

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE ADITIVOS ACELERANTES
DE FRAGUA, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL
CONCRETO, APLICABLES A OBRAS HIDRÁULICAS PARA LAS
ALTITUDES 2600 A 3500 M.S.N.M, ÁNCASH”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

PRESENTADO POR:

Bach. LAURA YSABEL LÓPEZ MACEDO

PATROCINADOR:

Ing. Dr. FIDEL GREGORIO APARICIO ROQUE

HUARAZ - PERÚ

2020

**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL.**

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: _____

Código de alumno: _____ Teléfono: _____

Correo electrónico: _____ DNI o Extranjería: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Título Profesional o Grado obtenido:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela, Carrera o Programa: _____

7. Asesor:

Apellidos y nombres _____ Correo electrónico: _____

Teléfono: _____ N° de DNI o Extranjería: _____ ORCID: _____

8. Tipo de acceso al Documento

Acceso público* al contenido completo.

Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

12. Para ser llenado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de recepción del documento por el Repositorio Institucional:

Firma:



Ferrilán Wilton Eduardo
CORRESPONSABLE
- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis titulada: ***"EFECTO DE LA INCORPORACION DE ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO, APLICABLES A OBRAS HIDRAULICAS PARA LAS ALTITUDES 2600 A 3500 m.s.n.m, ANCASH"***, presentada por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Agrícola **LAURA YSABEL LOPEZ MACEDO**, y sustentada el día 17 de Diciembre del 2020, por Resolución Decanatural N° 344 -2020 - UNASAM - FCA, la declaramos **CONFORME**.

Huaraz, 17 de Diciembre de 2020.

Dr. PEDRO ALEJANDRO COLONIA CERNA

PRESIDENTE

Mag. EUGENIO JULIÁN MEJÍA ZÚÑIGA

SECRETARIO

Mag. JAVIER ALBERTO COTOS VERA

VOCAL

Dr. FIDEL GREGORIO APARICIO ROQUE

PATROCINADOR





UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, se reunieron a través de la plataforma virtual Microsoft Teams, para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por la Bachiller en Ciencias de Ingeniería Agrícola **LAURA YSABEL LOPEZ MACEDO**, titulada: **"EFECTO DE LA INCORPORACION DE ADITIVOS ACELERANTES DE FRAGUA, SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO, APLICABLES A OBRAS HIDRAULICAS PARA LAS ALTITUDES 2600 A 3500 m.s.n.m, ANCASH"**, Escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA

CON EL CALIFICATIVO (*)

DIECISEIS (16)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado APTA por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de INGENIERA AGRÍCOLA, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 17 de Diciembre de 2020.

Dr. PEDRO ALEJANDRO COLONIA CERNA

PRESIDENTE

Mag. EUGENIO JULIÁN MEJÍA ZÚÑIGA

SECRETARIO

Mag. JAVIER ALBERTO COTOS VERA

VOCAL

Dr. FIDEL GREGORIO APARICIO ROQUE

PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: APROBADA CON EXCELENCIA (19 - 20), APROBADA CON DISTINCIÓN (17 - 18), APROBADA (14 - 16), DESAPROBADO (00 - 13).

DEDICATORIA

A Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de fuerza para poder vencer todos los obstáculos.

A mi querida madre Isabel Macedo Calvo, por su cariño, afecto y enseñanzas que me ayudan en la realización de mis objetivos.

A mi padre Juan López Toledo, por su apoyo paternal que siempre me ha brindado en mi vida diaria.

A mis hermanos Noelia y Álvaro quienes con su apoyo y consejos me ayudaron a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater, UNASAM, a la gloriosa Facultad de Ciencias Agrarias, a mi querida Escuela de Ingeniería Agrícola y a sus docentes que me brindaron los conocimientos para lograr mi formación profesional.

A mi patrocinador Dr. Fidel Gregorio Aparicio Roque, por haberme dado la oportunidad de realizar la tesis bajo su asesoramiento, a mis jurados Dr. Colonia Cerna Pedro Alejandro, Mag. Mejía Zúñiga Julián Eugenio y Mag. Cotos Vera Javier Alberto, por sus valiosos aportes y sugerencias para la presente investigación.

Al laboratorio de Resistencia de Materiales y Mecánica de suelos, así como también al técnico David Azaña Domínguez y al señor Jaime, por su constante apoyo y colaboración en la realización de este proyecto de investigación.

A mis compañeros y amigos, por compartir sus conocimientos, experiencias y anécdotas. Y a todos los demás colaboradores que de forma directa e indirecta contribuyeron en la planificación y desarrollo del presente trabajo de investigación.

LISTA DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Formato de Autorizacion RENATI.....	ii
Acta de conformidad.....	iv
Acta de sustentación.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Lista de contenidos	viii
Índice general.....	ix
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras	xv
Índice de anexos.....	xvi
Resumen	xvii
Abstract	xviii

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. Objetivo General.....	1
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.2. Justificación e Importancia del Proyecto	2
1.2.1. Justificación.....	2
1.2.2. Importancia.....	3
II. MARCO TEORICO.....	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Internacionales.....	4
2.1.2. Nacionales	4
2.1.3. Locales.....	8
2.2. Marco teórico	9
2.2.1. El Concreto.....	9
2.2.2. Tipos de concreto.....	9
2.2.3. Propiedades Principales del Concreto	11
2.2.4. Estados del Concreto	12
2.2.5. Componentes Básicos del Concreto	12
2.2.6. El Cemento	13
2.2.6.1. Composición Química del Cemento.....	13

2.2.6.2.	Cementos Portland Comunes.....	15
2.2.6.3.	Clasificación de los Cementos Según su Composición.....	16
2.2.7.	El Agua.....	16
2.2.8.	El Agregado.....	17
2.2.8.1.	Clasificación de los Agregados para el Concreto.....	18
2.2.8.2.	Agregado grueso.....	20
2.2.8.3.	Agregado fino.....	20
2.2.8.4.	Propiedades Físicas de los Agregados.....	20
2.2.9.	Los Aditivos.....	25
2.2.9.1.	Tipos de Aditivos.....	25
2.2.9.2.	Aditivos acelerantes.....	26
2.2.9.3.	Sika 3.....	26
2.2.9.4.	Chema 3.....	28
2.2.10.	Obras hidráulicas:.....	30
2.2.11.	Zonzas altoandinas.....	37
2.2.11.1.	Clima en zonas altoandinas.....	37
2.2.11.2.	Efectos del Tiempo Frío en el Concreto.....	38
2.2.11.3.	Colocación del Concreto Bajo Temperaturas Extremas.....	39
2.2.12.	Norma Para la Aplicación de aditivos.....	40
2.3.	Definición de términos.....	41
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1.	Tipo y Diseño de la Investigación.....	43

3.1.1.	Tipo de Investigación	43
3.1.2.	Diseño de la Investigación.....	43
3.2.	Población y Muestra	45
3.2.1.	Población	45
3.2.2.	Muestra	45
3.3.	Hipótesis	45
3.4.	Descripción de las características del Área Experimental	46
3.4.1.	Ubicación del Área Experimental.....	46
3.4.2.	Descripción del Área Experimental.....	47
3.5.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	47
3.5.1.	Material Agregado.....	47
3.5.2.	Cemento Portland Tipo I	48
3.5.3.	Aditivos acelerantes Sika 3 y Chema 3	49
3.5.4.	Agua.....	49
3.6.	Equipos y Herramientas.....	49
3.6.1.	Laboratorio	49
3.6.2.	Gabinete.....	50
3.7.	Técnicas de Procesamiento.....	51
3.7.1.	Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados	51
3.7.2.	Diseño de Mezcla	54
3.7.3.	Ensayo de tiempo de fraguado del cemento por aguja de Vicat.....	57
3.7.4.	Determinación del Slump o Asentamiento (N.T.P. 339.035).....	58

3.7.5.	Elaboración de probetas de concreto con aditivo y sin aditivo	59
3.7.6.	Curado de probetas	61
3.7.7.	Ensayo de resistencia a la compresión	61
3.8.	Modelo de investigación experimental	61
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
4.1.	Propiedades de los materiales	64
4.2.	Diseño de Mezcla.....	70
4.3.	Ensayo de fraguado.....	74
4.4.	Resistencia del concreto.....	76
4.5.	Resultado estadístico.....	83
V.	CONCLUSIONES	84
VI.	RECOMENDACIONES.....	85
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	86
VIII.	ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	<i>Componentes del concreto</i>	13
Tabla 2	<i>Composición química del cemento</i>	14
Tabla 3	<i>Clasificación de los cementos según su composición</i>	16
Tabla 4	<i>Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura</i>	23
Tabla 5	<i>Tiempo de fraguado del concreto a diferentes temperaturas</i>	37
Tabla 6	<i>Coordenadas de la cantera Orión</i>	48
Tabla 7	<i>Cantidades requeridas de material agregado</i>	48
Tabla 8	<i>Datos del agregado fino para el diseño de mezcla</i>	55
Tabla 9	<i>Datos del agregado grueso para el diseño de mezcla</i>	55
Tabla 10	<i>Volumen Unitario de agua (lt/m³)</i>	56
Tabla 11	<i>Contenido de aire atrapado</i>	56
Tabla 12	<i>Relación agua/cemento por resistencia</i>	57
Tabla 13	<i>Consistencia y asentamientos</i>	59
Tabla 14	<i>Cantidad de especímenes para la investigación</i>	59
Tabla 15	<i>Proporción recomendada por el fabricante</i>	60
Tabla 16	<i>Análisis de varianza para un Diseño de Bloques Completos al Azar</i>	62
Tabla 17	<i>Armonización de los tratamientos por bloques</i>	63
Tabla 18	<i>Propiedades físicas del agregado fino (arena)</i>	64
Tabla 19	<i>Propiedades físicas del agregado grueso (grava)</i>	64
Tabla 20	<i>Contenido de humedad del agregado</i>	65
Tabla 21	<i>Análisis granulométrico del agregado fino</i>	66
Tabla 22	<i>Análisis granulométrico del agregado grueso</i>	67

Tabla 23	<i>Peso específico del material agregado</i>	68
Tabla 24	<i>Porcentaje de absorción del material agregado</i>	68
Tabla 25	<i>Peso unitario del agregado fino</i>	69
Tabla 26	<i>Peso unitario agregado grueso: Piedra chancada</i>	69
Tabla 27	<i>Características de los materiales para el concreto</i>	70
Tabla 28	<i>Resistencia promedio</i>	71
Tabla 29	<i>Dosificación en peso resultante</i>	72
Tabla 30	<i>Dosificación en volumen resultante</i>	72
Tabla 31	<i>Cantidad de material para el concreto sin aditivo(testigo)</i>	73
Tabla 32	<i>Cantidad de material para el concreto con aditivo Sika3</i>	73
Tabla 33	<i>Cantidad de material para el concreto con aditivo Chema3</i>	73
Tabla 34	<i>Ensayo de tiempo de fraguado</i>	74
Tabla 35	<i>Control de la resistencia del concreto testigo (sin aditivo)</i>	76
Tabla 36	<i>Control de la resistencia del concreto con aditivo Sika 3</i>	77
Tabla 37	<i>Control de la resistencia del concreto con aditivo Chema 3</i>	78
Tabla 38	<i>Resistencia del concreto con aditivo Sika 3</i>	79
Tabla 39	<i>Resistencia del concreto con aditivo Chema 3</i>	81
Tabla 40	<i>Tabla ANVA</i>	83

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Efecto de las bajas temperaturas en la resistencia a la compresión del concreto	38
<i>Figura 2</i> Diagrama de la Investigación	44
<i>Figura 3</i> Ubicación del área experimental	47
<i>Figura 4</i> Imagen satelital de la cantera	48
<i>Figura 5</i> Aparato de Vicat.....	58
<i>Figura 6</i> Moldes cilíndricos para el ensayo de resistencia a la compresión	60
<i>Figura 7</i> Diseño de la unidad experimental	63
<i>Figura 8</i> Curva granulométrica del agregado fino	66
<i>Figura 9</i> Curva granulométrica del agregado grueso	67
<i>Figura 10</i> Curvas de penetración vs tiempo.....	75
<i>Figura 11</i> Curva de la resistencia del concreto con aditivo Sika 3	79
<i>Figura 12</i> Concreto testigo vs concreto con Sika 3.....	80
<i>Figura 13</i> Curva de la resistencia del concreto con aditivo Chema 3	81
<i>Figura 14</i> Concreto testigo vs concreto con Chema 3	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Panel fotográfico</i>	88
Anexo 2 <i>Ficha técnica del aditivo acelerante Sika 3</i>	99
Anexo 3 <i>Ficha técnica del aditivo acelerante Chema 3</i>	102

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo fue determinar el efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las zonas ubicadas en altitudes de 2600 a 3500 m.s.n.m., Ancash; las cuales fueron desarrolladas en el Laboratorio de Resistencias de Materiales y Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo.

