señor **LEINER GUERRERO GONZALES**, identificado con DNI N° 45567546, bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, **ha realizado ensayos de laboratorio en agregados y concreto** para complementar su trabajo de investigación de la tesis titulada: **"INFLUENCIA DEL ADITIVO Z FLUIDIZANTE SR-1000 EL PAVIMENTOS RÍGIDOS A EDADES TEMPRANAS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA"**. Dichos ensayos se realizaron entre los meses de mayo, junio y julio del 2023.

Los ensayos efectuados por el señor tesista fueron los siguientes:

- Ensayos de propiedades físicas y mecánicas de agregado grueso y fino.
- Ensayos de concreto autocompactante en estado fresco.
- Elaboración y ensayos a la compresión de 75 especímenes de concreto (probetas cilíndricas de 6"x12")
- Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 09 de agosto del 2023.

Atentamente,

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

LEINER GUERRERO GONZALES
GERENTE GENERAL
DNI N° 45567546

ANEXO N° 06: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



Pacasmayo

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



G-CC-F-04
Versión 04

Planta: Pacasmayo

Cemento Pórtland Tipo I

13 de enero de 2023

Periodo de despacho 01 de diciembre de 2022 - 31 de diciembre de 2022

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.4
SO ₃ (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.0
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.5

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	9
Superficie específica (cm ² /g)	2600 mín.	3960
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.10
Densidad (g/cm ³)	Λ	3.11
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	Λ	14.6
3 días	12.0 mín.	27.7
7 días	19.0 mín.	33.7
28 días *	28.0 mín.	42.0
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	145
Final	375 máx.	260

Λ No especifica

* Requisito opcional

El (la) RC 28 días corresponde al mes de noviembre del 2022

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2020.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

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

CEMENTO TIPO I “ESTRUCTURAL”



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland Tipo I. Gracias a su nuevo diseño de Clinker, se logra un concreto más durable brindando alta resistencia a todas las edades.

USOS

- Cemento de uso general.

ATRIBUTOS

Diseño que supera los requisitos de la normas nacionales

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

RECOMENDACIONES



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar en pilas de menos de 10 sacos.



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Resistencia a la compresión (psi)

■ Resultado Promedio ■ Requisito mínimo NTP 334.009 / ASTM C150



Cemento Portland tipo I

Requisitos Normalizados

NTP 334.009 / ASTM C150

REQUERIMIENTOS QUÍMICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.1
SO ₃	Máximo	3.0	%	NTP 334.086	2.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	3.1
Residuo insoluble	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

REQUERIMIENTOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	8
Finura, Superficie específica	Mínimo	2,600	cm ² /g	NTP 334.002	4000
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.07
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	12.0 (1740)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.4 (4260)
7 días	Mínimo	19.0 (2760)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
28 días ⁽¹⁾	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	45.3 (6570)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	139
Fraguado final	Máximo	375	Minutos	NTP 334.006	250

(1) Requisito opcional.

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha y hora de envasado: para que utilices el cemento más fresco



Fecha de vencimiento: para aprovechar de mejor manera sus propiedades

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.

ANEXO N°7 PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 14

Extracción de agregado grueso cantera chilete.



Figura 15

Extracción de agregado fino cantera chilete



Figura 16
Peso específico del agregado grueso.



Figura 17
Absorción y Peso específico del agregado fino.



Figura 18

Peso unitario seco compactado del agregado grueso.

**Figura 19**

Peso unitario suelto del agregado grueso.



Figura 20
Diseño del concreto patrón



Figura 21
Slump del concreto Patrón

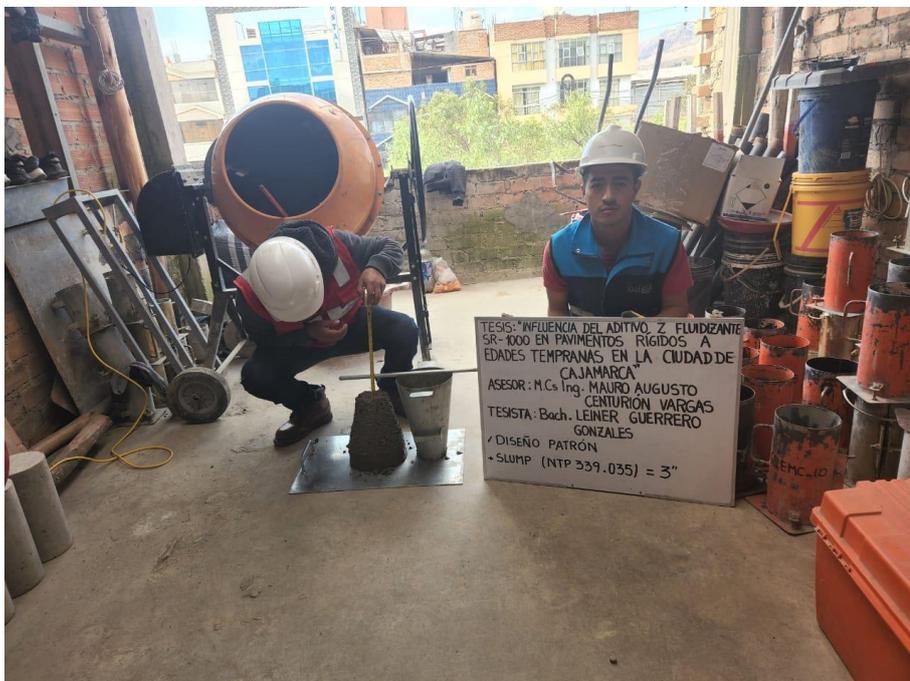


Figura 22

Slump del concreto con 0.2% de aditivo.