Las muestras de agregados fueron obtenidas de la Cantera Orión, Pariahuanca, las cuales en las proporciones requeridas cumplen con las normas ASTM y NTP, así mismo se utilizó los aditivos acelerantes de fragua de las marcas Sika 3 y Chema 3 para la investigación. Para la elaboración del diseño de mezcla, se desarrolló el Método del Comité 211 del ACI.

De los ensayos realizados, se determinó que el concreto con aditivo Sika 3 presenta un mejor tiempo de fraguado en comparación con el aditivo Chema 3, cuyos resultados se muestran en la Tabla 34.

Los resultados muestran que el tratamiento correspondiente a la adición de aditivo Sika 3 sobre el concreto, presentó una resistencia a la compresión de 262.40 kg/cm³ la cual es mayor en comparación con el concreto sin aditivo (252.59 kg/cm³). El tratamiento correspondiente a la adición del aditivo Chema 3, en comparación con el aditivo Sika 3, presentó una menor resistencia a la compresión (258.21 kg/cm³).

Se concluye que ambos aditivos influyen sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia del concreto, del cual, el resultado más importante corresponde al tratamiento del concreto con aditivo Sika 3, debido a que presentó una mejor resistencia en comparación con el aditivo Chema 3.

Palabras clave: *Aditivo acelerante, resistencia a la compresión del concreto, fraguado.*

ABSTRAC

The purpose of this work was to determine the effect of the incorporation of forge accelerating additives on the compressive strength of concrete, applicable to hydraulic works for areas located at altitudes of 2600 to 3500 m.a.s.l., Ancash; which were developed in the Laboratory of Resistance of Materials and Soil Mechanics, Faculty of Civil Engineering of the Santiago Antúnez de Mayolo University.

The aggregate samples were obtained from the Orión Quarry, Pariahuanca, which in the required proportions comply with the ASTM and NTP standards, likewise the forge accelerating additives of the Sika 3 and Chema 3 brands were used for the investigation. For the preparation of the mix design, the ACI Committee 211 Method was developed.

From the tests carried out, it was determined that concrete with Sika 3 additive has a better setting time compared to Chema 3 additive, the results of which are shown in Table 27.

The results show that the treatment corresponding to the addition of Sika 3 additive on the concrete, presented a compressive strength of 262.40 kg / cm³ which is higher compared to the standard concrete (252.59 kg / cm³). The treatment corresponding to the addition of the Chema 3 additive, compared to the Sika 3 additive, presented a lower resistance to compression (258.21 kg / cm³).

It is concluded that both additives influence the setting time and the strength of the concrete, of which the most important result corresponds to the treatment of the concrete with Sika 3 additive, due to the fact that it presents a better resistance compared to the Chema 3 additive.

Keywords: Accelerating admixture, concrete compressive strength, setting.

I. INTRODUCCION

Boy y Baca (2015) mencionan que el Perú es un país con una gran variedad de climas; razón por la cual se necesita de un rápido fraguado del concreto en la zona Sierra, como es el caso de Huamachuco; donde se llevó a cabo la obra de losa deportiva, en el que en los días de trabajo se manifestaron bajas temperaturas, las que oscilaban entre 3 a 12 °C.; por lo que se aplicaron aditivos al concreto con el objeto de acelerar su fraguado para evitar que las temperaturas extremadamente frías disminuyan el calor de hidratación y así prolonguen el tiempo de fraguado del concreto, por lo tanto que incrementen el desarrollo de resistencias tempranas. (p.1).

Ponce (2016) afirma que el clima frío puede ocasionar problemas en el mezclado, vaciado, tiempo de fraguado y curado del concreto; teniendo un efecto adverso en las propiedades físicas y la vida de servicio. Para una temperatura de 10 °C el tiempo de fraguado del concreto es de aproximadamente 11 horas (sin aditivos), requiriéndose mayores tiempos de fraguado cuanto menores son las temperaturas, para una temperatura de -1°C, se requiere aproximadamente 19 horas. Las bajas temperaturas disminuyen el calor del proceso de hidratación y retardan significativamente el tiempo de fraguado del concreto, lo que resulta en una reducción de la resistencia a compresión a edades tempranas.

Estos efectos se dan, principalmente en las zonas alto andinas de la sierra del Perú, como es el caso de Cusco, en áreas que se encuentran por encima de los 3,300 m.s.n.m. las temperaturas mínimas se encuentran por debajo de los 0°C.

En el Cusco la temperatura promedio anual es de 11°C., por lo que, en la preparación del concreto, es normal el uso de los aditivos acelerantes y los aditivos más utilizados son Sika3, Sika5, Chema5 y Chema Struct.

La aplicación de aditivos acelerantes en la preparación del concreto en zonas alto andinas, permite ampliar el tiempo laborable, porque el vaciado del concreto sin acelerante solo se podría realizar hasta las 3 a 5 de la tarde; mientras que la utilización del acelerante permite un vaciado hasta las 8 de la noche, sin riesgos de congelamiento, considerando que un aditivo acelerante permitirá un fraguado entre tres a cuatro horas. (p.29-30).

Torres (2004) afirma que el uso de aditivos en el concreto se hace cada vez más frecuente, debido a que el concreto con aditivo muestra características que no se puede conseguir mediante otros métodos. El uso de aditivos acelerantes en la elaboración de concreto origina un menor tiempo de fragua y mayores resistencias a la compresión a edades tempranas, lo cual se traduce en diversos beneficios, sobre todo en la etapa constructiva. Estos beneficios consisten en minimizar los tiempos de esperas técnicas, menores tiempos en la utilización de encofrados, y en general de menores plazos en la ejecución de partidas que implican la utilización de concreto, y por ende menores tiempos en los plazos de ejecución de obra. (p.1).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las zonas ubicadas en altitudes de 2600 a 3500 m.s.n.m. - región Ancash.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo.
- Determinar el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión del concreto con aditivo acelerante Sika3.
- Determinar el tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión del concreto con aditivo acelerante Chema3.

1.2. Justificación e Importancia del Proyecto

1.2.1. Justificación

La justificación social de la presente investigación se fundamenta en lo siguiente, las obras de infraestructura que se realizan en zonas de clima inhóspito, requieren ser compactos, duraderos, confiables y sobre todo que en el proceso de construcción adquiera todas las características técnicas de concreto que se realiza en climas favorables, es decir que no se vea afectado por agentes externos como el clima. Esto conllevará a que los beneficiarios de infraestructura a base de concreto tengan obras de mayor calidad y resistencia, lo que permitirá una mejora sustancial en el uso para lo cual es destinado. Beneficiando directamente a las personas que se encuentran dentro del ámbito de la construcción, pues con la presente obtendrán información del concreto $f' = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de aditivos acelerantes de fragua en proporciones recomendados por cada fabricante, permitiendo así una construcción más eficiente en las obras hidráulicas de nuestra zona alto andina. Sumado a esto la investigación se ejecutará para altitudes desde los 2600 m s.n.m. hasta los 3500 m.s.n.m., asumiendo que, el Decreto Supremo N° 051-2010-EF3, define a las zonas altoandinas a aquellas zonas comprendidas

a partir de los 2,600 m.s.n.m. y los 3,500 m.s.n.m.; específicamente la región quechua.

En cuanto a la justificación práctica, la investigación permitirá mediante la aplicación de sus resultados en las zonas alto andinas, que es necesario un fraguado rápido y que tengan alta resistencia a la compresión del concreto, debido al clima frío, un fraguado lento tiene como consecuencia la disminución de la resistencia del concreto, y por ende genera un peligro estructural de la obra, así mismo dificulta el cronograma de avance de la obra.

La investigación se justifica de forma teórica, debido a que existen pocas investigaciones sobre el fraguado rápido y procedimientos que aseguren la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a proyectos de infraestructura hidráulicas, en climas alto andinas de forma eficiente, las conclusiones a la que pueda arribar esta investigación formarán parte fundamental de las investigaciones y estudio futuros, en temas similares o relacionados al concreto.

1.2.2. Importancia

Con el presente trabajo se beneficiarán las empresas ejecutoras relacionadas con las obras hidráulicas y de manera indirecta los profesionales de ingeniería civil y agrícola.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Godoy y Gándara (2018) en su tesis titulada: “*El Uso de Ceniza Volante y Aditivos en la Elaboración del Concreto como Solución Ecológica*”. **Objetivo:** Describir las características que presenta el concreto cuando se utiliza ceniza volante y se varía su dosificación, destacando los beneficios que presentan ciertas propiedades del concreto cuando se utilizan aditivos. **Método:** La investigación fue de tipo cualitativo, de carácter explicativo, mediante una revisión bibliográfica se describió los beneficios de la ceniza volante como un medio ecológico en la construcción. **Resultados:** Se puede destacar el aumento de la resistencia y del módulo de elasticidad del concreto cuando se reemplaza hasta el 30% de la masa de la arena o hasta el 20% de la masa del cemento, gracias a su morfología que demanda menor cantidad de agua disminuye la porosidad del hormigón. Los aditivos mejoran ciertas propiedades del concreto como aumentando su trabajabilidad y resistencia y disminuyendo la segregación, sangrado y la relación A/C. Esto permite concluir que tanto los aditivos como la ceniza volante son beneficiosos para el hormigón cuando se utilizan en un correcto porcentaje de su dosificación.

2.1.2. Nacionales

Apolinario (2017) en su trabajo de investigación titulada: “*Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con*

aditivos acelerantes de fragua en Zonas Alto Andinas en Huánuco". **Objetivo:** Realizar el estudio comparativo en la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con aditivos acelerante de fragua en las Zonas Alto Andinas en Huánuco. **Método:** Se consideró el tipo de investigación cuantitativo y nivel descriptivo - experimental – analítico, la población está constituida por los lugares en donde se realizarán las probetas para los ensayos a compresión, la muestra de estudio fue la misma que la población siendo los lugares Gelleycancha, Shiqui y Pulpuliag, realizando el ensayo de las probetas a los 7, 14 y 28 días con aditivo acelerante de fragua. **Resultados:** En los resultados de los ensayos en Gelleycancha hubo la mayor diferencia respecto a Shiki y Pulpuliag en comparación con lo esperado, para el ensayo de rotura de probeta nos dio una resistencia final de 204.80 hg/cm^2 sin aditivo y 220.33 kg/cm^2 con aditivo acelerante; los resultados de los ensayos en Shiki hubo una similitud con los resultados de Gelleycancha pero fueron mayores que en Pulpuliag en comparación con lo esperado, para su ensayo de rotura de probeta nos dio una resistencia final de 206.55 kg/cm^2 sin aditivo y 219.50 kg/cm^2 con aditivo acelerante; los resultados de los ensayos en Pulpuliag fue la menor respecto a Shiki y Pulpuliag en comparación con lo esperado, para el ensayo de rotura de probeta nos dio una resistencia final de 206.59 kg/cm^2 sin aditivo y 226.58 kg/cm^2 con aditivo acelerante.

Ponce (2016) es su tesis titulada: "*Estudio comparativo del efecto de aditivos Chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad del cusco en concretos expuestos a climas alto andinos.*" **Objetivo:** Determinar las características del efecto de los aditivos acelerantes de fragua Chema y Sika en la ciudad del Cusco para acelerar el tiempo de fragua en concretos expuestos a climas alto andinos.

Método: Se considera el tipo experimental, la población está constituida por trece tipos de concreto que fueron sujetos a experimentación, los cuales fueron ensayados con diferentes aditivos comercializados en la ciudad del cusco, para acelerar el tiempo de fragua en concretos expuestos a climas alto andino, estos aditivos utilizados fueron: acelerante sika 3, sika 5, acelerante chema 5 y chema struct en diferentes proporciones, donde se realizaron ensayos a 3, 7 y 14 días de prueba, haciendo un total de 123 briquetas. **Resultados:** Se demuestra que el concreto en una proporción mínima de Sika 3 resulta conveniente por el tiempo de fragua, de 27 mm en 4 horas, la resistencia la compresión de 211.74 kg/cm² a los 14 días y el costo de materiales asciende a S/.393.38; también resulta conveniente usar Sika 5 en una proporción mínima por el tiempo de fragua, de 1 mm en 4 horas, la resistencia la compresión de 235.21 kg/m² y el costo de materiales asciende a S/.312.12, estos tipos de concreto cumplen con la resistencia de diseño $F'c=210$ kg/cm².

Baca y Boy (2015) en su investigación titulada: *“Influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de un concreto de rápido fraguado”*. **Objetivo:** Evaluar y explicar cómo influye el porcentaje y el tipo de aditivo acelerante, sobre la resistencia a la compresión en la elaboración de un concreto de rápido fraguado. **Método:** Se planteó un diseño bifactorial con dos variables independientes, el porcentaje de aditivo acelerante 5 con diferentes porcentajes al 1 ,2,3,4,5 % y el tipo de aditivo acelerante con dos niveles SIKA3 y CHEMA3. **Resultados:** Se determinó que un concreto con 4% de aditivo acelerante Sika 3 presenta mejor resistencia a la compresión (209.3 Kg/cm²) a comparación de las probetas sin aditivos (164.3 kg/cm²) y que presenta también mejor resistencia que un concreto elaborado con aditivo Chema 3

conteniendo el mismo porcentaje. Concluyendo que ambos aditivos interfieren en la resistencia del concreto, pero siendo el aditivo Sika3 con los cuales se obtienen mejores resultados.

Gómez (2018) en su tesis titulada: *“Influencia de tres aditivos acelerantes en el desarrollo de la resistencia a la compresión en un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2 Chachapoyas - Amazonas 2016”*. **Objetivo:** Determinar la influencia de tres aditivos acelerantes (Z Fragua N.º 5, Chema 3 y Sika® Cem Acelerante PE) en el desarrollo de la resistencia a la compresión en un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2 . **Método:** El objeto de estudio fueron los aditivos acelerantes Z Fragua N.º 5, Chema 3 y Sika® Cem Acelerante PE y su influencia para acelerar el proceso constructivo, lograr una fragua más rápida y al mismo tiempo lograr la máxima resistencia a los siete días, en un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2 ; realizando una investigación correlacional de tipo experimental, ya que empleo un análisis de laboratorio, utilizando un diseño en bloque completo al azar (DBCA) - diseños experimentales; su población estuvo constituido por cilindros de concreto que se ensayaron según la NTP 334. 051(98), tomando 180 muestras en total para los diferentes Aditivos Acelerantes. **Resultados:** Se obtuvo que la máxima resistencia a la compresión del concreto que se obtuvo a los 28 días, en las probetas que fueron elaborados con 3.5% de aditivo; para el concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y de acuerdo al aditivo se obtuvieron las siguientes resistencias: Z Fragua N.º 05 = 199.22 kg/cm^2 , Chema 3 = 198.65 kg/cm^2 y para Sika R Sem Acelerante Pe = 200.51 kg/cm^2 ; mientras tanto, para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y de acuerdo al aditivo utilizado se obtuvieron las siguientes resistencias: Z Fragua N.º 05 = 238.81 kg/cm^2 , Chema 3 = 237.92 kg/cm^2 y para Sika R Sem Acelerante Pe = 239.42 kg/cm^2 .

Tengan (2011) en su investigación titulada: “*Análisis Comparativo de Aditivos Acelerantes de Fragua Libres de Alcalis para Concreto Proyectado o Shotcrete*”.

Objetivo: Encontrar un aditivo que, al menor costo, logre garantizar una resistencia inicial adecuada sin perjudicar la resistencia inicial adecuada sin perjudicar la resistencia final a tal punto que esta no alcance los niveles requeridos por el proyecto. **Método:** Para la investigación se aplicó dos métodos, la aplicación por vía seca en el cual los materiales son mezclados y vaciados en una tolva, en el cual son agitados continuamente, también se utilizó la aplicación por vía húmeda donde los componentes son mezclados añadiendo el agua a la mezcla.

Resultados: El tipo de mezcla por vía seca se descartó debido a la poca trabajabilidad que se obtuvo al realizar una mezcla sin el uso de superplastificante, lo contrario ocurrió con la mezcla por vía húmeda, donde el aditivo superplastificante proveyendo un mayor tiempo para la manipulación de la mezcla; en las resistencias tempranas obtenidas es posible notar una ganancia lenta de resistencia para el aditivo de la marca EUACO, mientras que las marcas SIKA y BASF cumplen con una ganancia aceptable de resistencia inicial, en su mayoría la pérdida de resistencia no pasa del 10%.

2.1.3. Locales

Girio (2015) en su tesis titulada: “*Fabricación de Concreto de Resistencia a la Compresión 210 y 280 kg/m², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca - 2015*”. **Objetivo:** Determinar las propiedades del agregado reciclado para su uso en la elaboración de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm² y determinar la diferencia de costos respecto al concreto elaborado con agregado natural. **Método:** En el proceso de elaboración del concreto reciclado se

tomó nota de las propiedades como la trabajabilidad y la consistencia, por lo cual la investigación es cualitativa - cuantitativa; su población de estudio estuvo conformada por diseños de mezcla para las resistencias a la compresión 210 y 280 kg/cm², fabricado con agregados naturales de cantera Rio Seco y la fuente del agregado grueso reciclado fue el depósito más representativo de concreto desechado; los diseños fueron elaborados con el método del A.C.I. **Resultados:** Se obtuvo que la sustitución de agregado grueso natural por 25% de agregado reciclado contienen mejores propiedades físicas, químicas, mecánicas y de óptima resistencia a la compresión, asimismo cumple la Norma Técnica Peruana y R.N.E. E 060, con un costo unitario por m³ para resistencia de 210 kg/cm² de S/. 187.29 y para resistencia de 280 kg/cm² de S/. 216.85.

2.2. Marco teórico

2.2.1. El Concreto

SENSICO (2014) define al concreto como un producto artificial compuesto, que consiste de un medio ligante (pegamento) denominado pasta (mezcla del agua con el cemento), dentro del cual se encuentran embebidas partículas (agregados) de diferentes tamaños. (p,9).

2.2.2. Tipos de concreto

Abanto Castillo (2011) menciona los siguientes tipos de concreto:

- i. *Concreto Simple.* - Es una mezcla de cemento Portland con agregado fino, agregado grueso y agua.

$$\text{Cemento} + \text{A. Fino} + \text{A. Grueso} + \text{Agua} = \text{Concreto simple}$$

- ii. *Concreto Armado.* – Es cuando el concreto simple lleva armaduras de acero como refuerzo, donde la armadura soporta los esfuerzos de tracción o incrementa la resistencia a la compresión del concreto.

Concreto simple + Armaduras = *Concreto armado*

- iii. *Concreto Estructural.* - Se denomina así al concreto simple, cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima preestablecida en el diseño y una durabilidad adecuada.
- iv. *Concreto Ciclópeo.* – Es el concreto simple que esta complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10"; las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado.

Concreto simple + Piedra desplazadora = *Concreto ciclópeo*

- v. *Concretos Livianos.* - Son concretos preparados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/m³.
- vi. *Concretos normales.* - Son concretos preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 Kg/m³.
- vii. *Concretos Pesados.* - Son concretos preparados utilizando agregados pesados, alcanzando el peso unitario valores entre 2800 a 6000 kg/m³. Este tipo de concreto también usa agregados artificiales.
- viii. *Concreto Premezclado.* - Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra.

- ix. *Concreto Prefabricado.* - Elementos de concreto simple o armado fabricados en una ubicación diferente a su posición final en la estructura.
- x. *Concreto Bombeado.* - Concreto que es impulsado por bombeo, a través de tuberías hacia su ubicación final.

2.2.3. Propiedades Principales del Concreto

IMCYC (2004) las principales propiedades del concreto son la trabajabilidad, durabilidad, cohesividad y resistencia.

a. Trabajabilidad.

Rivva López (2010), la trabajabilidad se define como la facilidad con la cual se pueden mezclar los ingredientes del concreto y dicha mezcla puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

b. Durabilidad.

Troxell, Davis, & Kelly (1968) esta propiedad explica que el concreto debe ser capaz de resistir la intemperie (ciclos de congelación y descongelación), acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

c. Cohesividad

La cohesividad se refiere a la aptitud que tiene el concreto para mantenerse como una masa estable y sin segregación.

d. Impermeabilidad

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

e. Resistencia.

Según Wadell (1968) es una propiedad del concreto que, que casi siempre, es nativo de preocupación. Por lo general, se determina por la resistencia final de una

probeta en compresión; pero, en ocasiones por la capacidad de flexión o de tensión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

2.2.4. Estados del Concreto

IMCYC (2004) menciona que el concreto cuenta con tres estados durante su proceso en la construcción.

Estado Fresco.

Al principio el concreto parece una “masa”. Es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas. Y así se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la cohesividad⁷. (pg. 4)

Estado fraguado.

Después, el concreto empieza a ponerse rígido. Cuando ya no está blando, se conoce como fraguado del concreto El fraguado tiene lugar después de la compactación y durante el acabado. (pg. 4)

Estado endurecido.

Después de que concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades del concreto endurecido son resistencia y durabilidad. (pg. 5).

2.2.5. Componentes Básicos del Concreto

Pasquel Carbajal (1998) define que para el concreto existen cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el

aire como elemento pasivo. Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica, si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (pg. 13).

Tabla 1

Componentes del concreto

Tipo de Ingrediente	Componente	Porcentaje
Ingrediente Pasivo	Aire	1-3%
Ingredientes Activos	Cemento	7%-15%
	Agua	15%-22%
	Agregados	60%-75%

El cemento es el ingrediente activo que interviene en menor cantidad, pero sin embargo es el que define las tendencias del comportamiento.

Fuente: Componentes del concreto, Baca y Boy, pág. 4.

2.2.6. El Cemento

Abanto Castillo (2011) explica que el Cemento Portland, es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas (p,15).

2.2.6.1. Composición Química del Cemento

Abanto Castillo (2011) indica que el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante, hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento, y son:

Tabla 2

Composición química del cemento

Nombre del Compuesto	Fórmula Química	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrita tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fuente: Tecnología del Concreto. Abanto.pág.16.

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación. (pág.16)

Silicato tricálcico (C_3S): es el que produce la alta resistencia inicial del cemento portland hidratado. La reacción del C_3S con agua desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.

Silicato dicálcico (C_2S): es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento; contribuye en gran parte al incremento de resistencia a edades mayores de una semana.

Aluminato tricálcico (C_3A): el yeso agregado al cemento Portland durante la trituration o molienda en el proceso de fabricación se combina con el C_3A para

controlar el tiempo de fraguado. Los cementos con bajos porcentajes de C_3A son particularmente resistentes a los suelos y aguas que contienen sulfatos.

Aluminoferrita tetracálcica (C_4AF): es semejante al C_3A , porque se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia, además reduce la temperatura de formación del Clinker, ayudando por tanto a la manufactura del cemento. Se hidrata con cierta rapidez, pero contribuye mínimamente a la resistencia.

La mayoría de efectos de color se debe al C_4AF y a sus hidratos.

2.2.6.2.Cementos Portland Comunes

Tesillo Ayala (2004) afirma que los cementos portland son aquellos cementos hidráulicos, producidos por la pulverización del Clinker, que consiste esencialmente por silicatos de calcio (alrededor del 75%) y usualmente contienen una o más formas de sulfatos de calcio, yeso, como una adición en la molienda.

Dentro de ellos tenemos 5 tipos dependiendo cada uno de su uso específico y que se diferencian de las exigencias de ciertos requerimientos máximos y mínimos, tanto físicos como químicos, ellos son:

TIPO I: Para ser usado cuando no se requiera ninguna propiedad especial.

TIPO II: Para uso general y donde se requiera moderada resistencia a la acción de los sulfatos y donde se necesita un moderado calor de hidratación, como en las construcciones de pistas, cerca al mar y en muelles marítimos o en la construcción de presas donde hay vaciados masivos de concretos.