**Figura 23**

Slump del concreto con 0.5% de aditivo.



Figura 24
Slump del concreto con 1% de aditivo.



Figura 25
Slump del concreto con 1.5% de aditivo.

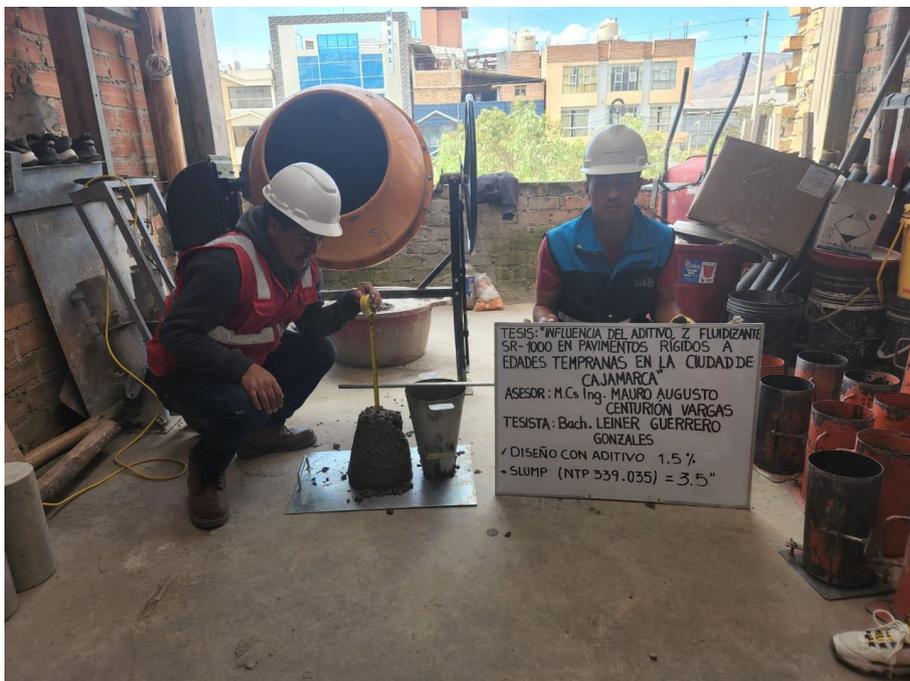


Figura 26
Temperatura del concreto fresco

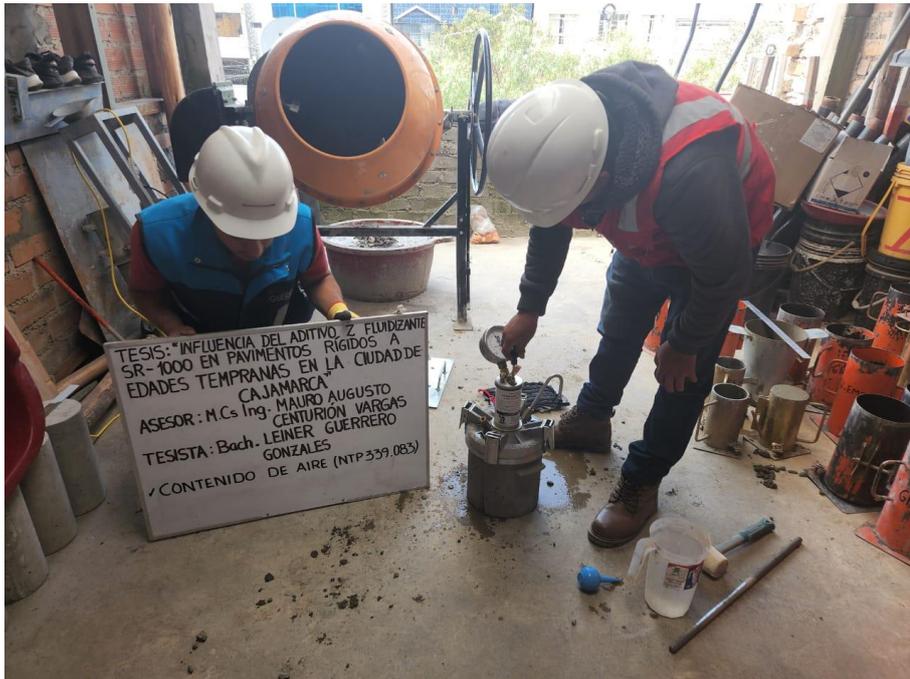


Figura 27
Peso unitario del Concreto en estado fresco



Figura 28

Contenido de aire del concreto en estado fresco

**Figura 29**

Ensayos de compresión para los especímenes de concreto.