TIPO III: Para uso en lugares donde se requiere una alta resistencia inicial, como cuando se necesita que la estructura de concreto reciba carga lo antes posible o cuando es necesario desencofrar a los pocos días de vaciado.

TIPO IV: Para uso en lugares donde se requiere bajo calor de hidratación, por ejemplo, vaciados de grandes cantidades de cemento y que no deben producirse

dilataciones durante el fraguado que más tarde pueden sufrir contracciones con la aparición de fisuras.

TIPO V: Para uso en lugares donde se requiera altas resistencias a los sulfatos, como el revestimiento de canales, hidroeléctricas o túneles.

2.2.6.3. Clasificación de los Cementos Según su Composición

Tabla 3

Clasificación de los cementos según su composición

Denominación	Proporción de los componentes		
	Clínquer	Puzolana	Escoria
Portland	100%		-
Portland Puzolánico	$\geq 70\%$	$\leq 30\%$	-
Portland Siderúrgico	$\geq 70\%$	-	$\leq 30\%$

Fuente: Compendio de Tecnología del hormigón, Zabaleta, 1992, pág.12.

2.2.7. El Agua

Rivera L. (2013) nos dice que el agua de mezcla cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. La cantidad de agua que requiere el cemento para su hidratación se encuentra alrededor del 25% al 30% de la masa del cemento, pero con esta cantidad la mezcla no es manejable, para que la mezcla empiece a dejarse trabajar, se requiere como mínimo una cantidad de agua del orden del 40% de la masa del cemento, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior como una regla práctica, se debe colocar la menor cantidad de agua en la mezcla, pero teniendo en cuenta que el mortero o el hormigón queden trabajables (p, 77).

Gutiérrez de Lopez (2003) explica que el agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas. Algunas de las

sustancias que con mayor frecuencia se encuentran en las aguas y que inciden en la calidad del concreto se estudian a continuación (pg.46).

- Las aguas que contengan menos de 2.000 p.p.m. de sólidos disueltos generalmente son aptas para hacer concretos; si contiene más de esta cantidad deben ser ensayadas para determinar sus efectos-sobre la resistencia del concreto.
- Si se registra presencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio en el agua de la mezcla, estos pueden reaccionar con el cemento produciendo rápido fraguado; en altas concentraciones también disminuyen la resistencia del concreto.
- Un alto contenido de cloruros en el agua de mezclado puede producir corrosión en el acero de refuerzo o en los cables de tensionamiento de un concreto preesforzado.
- Las aguas ácidas con PH por debajo de 3 pueden crear problemas en el manejo y deben ser evitadas en lo posible.
- Cuando el agua contiene aceite mineral (petróleo) en concentraciones superiores a 2%, puede reducir la resistencia del concreto en un 20%.
- Cuando la salinidad del agua del mar es menor del 3.5%, se puede utilizar en concreto no reforzado y la resistencia del mismo disminuye en un 12%, pero si la salinidad aumenta al 5% la reducción en la resistencia es del 30%.

2.2.8. El Agregado

Rivera L. (2013) menciona que el agregado, también llamado árido, es aquel material inerte, de forma granular, natural o artificial, que aglomerado por el

cemento Portland en presencia de agua forma un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto. Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland. (pag.41)

2.2.8.1. Clasificación de los Agregados para el Concreto

Martínez Rivera (2009) explica que los agregados comprenden la siguiente clasificación:

a. Por su tamaño:

Los agregados, de acuerdo al volumen de sus partículas se dividen en:

Agregado fino (Arena):

Es el material que pasa en un 95 por ciento de sus partículas por el tamiz No. 4 (tamiz según norma estadounidense), de 4.76 mm (3/16”) de abertura entre hilos.

Agregado grueso (Grava o Piedrín)

Es el material que queda retenido en el tamiz de 150 mm (6”), cuyas partículas son en un 95 por ciento mayores de 4.75 mm.

b. Por su forma y origen:

Pueden ser naturales, artificiales y mixtos.

Naturales (canto rodado)

Proveniente de cauce de ríos. De forma redondeada. Las gravas y arenas de río son de este tipo. Produce concreto de buena calidad y de mayores

ventajas (trabajabilidad o docilidad y economía) por lo que debe preferirse a los otros tipos, siempre que satisfaga las especificaciones de calidad tamaño y bajo costo de explotación. Este material tiene la ventaja de que la composición mineralógica de sus partículas no es uniforme.

Artificiales (triturado)

Proveniente de trituración de piedra de cantera. Los piedrines son de este tipo. Se utilizará cuando no sea posible o económico emplear los otros tipos. Si bien, tiene ventajas por su composición mineralógica más uniforme, este material de aristas vivas (cantos angulosos), produce concreto menos trabajable y de mayor consumo de cemento, además de ser de costo de explotación más alto que el canto rodado.

Mixtos (naturales y artificiales)

Proveniente de trituración de grava y comúnmente mezclado con grava natural. Es de buena clase. Para su utilización económica, hay que fijar un límite a la parte triturada.

c. Por su densidad:

Los agregados pueden constituirse en ligeros, normales o pesados de acuerdo a su densidad.

Agregados ligeros

Son aquellos cuya densidad oscila entre 500 y 1000 kg/m³, son utilizados en concreto de relleno o en mampostería estructural.

Agregados normales

Son aquellos cuya densidad se encuentra comprendida entre 1300 y 1600 kg/m³, se utilizan en concretos de uso general.

Agregados pesados

Son aquellos cuya densidad está entre 3000 y 7000 kg/m³, se utilizan en hormigones pesados, tales como los utilizados en centrales nucleares o usos especiales.

2.2.8.2. Agregado grueso

Palomares Carmona (2009) define como agregado grueso, al retenido en el tamiz NTP 4,76 mm(N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca. El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida; debe estar conformado por partículas limpias cuyos fragmentos tengan perfiles preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferente rugosa, libres de escamas, polvo, limos, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. (pg.40).

2.2.8.3. Agregado fino

Palomares Carmona (2009) define como agregado fino, a aquel que pasa el tamiz. NTP 9,51 mm (malla 3/8") y queda retenido en el tamiz 75 µm (malla N°200), proveniente de la desintegración natural o artificial de rocas. El agregado puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duras, compactas y resistentes.

El agregado fino deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas (pg.36).

2.2.8.4. Propiedades Físicas de los Agregados

a. Granulometría

Ponce (2016) explica que la granulometría seleccionada deberá preferentemente ser continua y permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4”. Si se emplea una combinación de dos o más tamaños de agregado grueso, cada uno de ellos, así como la combinación de los mismos, deberá cumplir con los requisitos de granulometría indicados. (pg.54).

Curvas Granulométricas

Meléndez Cueva (2016) menciona que para una mejor comprensión e interpretación de los resultados se acostumbra a representar gráficamente el análisis granulométrico en la curva denominada granulométrica o línea de cribado.

En la curva de granulometría se representa generalmente sobre el eje de las ordenadas el porcentaje pasa, en escala aritmética; y en las abscisas la abertura de los tamices en escala logarítmica. (pg.16).

b. Contenido de Humedad

Fernández López (2016) nos dice que el contenido de humedad es la cantidad de agua que posee un agregado en estado natural, es importante debido a que puede hacer variar la relación agua-cemento del diseño de mezcla y por tanto influir en la resistencia y la trabajabilidad del concreto. (pg.25)

Las condiciones de humedad a tener en cuenta se definirán de la siguiente manera:

- Secados al horno: completamente absorbente

- Secados al aire: la superficie de las partículas esta seca pero esta húmeda interiormente, por lo tanto, absorben ligeramente.
- Saturados superficialmente secos: no absorben agua ni aumentan el agua a la mezcla.
- Húmedo y mojados: si contienen excesos de humedad en la superficie.

c. Porcentaje de Absorción

Meléndez Cueva (2016) define al porcentaje de absorción como la capacidad que tienen los agregados de atrapar las moléculas de agua en sus poros, producido por la capilaridad. Su influencia radica en el aporte de agua al concreto haciendo variar propiedades importantes como la resistencia y la trabajabilidad.

El curado es de extrema importancia en la producción de concretos de alta resistencia. A fin de producir una pasta cuyo contenido de solidos sea tan alto como sea posible. El concreto deberá contener el mínimo posible de agua de mezclado. (pg.14).

d. Módulo de Finura

Meléndez Cueva (2016) nos explica que el módulo de finura es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material. Está definido como la centésima parte del número que se obtiene al sumar los porcentajes retenidos acumulados en la siguiente serie de tamices: (No.100), (No.50), (No.30), (No.16), (No.8), (No.4), (3/8"), (3/4"), (1½") y los tamices siguientes cuya abertura está en relación de 1 a 2 (pg.16).

Tabla 4

Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura

Módulo de Finura	Agregado fino
Menor que 2.00	Muy fino o extra fino
2.00 – 2.30	Fino
2.30 – 2.60	Ligeramente fino
2.60 – 2.90	Mediano
2.90 – 3.20	Ligeramente grueso
3.20 – 3.50	Grueso
Mayor de 3.50	Muy Grueso o extra grueso

Fuente: Meléndez Cueva, 2016. pg.16

e. Peso Unitario

Fernández López (2016) menciona que el peso unitario es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total, incluyendo los vacíos. El procedimiento para su determinación se encuentra normado por NTP 400.017 y ASTM C29.

Es un valor útil para las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa, por ejemplo, para un agregado grueso con peso unitario alto, significaría que quedan muy pocos espacios por llenar con arena y cemento. (pg.23)

f. Peso Específico

Meléndez Cueva (2016) explica que el peso específico de los agregados adquiere importancia en la construcción, cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite, sea máximo o mínimo. El peso específico es un indicador de calidad. (pg.14)

g. Tamaño máximo

Fernández (2016) indica que para obtener una óptima resistencia a la compresión de los concretos con baja relación agua-cemento diversos investigadores han concluido que el tamaño máximo a utilizarse debe variar entre $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ ", no es recomendable tamaños mayores a 1". Los agregados con tamaño menor contribuyen a producir concretos más resistentes debido a una menor concentración de esfuerzos alrededor de las partículas causados por la diferencia de módulos de elasticidad entre la pasta y el agregado.

Según (NTP 400.037, 2014, pg. 6) el tamaño máximo del agregado es el menor tamiz por el que pasa el 100% de la muestra.

Granulometrías muy diferentes pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso, ello debe tenerse en consideración en la selección del agregado (pg.26).

h. Tamaño Máximo Nominal

El tamaño máximo nominal es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal se determinan generalmente al agregado grueso únicamente.

Ponce (2016) el tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- a) Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o
- b) Un tercio del peralte de las losas; o
- c) Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones, o ductos de preesfuerzo (pg.54).

2.2.9. Los Aditivos

Rivera (2013) menciona que el aditivo es una sustancia química, generalmente dosificada por debajo del 5% de la masa del cemento, distinta del agua, los agregados, el cemento y los refuerzos de fibra, que se emplea como ingrediente de la pasta, del mortero o del concreto, y se agrega al conjunto antes o durante el proceso de mezclado, con el fin de modificar alguna o algunas de sus propiedades físicas, de tal manera que el material se adapte de una mejor forma a las características de la obra o las necesidades del constructor. (pg.231).

2.2.9.1. Tipos de Aditivos

Abanto Castillo (2011) explica que los aditivos son considerados en la norma de acuerdo a la siguiente clasificación (pg.44):

- *Plastificante, reductor de agua*, que mejora la consistencia del concreto y reduce la cantidad de agua, de mezclado requerida para producir concreto de consistencia determinada.
- *Retardador*, que alarga el tiempo de fraguado del concreto.
- *Acelerador*, que acorta el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia inicial del concreto.
- *Plastificante y retardador*, que reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia y retarda el fraguado.
- *Plastificante y acelerador*, que reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y acelera su fraguado y el desarrollo de su resistencia.

- *Incorporadores de aire*, aumentan la resistencia del concreto a la acción de las heladas por que introducen burbujas diminutas en la mezcla de cemento endurecida. Estas burbujas actúan como amortiguadores para los esfuerzos inducidos por la congelación o descongelación.
- *Adhesivos*, que mejoran la adherencia con el refuerzo.

2.2.9.2. Aditivos acelerantes

Ponce (2016) explica que estos aditivos reducen el tiempo de fraguado inicial del concreto y ayudan a obtener una resistencia temprana más alta. Los acelerantes no son anticongelantes; sin embargo, ellos aceleran la velocidad de su asentamiento y el desarrollo de resistencia, haciéndolo más resistente a los daños producidos por congelamiento en clima frío.

Los acelerantes también se utilizan en las construcciones de gran velocidad que requieren una temprana remoción de moldes (formaletas, cimbras), apertura al tráfico o aplicación de cargas en estructuras. (pg.61).

2.2.9.3. Sika 3

Descripción del producto

El Sika 3 es un aditivo líquido de acción acelerante con control sobre el fraguado. Actúa aumentando la velocidad de hidratación y las reacciones químicas de los constituyentes del cemento. No es inflamable. Cumple normas ASTM C-494 Tipo C.

Ventajas

- Economía de tiempo y de mano de obra.
- Facilita el desencofrado rápido.

- Acelera el fraguado y el endurecimiento de acuerdo a la dilución que se emplee.
- Con diluciones 1:3, 1:10 adquiere aprox. en 24 y 60 horas respectivamente, la resistencia correspondiente al hormigón normal en 7 días.
- Vaciado de concreto en climas fríos, obteniendo endurecimiento rápido y reduciendo el tiempo de protección.
- Vaciado de concretos rápidos para cimientos o elementos de concreto expuestos a la acción de aguas subterráneas (napas freáticas).
- Faenas en donde se necesita una rotación rápida del encofrado.
- Reducción de las presiones de los moldes.
- Reparación de pavimentos y pistas de aeropuerto para una rápida puesta en servicio.
- Trabajos marítimos entre dos mareas (sin armadura).
- Obras hidráulicas.
- Para alcantarillado en la construcción o reparación de pozos, cámaras y tuberías.

Usos

- En pastas; para el sellado de perforaciones en las faenas de sondaje, el tapado de grietas con o sin filtraciones de agua.
- En morteros de fraguado y endurecimiento rápido; albañilerías, nivelación de pisos, obstrucción de grietas y otros.
- En concretos; donde se requiera alcanzar elevadas resistencias mecánicas en corto tiempo, ya sea para una pronta puesta en servicio o disminución de los tiempos de desencofrado.

Modo de empleo

Preparar previamente los encofrados o el sitio donde se va a vaciar el hormigón o mortero. Cuando esté ejecutando reparación de elementos de hormigón, prepare la superficie retirando todo material suelto. Limpie y humedezca la superficie hasta saturarla. Sika 3 viene listo para usar. Basta diluirlo en agua en la proporción óptima al aceleramiento deseado.

Datos Técnicos

Aspecto: líquido color verde

Densidad: 1.18 kg/l aprox.

Dosificación: Puro o diluido hasta 1:9 en el agua de amasado, según la necesidad.

2.2.9.4. Chema 3

Descripción del producto

Chema 3 es un aditivo acelerante de fragua para mortero y concreto que puede ser empleado tanto en climas normales con temperatura ambiente como bajo cero grados centígrados. Acelera el desarrollo de las resistencias iniciales, haciéndose más notorio en temperaturas bajas. Además, actúa como un anticongelante e inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo. Es adecuado para cementos Portland Tipo I y Tipo V, puzolánicos. Libre de cloruros. Cumple con la norma *ASTM C-494 Tipo C*.

Ventajas

- Acelera las resistencias iniciales en el concreto, ahorrándose tiempo de espera para desencofrar estructuras o elementos prefabricados.

- Permite una rápida puesta en servicio en pisos o losas de concreto.
- Al ser anticongelante evita que los morteros y concretos sufran daños debido a los ciclos hielo-deshielo.
- Actúa como inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo, ideal para concreto armado.
- Reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera.
- Es compatible con los aditivos plastificantes de la marca Chema.

Usos

- Para vaciados en cualquier clima, donde se requiere una rápida puesta en servicio.
- Para desencofrar en menor tiempo estructuras de concreto armado.
- En vaciados de concreto a baja temperatura o donde se espera una helada; fraguará el concreto en la mitad del tiempo.
- Para reparaciones económicas y con rápida puesta en servicio.
- Para vaciados en terrenos sulfurosos.
- Para elementos de concreto pre fabricados.
- Para morteros y concretos con altas resistencias iniciales.
- Para morteros de inyección.
- Para morteros de anclaje con altas resistencias mecánicas.
- Para vaciados en zonas con aguas subterráneas, superficiales.

Modo de empleo

Se recomienda realizar pruebas a pequeña escala para determinar la dosis exacta para el uso en particular. La dosis varía por influencia de los

componentes del cemento, el diseño y las condiciones ambientales de la zona.

Aplicación del producto

Mezclar el Chema 3 en el agua de amasado al momento en que prepare la mezcla. Por ningún motivo añada sobre la mezcla seca. Se recomienda realizar ensayos previos si se realizan combinaciones de varios de nuestros productos. Curar bien los elementos sobre todo desde el primer día hasta el 7mo día. Mejor si se usa curador de membrana Chema, el cual se aplica en cuanto haya desaparecido la exudación.

Datos Técnicos

Color: Amarillo

Apariencia: Líquido

Ph: 8.0 – 11.0

Densidad: 1.17 ± 0.01 gr/ml

Dosificación: Dosis de 1.20 % a 4% del peso del cemento.

2.2.10. Obras hidráulicas:

La obra hidráulica o infraestructura hidráulica se define como una construcción o conjunto de estructuras construidas con el objetivo de controlar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o de defensa.

Generalmente se consideran obras hidráulicas:

- Canales, que pueden constar de diversos elementos como, por ejemplo:

- ✓ Hidráulicos de derivación.
- ✓ Compuerta de entrada.
- ✓ Controles de nivel del agua en el canal.
- ✓ Dispositivos para la medición del caudal.
- ✓ Dispositivos de seguridad.
- ✓ Balsa de agua, considerando las construidas artificialmente.
- ✓ Cruces:
 - Canal de riego con dren --> Puente acuífero o puente canal.
 - Canal de riego o de drenaje con caminos rurales --> alcantarilla o puente.
- Presas, que pueden constar de las siguientes partes:
 - ✓ Vertedero o aliviadero.
 - ✓ Descarga de fondo
 - ✓ Cuencas de disipación
 - ✓ Bocatomas para los diversos usos del embalse.
 - ✓ Escalera de peces
 - ✓ Obras provisionales durante la construcción.
 - Túnel de derivación
 - Ensevaderas.
- Estaciones de bombeo, que pueden constar de las siguientes partes:
 - ✓ Canal de aproximación
 - ✓ Reja para el desbaste y la retención de finos.
 - ✓ Cámara de succión
 - ✓ Bomba hidráulica

- ✓ Motor, el que puede ser de muy diversos tipos, y consecuentemente exigir infraestructura de apoyo diferentes, como pueden ser: estaciones de transformación de energía eléctrica; depósitos de combustible; Paneles solares; o, Generadores eólicos.
- ✓ Línea de impulsión
- ✓ Dispositivo para amortiguar el golpe de ariete.
- Esclusas, que pueden constar de las siguientes partes:
 - ✓ Áreas de espera, a la entrada y salida de la esclusa.
 - ✓ Reservas de agua para el llenado de la esclusa.
 - ✓ Canales de llenado y vaciado.
 - ✓ Compuertas.
 - ✓ Dispositivos electro-mecánico para inmovilizar y mover los barcos.
- Red de abastecimiento de agua potable
- Sistema de recogida de aguas residuales
- Sistemas de riego
- Sistema de drenaje Los sistemas de drenaje se pueden clasificar según el área en que se desarrollan en:
 - ✓ Drenaje en áreas rurales
 - ✓ Drenaje de aguas pluviales

Según la función específica del dren, puede tratarse de:

- ✓ Drenes asociados a sistemas de riego
- ✓ Drenes para el saneamiento de zonas pantanosas.

Según el tipo de estructura los drenes pueden ser:

- ✓ Drenes horizontales
- ✓ Drenes verticales
- Defensas ribereñas
- Recarga artificial de acuíferos, pozos de absorción.
- Trasvase, se trata de obras que llevan el agua de un río o un lago hacia una cuenca vecina. Ver por ejemplo: Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético de Olmos

Por lo que pueden agruparse del modo que correspondan al orden como se ubican entre la fuente de agua a aprovechar y el puente de terminal donde se quiere utilizarla:

- Obras de captación
- Presas de embalse
- Aliviaderos de demasías en los embalses
- Estructuras para la descarga regulada en los embalses
- Túneles (de desvío, de conducción, intercuenas, de trasvase)
- Canales de conducción
- Obras de arte (conductos cubiertos, desarenadores, puentes acueductos, sifones, rápidas, partidores, etc.)

a. Bocatoma

Una bocatoma, o captación, es una estructura hidráulica destinada a derivar parte del agua disponible desde un curso de agua (río, arroyo, o canal), desde un lago o incluso desde el mar. En ocasiones es utilizada en grandes ríos, pero su costo es bastante alto. El agua desviada se utiliza para un fin específico, como

abastecimiento de agua potable, riego, generación de energía eléctrica, acuicultura, enfriamiento de instalaciones industriales, etc.

Cuenta con una presa de derivación, canales de limpia, ventanas de captación y transición de entrega al canal de conducción. Todos estos componentes de la bocatoma se construyen de concreto en sus dos formas: sin refuerzo y con refuerzo de acero (concreto armado).

Dentro de las obras de captación tenemos de escurrimiento superficial en los ríos naturales: Estructura de Captación: Toma directa.

- ✓ Bocatomas de barraje fijo
- ✓ Bocatomas de barraje móvil
- ✓ Bocatomas mixtas (barraje fijo y móvil)
- ✓ Bocatomas Tirolesa o Caucasiona – Bocatoma de fondo.

Las Presas de derivación se clasifican en fijas y móviles:

La presa fija es un obstáculo fijo o cimacio interpuesto a la corriente; que constituye un vertedero a pared gruesa sobre el cual vierte el caudal en exceso que conduce el río con respecto al caudal a derivar.

Las presas móviles están constituidas en cambio por una sucesión de compuertas que permiten controlar el caudal y la carga. Si el caudal es superior al necesario tal cual ocurre en el caso de una crecida, se abren las compuertas de la presa en la medida requerida para obtener la carga necesaria en la obra de toma aguas arriba de la presa. Si se requiere derivar todo el caudal que conduce el río, se procede al cierre total de las compuertas.

Las presas de derivación se emplean para captar el agua con destino directo al canal principal o a una presa de embalse, en este caso, la presa permite seleccionar los caudales a derivar durante el período de aguas altas, en los ríos respectivos, y

al mismo tiempo evitar un sustancial aporte de sedimentos al embalse. El conjunto de obras que compone una presa de derivación, lo constituye la presa propiamente dicha; el desarenador o dissipador en el mismo cuerpo de la presa, la estructura de toma y las obras de defensa de márgenes.

b. Presas de embalse

La presa de embalse además de captar el agua a derivar, permite regular el caudal variable con que se producen los aportes del río, ajustándola así a las demandas del sistema. La regulación puede ser anual o plurianual y realizarse para otros usos del agua, además del riego; tal como es la energía hidroeléctrica, el abastecimiento de agua potable y el control de inundaciones.

Constructiva mente, las presas pueden ser de gravedad, de arco o mixtas, dependiendo ello de las condiciones geológicas del sitio de cierre y de los materiales para la construcción.

Además de la cortina, que constituye el principal componente de una presa de embalse, se incluyen las obras accesorias: Toma, vertedero de excedencias y desfogue.

La toma puede estar compuesta por un sistema de doble compuertas planas, una de emergencia y otra de control, cuando la carga es inferior 20 cm. En cambio, cuando la carga es superior a ello, se emplean válvulas, en un doble juego: de mariposa y de compuerta o de compuerta y aguja, en ambos casos para regulación y control, respectivamente.

La obra de excedencias está compuesta por un vertedero en cimacio de cresta libre o con cierre provisto por compuertas metálicas, planas o de sector, que permiten regular su funcionamiento.

El aliviadero se ubica en la misma cortina en presas de concreto, o mampostería y fuera de la misma en las presas de tierra. La obra de desfogue sirve para eliminar los sedimentos de volumen muerto del embalse y para ayudar a vaciar la presa en caso de emergencia.

c. Aliviadero de demasías

Los aliviaderos de demasías permiten evacuar, generalmente por rebose, las avenidas que ingresan a los embalses cuando están llenos hasta su máxima capacidad.

Las estructuras de evacuación como válvulas y compuertas, controlan las descargas de servicio, y de las cuales forman parte la cámara de mandos con sus respectivos puentes y torres de acceso.

Los aliviaderos de demasías varían en su tipo y capacidad, según el volumen de agua a evacuar, que a su vez depende de si el río, donde se ha emplazado el embalse, es poco o bastante caudaloso.

d. Canales de conducción

En el caso de irrigaciones, estos canales son telescópicos y por lo general de sección trapezoidal (lo primero porque su sección transversal se irá reduciendo conforme agua acceda a los campos de cultivo).

Cualquiera que sea la finalidad que tenga el canal, la manera más segura y eficiente de conducir agua por ellos es recurriendo al revestimiento con concreto de su perímetro mojado.

En primer lugar, como fue señalado, para evitar las pérdidas por filtración, y, en segundo lugar, para aumentar la capacidad de conducción de su sección

transversal por la disminución de su rugosidad y consiguiente incremento de la velocidad de flujo de agua que transporta.

2.2.11. Zonzas altoandinas

El Decreto Supremo N.º 051- 2010 - EF, define a las zonas altoandinas a aquellas zonas comprendidas a partir de los 2,500 m.s.n.m. y los 3,200 m.s.n.m.; específicamente la región quechua.

2.2.11.1. Clima en zonas altoandinas

BASF (2006) El clima frío puede llegar a causar problemas en el mezclado, vaciado, tiempo de fraguado (ver tabla N°5) y curado del concreto teniendo un efecto adverso en las propiedades físicas y la vida de servicio.

Tabla 5

Tiempo de fraguado del concreto a diferentes temperaturas

Temperatura	Tiempo de Fraguado Aproximado
38°C (100°F)	1 2/3 horas
32°C (90°F)	2 2/3 horas
27°C (80°F)	4 horas
21°C (70°F)	6 horas
16°C (60°F)	8 horas
10°C (50°F)	11 horas
4°C (40°F)	14 horas
-1°C (30°F)	No fragua
-7°C (20°F)	- el concreto se congela

Fuente: BASF, The Chemical Company. Boletín Técnico; pg.1.

El Comité 306 del ACI (American Concrete Institute) define el clima frío como un período cuando, por más de tres días consecutivos, la temperatura ambiente promedio del aire es de menos de 4 °C y a su vez no es mayor de 10 °C.

El tiempo de fraguado del concreto mostrado en la Tabla N°5 se incrementa aproximadamente un tercio por cada 5 °C de reducción de temperatura. Las bajas temperaturas disminuyen el calor del proceso de hidratación y retardan significativamente el tiempo de fraguado del concreto, lo que resulta en una reducción de la resistencia a compresión a edades tempranas y un incremento en resistencias a edades mayores (p,1).

La influencia que pueden tener las bajas temperaturas en las propiedades del concreto endurecido se reconoce en el reporte 306 del ACI 306 R-88 acerca del “Vaciado de Concreto a Bajas Temperaturas” que expresa: “Uno debe aprovechar las oportunidades proporcionadas por el clima frío para vaciar concreto a bajas temperaturas. El concreto vaciado a bajas temperaturas (entre 5 y 13 °C) se protege contra el congelamiento y es curado por largo tiempo, así es que desarrolla resistencias finales más altas y mayor durabilidad.

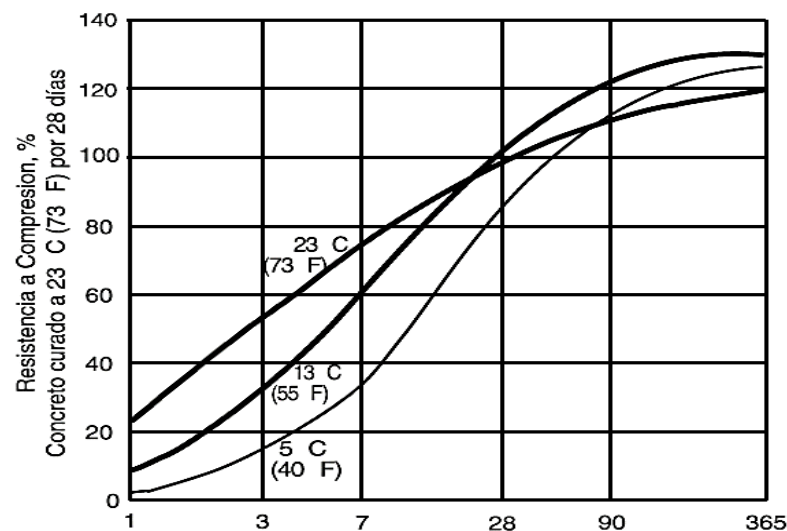


Figura 1 Efecto de las bajas temperaturas en la resistencia a la compresión del concreto

Fuente: BASF, The Chemical Company. Boletín Técnico. 2006, pg.1.

2.2.11.2. Efectos del Tiempo Frío en el Concreto

Ponce (2016) menciona los siguientes efectos (pg.43):

- ✓ Daño en concreto endurecido por congelación del agua contenida en su interior. La presión interna provocada por el aumento de volumen del agua al congelarse (cercano a un 10%) puede provocar destrucción irreparable.
- ✓ No deberá concretarse en días donde se estime una temperatura ambiental menor a 5°C, en caso que se tenga que concretar, al concreto debe adicionarse agua caliente hasta con 60°C.
- ✓ La temperatura del concreto se debe mantener por encima del 5°C y se aislará y calentará posteriormente para mantener la temperatura por encima de este valor, por lo menos los 3 días siguientes del vaciado.
- ✓ El clima frío puede llegar a causar problemas en el mezclado, vaciado, tiempo de fraguado y curado del concreto teniendo un efecto adverso en las propiedades físicas y la vida de servicio.
- ✓ Aumento en los tiempos de fraguado (tanto inicial como final).
- ✓ Disminución en la tasa de desarrollo de resistencia.

2.2.11.3. Colocación del Concreto Bajo Temperaturas Extremas

Las condiciones ambientales de una obra con clima cálido o frío pueden diferir grandemente con respecto a las condiciones óptimas supuestas en el momento de especificar, diseñar o seleccionar una mezcla de concreto.

El concreto se puede colar de manera segura durante los meses de invierno en climas fríos si se toman ciertas precauciones. Durante el clima frío, la mezcla de concreto y su temperatura se tendrán que adaptar al procedimiento constructivo especiales que se utilice a las condiciones del medio ambiente.

El concreto desarrolla muy poca resistencia a temperaturas bajas. Se deberá proteger al concreto fresco de los efectos nocivos provocados por el

congelamiento hasta el momento en que el grado de saturación del concreto se haya reducido lo suficiente debido al proceso de hidratación.

El personal a cargo de la construcción debe estar consciente de las combinaciones perjudiciales de bajas temperaturas del aire, luz solar, vientos secos y bajas temperaturas del concreto antes de proceder a la colocación de este último.

El equipo que se use para colocar el concreto debe estar diseñado para tal fin y tener una amplia capacidad para cumplir con su cometido eficientemente.

2.2.12. Norma Para la Aplicación de aditivos

SENCICO (2009), menciona que los aditivos que se usen en el concreto deben someterse a la aprobación de la Supervisión. Debe demostrarse que el aditivo utilizado en obra es capaz de mantener esencialmente la misma composición y comportamiento que el producto usado para establecer la dosificación del concreto.

El cloruro de calcio o los aditivos que contengan cloruros que no provengan de impurezas de los componentes del aditivo, no deben emplearse en concreto preesforzado, en concreto que contenga aluminio embebido o en concreto construido en encofrados permanentes de acero galvanizado.

Los aditivos incorporadores de aire deben cumplir con la NTP 334.089.

Los aditivos reductores de agua, retardantes y acelerantes deben cumplir con la NTP 334.088 o ASTM C1017M.

Las cenizas volantes u otras puzolanas que se empleen como aditivos deben cumplir con la NTP 334.104.

Los aditivos usados en la fabricación de concreto que contenga cemento expansivo de acuerdo a la NTP 334.156, deben ser compatibles con este cemento y no producir efectos nocivos.

La microsílíce usada como aditivo debe cumplir con la NTP 334.087.

2.3. Definición de términos

Aditivo, material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades.

Agregados, material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

ASTM, siglas en inglés de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los Materiales (American Society for Testing and Materials).

Clinker, es el insumo o material principal del cemento, por ende, el componente más importante del concreto, es obtenida tras la calcinación de la caliza y arcillas en el horno a temperaturas entre los 1350° C y 1450°C.

Cuarteo, método para obtener una muestra representativa del tamaño adecuado, a partir de la muestra original del agregado.

Curado, el control de la humedad y temperatura, durante un período de tiempo determinado para que el concreto adquiriera la resistencia proyectada.

Dosificación, implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen alguna mezcla como el concreto.

Fraguado (cemento), cambio del estado fluido al estado rígido de una pasta de cemento, mortero o concreto implica pérdida de plasticidad.

Grava, agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de los materiales pétreos. Se encuentra comúnmente en canteras y lechos de ríos, depositado en forma natural.

Mezcla, incorporar o unir en una sola, dos o más materiales.

Resistencia a la compresión, capacidad máxima de carga que soporta un material antes de llegar a su límite de ruptura, se expresa en kg/cm².

Tamiz, instrumento similar a una coladera, que se usa para separar las partículas gruesas de las finas, que integran un conjunto o una mezcla.

Tamizado, el tamizado es la fase siguiente a la de molturación y triturado. se pasa la gravilla por una criba o tamiz de un tamaño concreto para producir una mezcla homogénea con un tamaño de gránulo específico.

Vaciado, es el proceso de transferir el concreto fresco, del dispositivo de conducción a su sitio final de colocación en las formaletas.

Vicat, aparato de pruebas para evaluar los tiempos de fraguado: inicial y final.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es observacional - aplicada de nivel descriptivo; según la recolección de la información es prospectivo; según la población de estudio es de tipo transversal; según el procesamiento de los datos es cuantitativo.

3.1.2. Diseño de la Investigación

La investigación es de tipo cuantitativo, experimental debido a que las variables independientes son manipuladas por el investigador, no probabilístico del tipo intencionado, siendo aplicada porque se las conclusiones que se generan en la investigación servirán para futuras investigaciones. La variable respuesta o dependiente corresponde a la resistencia a la compresión del concreto.

Diagrama de bloques del procedimiento experimental

Para la presente investigación se plantea un diagrama de bloques del procedimiento experimental, en dicho diagrama se describe cada una de las etapas de proceso para determinar el efecto de las variables independientes sobre las variables dependiente.

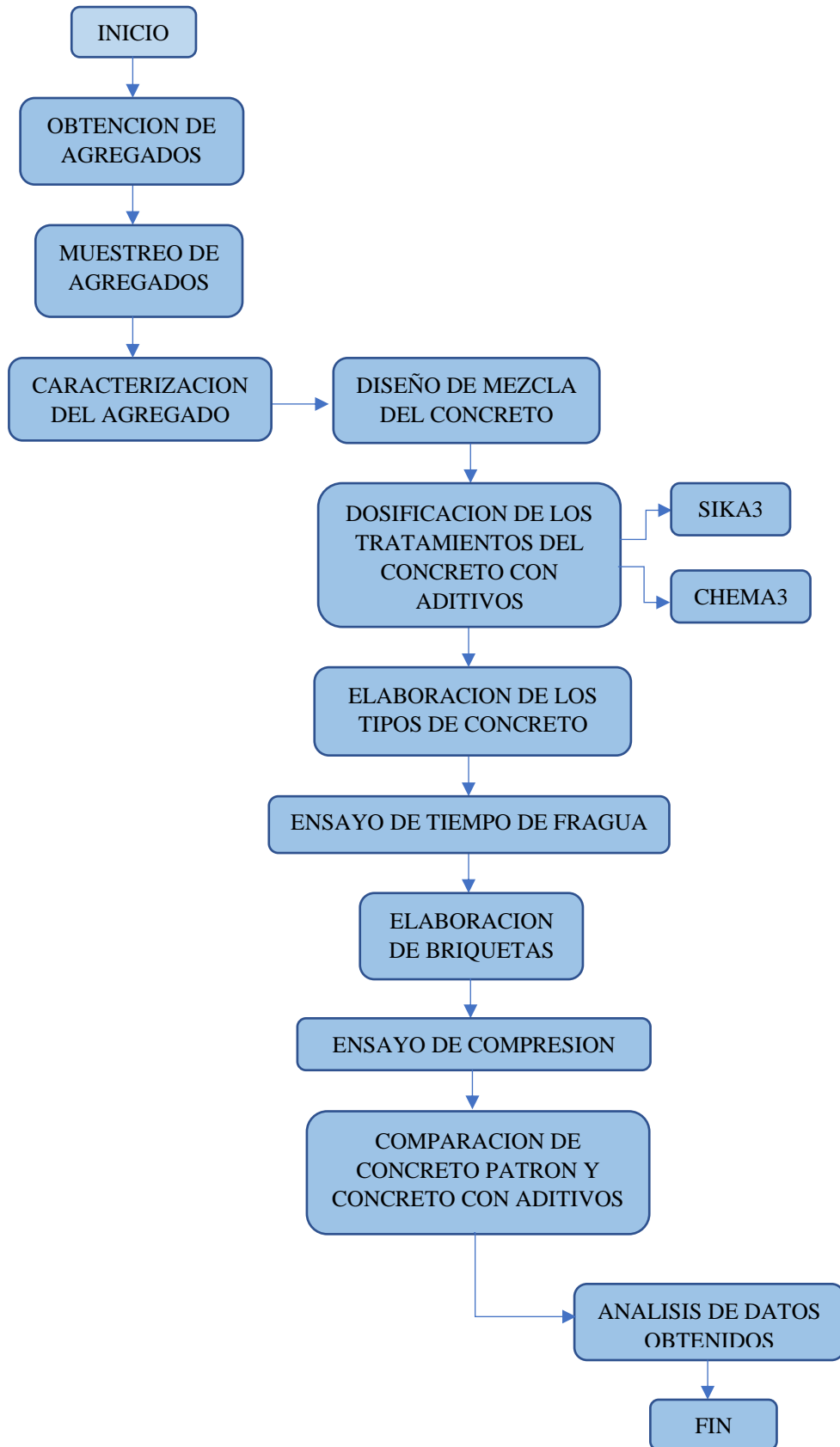


Figura 2 Diagrama de la Investigación
 Elaboración propia

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Las canteras ubicadas en el Callejón de Huaylas, tales como Cantera de Tacllan, Cantera de Pariapata, Cantera de Pariahuanca, entre otros.

3.2.2. Muestra

La muestra seleccionada fue la Cantera Orión, ubicada en el distrito de Pariahuanca, Provincia de Carhuaz, Región Ancash, de donde se obtuvo la extracción del agregado, con la finalidad de realizar las características físicas y mecánicas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales y Mecánica de suelos, Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

3.3. Hipótesis

a) *Hipótesis descriptiva*

El uso de aditivos acelerantes de fragua influirá sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las zonas alto andinas - región Ancash.

b) *Hipótesis estadística.*

Hipótesis nula. (H_0): $u_1 = u_2 = u_t \rightarrow H_0: \xi_i = 0$

Ningún tratamiento de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua influirá sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las zonas alto andinas - región Ancash.

Hipótesis alterna. (H_a): $u_1 \neq u_2 \dots u_t \rightarrow H_1: \xi_i \neq 0$

Al menos uno de los tratamientos de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua influirá sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las zonas alto andinas - región Ancash.

Contrastación de hipótesis de la investigación

$F_c > F_t$ se acepta la hipótesis alterna por lo tanto existe diferencia significativa entre las medias a evaluar de esa manera se realizará la prueba F al 5% de probabilidad.

$F_c < F_t$ se acepta la hipótesis nula por lo tanto no existe diferencia significativa entre las medias.

3.4. Descripción de las características del Área Experimental

3.4.1. Ubicación del Área Experimental

La investigación se realizó en el laboratorio de Resistencia de Materiales y Mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Ubicación:

Dirección : Ciudad Universitaria

Barrio : Shancayán

Distrito : Independencia

Provincia : Huaraz

Departamento : Ancash



Figura 3 Ubicación del área experimental

3.4.2. Descripción del Área Experimental

La investigación se ejecutó para altitudes desde los 2600 m.s.n.m hasta los 3500 m.s.n.m, por lo que el laboratorio de la investigación se encuentra en una altitud promedio de 3038 m.s.n.m.

Debido a que el laboratorio de la UNASAM está ubicado sobre los 3038 m.s.n.m., se encuentra en una zona alto andina, específicamente en la región quechua y la temperatura media anual de la región quechua oscila entre 11 °C y 16 °C, entonces entendemos que su temperatura se encuentra apta para el curado del concreto, según la norma.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

3.5.1. Material Agregado

El material agregado utilizado es proveniente de la cantera Orión del distrito de Pariahuanca, provincia de Carhuaz, Ancash; ya que dicha cantera presenta un material agregado con una mínima cantidad de materia orgánica, desechos tóxicos y otros componentes que afecten el agregado.

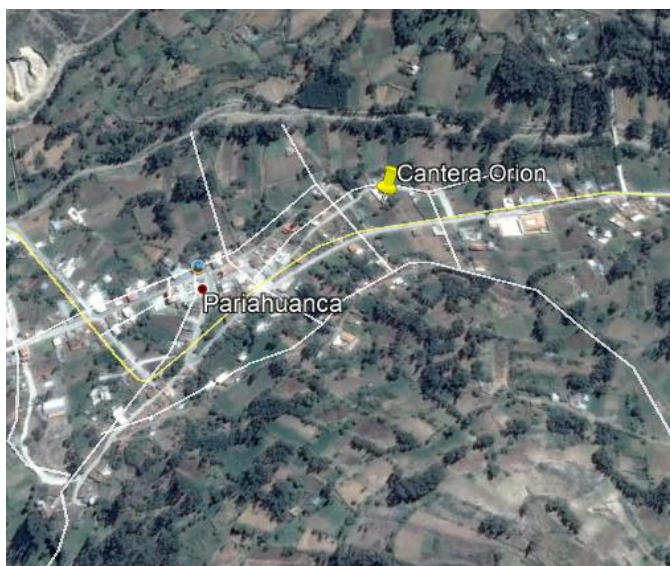


Figura 4 Imagen satelital de la cantera

Fuente: (Google Heart).

Tabla 6

Coordenadas de la cantera Orión

<i>Coordenadas del punto de extracción</i>		
Este	Norte	Altitud
216286	8963538	2815 m.s.n.m

Fuente: Google Heart.

Tabla 7

Cantidades requeridas de material agregado

<i>Material Agregado</i>	<i>Cantidad</i>
Agregado Grueso	135 kg
Agregado Fino	225 kg

Elaboración propia

3.5.2. Cemento Portland Tipo I

Para la elaboración de las probetas de concreto se ha empleado Cemento “SOL” perteneciente al cemento portland tipo I, el cual es fabricado por la empresa Cementos Lima S.A., el mismo que cumple con

la norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 y la norma técnica americana ASTM C-150. Su presentación es en bolsas de 42.5 kg.

3.5.3. Aditivos acelerantes Sika 3 y Chema 3

Para el presente proyecto se utilizó dos marcas diferentes de aditivo acelerante de fraguado.

El aditivo acelerante Sika 3, es fabricado por la empresa Sika Perú S.A., el cual cumple la norma ASTM C 494 tipo C. Su presentación es en bidón de plástico de 4 litros.

El aditivo acelerante Chema 3, es fabricado por la empresa Chem Masters del Perú, dicho producto cumple con la norma ASTM C 494 tipo C. Su presentación es en envase de 01 galón.

3.5.4. Agua

El agua que se utilizó en la investigación fue agua obtenida del grifo del laboratorio en el que se realizaron los ensayos.

3.6. Equipos y Herramientas

3.6.1. Laboratorio

Equipos

- Moldes para vaciado de probetas cilíndricas.
- Balanza, con una sensibilidad al 0.1% del peso de prueba en cualquier punto dentro del rango de uso.
- Horno ventilado capaz de mantener la temperatura alrededor de la muestra $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Recipiente para la muestra (Taras).

- Maquina Tamizadora
- Fiola graduada de 500 m3 para medir el peso específico del agregado fino.
- Mezcladora de concreto 4.5 p3 (Trompo).
- Probeta graduada.
- Cono de Abrams, plancha metálica y varilla compactadora de acero, cilíndrica de 16mm (5/8") de diámetro con una longitud aproximada de 600 mm (24") para medir el Slump del concreto.
- Cronómetro para medir el tiempo de duración del ensayo a compresión desde la aplicación de la carga hasta la rotura.

Herramientas

- Regla metálica graduada para medir el asentamiento (slump) del concreto.
- Balde para trasladar los agregados hacia el trompo.
- Badilejo grande y pequeño para remezclar el concreto en la bandeja.
- Bandeja para llevar el concreto.
- Martillo de goma para golpear las paredes laterales exteriores del molde de especímenes durante el vaciado de concreto.
- Cucharon para llenar los moldes de los especímenes.
- Carretilla para trasladar los especímenes desde la poza de curado hasta la maquina compresión (buggi).
- Marcador de concreto para codificar los especímenes.
- Herramientas manuales.

3.6.2. Gabinete

- Laptop Toshiba procesador Inter Core i5.

- Impresora multifuncional.
- Programas de Cómputo
 - o Microsoft Office 2016.
 - o Microsoft Excel 2016
- Cámara fotográfica.

3.7. Técnicas de Procesamiento

3.7.1. Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados

A. Propiedades Físicas del Agregado Grueso

Análisis Granulométrico

Se cuarteo el agregado grueso, luego se tomó muestras de 0.5 kg a 0.6 kg de material; después se procedió a vaciar el agregado al conjunto de tamices estándar y proceder con el zarandeo, para finalmente ser extraído el material retenido en cada malla y luego pesarlo.

Tamaño Máximo

El tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasó la muestra de agregado.

Peso específico y contenido de absorción (N.T.P 400.021)

Se seleccionó por el método del cuarteo, aproximadamente 2 kg del material, para sumergirlo en una bandeja de agua por un periodo de 24 horas, con el objetivo de saturarlo; transcurridas las 24 horas, el agua de la bandeja se desechó y la superficie de las partículas de agregado se secó con una franela, con la intención de obtener el estado Saturado Superficialmente Seco, y se pesó 1kg aproximadamente. Después se colocó dicha muestra saturada superficialmente seca en el molde de

alambre, tomándose nota de su peso en agua; y luego fue llevado al horno por 24 horas y por último se obtuvo el peso de la muestra seca.

Peso Unitario (N.T.P 400.017)

Peso Unitario Suelto

En un recipiente metálico de un tercio pie cubico se vació el agregado en una sola capa hasta el ras, sin la necesidad de compactar con la varilla metálica y se pesó el conjunto; después se pesó el recipiente metálico que fue utilizado para determinar el peso del agregado suelto, y por último se determinó el volumen del recipiente.

Peso Unitario Compactado

En un recipiente metálico de un tercio pie cubico se vació el agregado grueso hasta el ras, el llenado se realizó en tres capas con 25 golpes de compactación por cada capa, empleando una varilla metálica lisa; a continuación, se enrazo y se pesó el conjunto, luego se pesó el recipiente metálico utilizado para determinar el peso del agregado compactado y finalmente se determinó el volumen del recipiente.

Contenido de Humedad (N.T.P. 339.185)

Se peso una muestra de más de 100 gramos de agregado grueso al estado natural, dicha muestra se llevó al horno durante 24 horas, y luego fue pesada en estado seco.

B. Propiedades físicas del agregado fino

Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

Se cuarteo en el suelo la muestra de agregado fino, para luego ser llevado al horno por 24 horas, después se pesó la muestra y se procedió con el lavado del agregado fino; donde el agua y las partículas más

finas son desechadas por las aberturas del tamiz N° 200, luego la muestra fue llevada al horno por otras 24 horas, finalmente se vació el agregado al conjunto de tamices estándar y se procedió con el zarandeo, luego se extrajo el material retenido en cada malla y se pesó.

Módulo de fineza

El módulo de fineza del agregado fino, se determinó tomando los porcentajes retenidos acumulados desde el tamiz N° 4 hasta el tamiz N° 100.

Peso específico y absorción (N.T.P. 400.021)

Por el método del cuarteo, se tomó aproximadamente 0.5 kg de muestra de agregado fino, el cual se sumergió en una bandeja con agua por un periodo de 24 horas, con el objetivo de saturarlo; transcurridas las 24 horas, se desechó el agua de la bandeja y se secó la superficie de las partículas de agregado con un pedazo de papel, con la finalidad de llevarlo al estado saturado superficialmente seco, y se pesó la muestra; después se llenó una fiola con agua en un volumen de 500 ml, luego se vertió en la fiola con agua, la muestra de agregado fino en estado saturado, después se completó con agua la fiola hasta marcar los 500 ml, luego se tomó nota de su peso en agua; finalmente se escurrió el agua de la fiola, después se vació el agregado fino en un recipiente, luego fue llevado al horno por un periodo de 24 horas, y por último se obtuvo el peso de la muestra seca.

Peso unitario (N.T.P. 400.017)

Peso unitario compactado

En un recipiente metálico de un tercio pie cubico de capacidad, se vació el agregado hasta el ras, se llenó en tres capas con 25 golpes de compactación cada capa, empleando una varilla metálica, luego se enrazo y se pesó el conjunto; después se pesó el recipiente metálico utilizado para determinar el peso del agregado compactado y por último se determinó el volumen del recipiente.

Peso unitario suelto

En un recipiente metálico de un tercio pie cubico se llenó el material hasta el ras en una sola capa, sin compactarlo y luego se pesó el conjunto, después se pesó el recipiente metálico utilizado para determinar el peso del agregado suelto, y por último se determinó el volumen del recipiente.

Contenido de humedad (N.T.P. 339.185)

Se cuarteo una muestra de 1 kg de agregado fino, y se pesó muestras de 100 gramos, dichas muestras se llevaron al horno por 24 horas, para luego ser pesadas en estado seco cada muestra.

3.7.2. Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla del concreto fue por el método del comité 211 del ACI.

Para obtener un diseño de mezcla adecuado para una resistencia de un $f'c$ de 210 kg/cm², se requirió previamente los siguientes parámetros:

- Resistencia del diseño
- Peso Específico de los agregados
- Contenido de humedad

- Contenido de absorción
- Peso unitario suelto y compactado de los agregados
- Asentamiento
- Análisis granulométrico
- Relación Agua/Cemento

Tabla 8

Datos del agregado fino para el diseño de mezcla

Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico	Módulo de fineza	Peso unitario (kg/m³)
3.38	2.03	2.61	2.7	1576

Elaboración Propia.

Tabla 9

Datos del agregado grueso para el diseño de mezcla

Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico (Tn/m³)	Peso Unitario suelto (kg/m³)	Peso unitario compactado (kg/m³)	Tamaño Máximo (pulg.)
1.9	1.15	2.68	1652	1762	1

Elaboración Propia.

Tabla 10*Volumen Unitario de agua (lt/m³)*

Asentamiento	Agua, en l/m³, para los tamaños máx. Nominales de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	***
Concreto con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	***

*Fuente: Comité 211 del ACI.***Tabla 11***Contenido de aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Comité 211 del ACI

Tabla 12*Relación agua/cemento por resistencia*

f'cr (28 días)	Relación agua – cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	***
450	0.38	***

Fuente: Comité 211 del ACI

3.7.3. Ensayo de tiempo de fraguado del cemento por aguja de Vicat

De acuerdo al procedimiento primero se elaboró una pasta de consistencia normal, que se introdujo en el molde tronco cónico de dimensiones estándar, en cuya parte superior se colocó la aguja de 1 mm de diámetro, la cual soporto un émbolo con una masa de 300 g y se dejó que penetre en la pasta de cemento por su propio peso durante un lapso de 30 s. La primera lectura se realizó en 30 minutos luego que se moldeó sin ser alterada en un cuarto de curado y luego se realizaron lecturas a 3 intervalos de 15 minutos hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menor. Con esta serie de datos se determinó por interpolación el tiempo correspondiente a una penetración de 25 mm y éste fue el tiempo de fraguado inicial del cemento. Posteriormente se realizó penetraciones hasta determinar el

primer instante en el cual la aguja no deja huella visible en la pasta endurecida de cemento, y se registró como el tiempo de fraguado final.

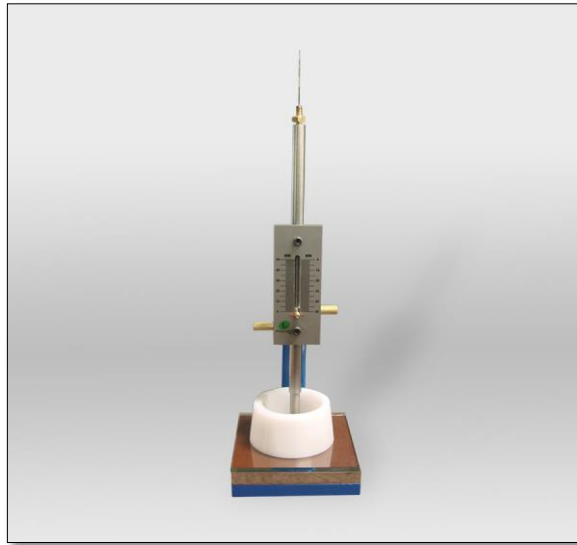


Figura 5 Aparato de Vicat

Fuente: Adaptado de ASTM C191.

3.7.4. Determinación del Slump o Asentamiento (N.T.P. 339.035)

Una vez obtenida la mezcla de concreto fresco se procedió a determinar el asentamiento. Inicialmente sobre el piso se colocó una base metálica, sobre la cual se coloca el cono de Abrams, el mismo que debe estar sujetado por ambos lados presionando con los pies, luego se llenó el concreto en tres capas, cada uno compactándose con una varilla metálica con 25 golpes distribuidos uniformemente, al finalizar la tercera capa después de compactar respectivamente se enrasó, luego se retiró verticalmente el cono de Abrams y se colocó invertida sobre la base metálica al costado de la mezcla, luego colocó la varilla metálica, para posteriormente medir el asentamiento con la ayuda de una regla graduada. Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el

concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:

Tabla 13

Consistencia y asentamientos

Consistencia	Asentamiento
Seca	0'' (0mm) a 2'' (50mm)
Plástica	3'' (75mm) a 4'' (100mm)
Fluida	≥ 5'' (125mm)

Fuente: Josue Pucllas Q. Diseños de Mezclas para el concreto, 2013.

3.7.5. Elaboración de probetas de concreto con aditivo y sin aditivo

En la presente investigación, luego de determinar el asentamiento, se procedió a la preparación de probetas de acuerdo a la N.T.P. 339.183.

En primer lugar, se elaboraron las mezclas de los grupos de control sin aditivo, a continuación, se elaboraron las mezclas del grupo experimental con aditivo, de acuerdo a las proporciones que indica en la ficha técnica del aditivo Sika 3 y Chema 3.

Tabla 14

Cantidad de especímenes para la investigación

Tipo de concreto	7 días	14 días	21 días	28 días	Total
Concreto sin aditivo	3	3	3	3	12
Concreto con Sika3	3	3	3	3	12
Concreto con Chema3	3	3	3	3	12
Total	9	9	9	9	36

Elaboración propia.

Los especímenes de concreto con aditivo, se elaboraron en las siguientes proporciones.

Tabla 15

Proporción recomendada por el fabricante

Aditivos	Relación	Descripción
Sika 3	1:9	1 medida de aditivo para 9 medidas de agua.
Chema 3	1:1	1 litro de aditivo para 1 bolsa de cemento.

Elaboración propia.

Se utilizó moldes cilíndricos para la elaboración de los especímenes de concreto sin aditivo y concreto con aditivos.

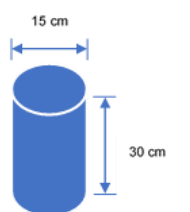


Figura 6 Moldes cilíndricos para el ensayo de resistencia a la compresión

Elaboración propia.

Procedimiento:

Se engraso los moldes con petróleo, luego se colocó los moldes en una superficie plana, después se llenó cada molde en 3 capas con un mismo volumen de concreto, luego de completar cada capa se procedió a compactar con la varilla lisa de ½” dando 25 golpes por capa atravesando toda su profundidad. Después de cada capa fue varillada, se golpeó de 10 a 15 veces las paredes externas del molde con el martillo de goma, luego se engraso en la parte superior con la varilla de compactación y con el badilejo se aliso la superficie.

Inmediatamente después del moldeo y acabado de la superficie, los especímenes se almacenaron por un periodo de 24 horas en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes, para posteriormente desmoldar las probetas de concreto.

3.7.6. Curado de probetas

Todas las probetas cilíndricas fueron colocadas en la poza de curado del laboratorio, donde se mantuvieron sumergidas durante 7, 14, 21 y 28 días, según corresponda.

De acuerdo al reglamento nacional de edificaciones, norma E.060., capítulo 3, artículo 5, ítem 8; el concreto deberá ser curado y mantenido sobre los 10°C por lo menos durante los 7 primeros días después de su colocación. Por lo que el laboratorio de la UNASAM al estar ubicado sobre los 3038 m.s.n.m., se encuentra en una zona altoandina, y la temperatura media anual de la región quechua oscila entre 11 °C y 16 °C, entonces entendemos que su temperatura se encuentra apta para el curado del concreto.

3.7.7. Ensayo de resistencia a la compresión

Se realizó de acuerdo a la Norma NTP 39.034; para ello se codificó cada uno de los especímenes, luego se pesó, y se procedió a medir el diámetro y altura de cada probeta. Una vez obtenido los datos, se procedió a colocar las probetas en la máquina de compresión. Se aplicó la carga hasta que la probeta falle, luego se detiene la máquina al tiempo que el concreto falle o exista un descenso en la fuerza que se aplicó. Se ensayaron las probetas según la codificación que tenga y se registró el resultado reportado por la máquina.

3.8. Modelo de investigación experimental

La investigación experimental se desarrolló bajo el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 3 aditivos y 4 ensayos es decir (3Ax4E), los cuales fueron desarrollados para la resistencia del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. A

partir del análisis ANVA se puede concluir si existen o no diferencias entre las medias de los tratamientos a través de una prueba de F.

- **Modelo aditivo lineal**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Unidad experimental que recibe el i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque.

μ : Efecto de la media general.

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j : Efecto del j -ésimo bloque.

ξ_{ij} : Efecto del error experimental.

$i = 1,2,3$ (Número de tratamientos es decir aditivos)

$j = 1,2,3,4$ (Número de bloques es decir ensayos)

- **Análisis de varianza**

Tabla 16

Análisis de varianza para un Diseño de Bloques Completos al Azar

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F_c
Tratamiento	$t-1$	$\frac{\sum_{j=1}^r Y_{i.}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{SC_{Tratamiento}}{(t-1)}$	$\frac{CM_{Tratamiento}}{CM_{Error}}$
Bloque	$r-1$	$\frac{\sum_{i=1}^t Y_{.j}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{SC_{Bloques}}{(r-1)}$	$\frac{CM_{Bloques}}{CM_{Error}}$
Error	$(r-1)(t-1)$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i.}^2}{r} - \frac{\sum_{j=1}^r Y_{.j}^2}{t} + \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{SC_{Error}}{(t-1)(r-1)}$	
TOTAL	$Rt-1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 + \frac{Y_{..}^2}{rt}$		

Fuente: Fernando Arce Z. (2008). *Manual de diseños experimentales*; pag.15.

Tabla 17

Armonización de los tratamientos por bloques

Aditivos	Ensayos (días)			
	E7	E14	E21	E28
A1	A1E7	A1E14	A1E14	A1E28
A2	A2E7	A2E14	A2E14	A2E28
A3	A3E7	A3E14	A3E14	A3E28

Elaboración propia.



Figura 7 Diseño de la unidad experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades de los materiales

Una vez determinado el punto de extracción del agregado, se procedió a tomar las muestras representativas de los agregados y se realizó los ensayos para determinar las propiedades físicas de los agregados según las normas ASTM.

Tabla 18

Propiedades físicas del agregado fino (arena)

Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico	Módulo de fineza	Pesos unitarios (kg/m ³)
3.38	2.03	2.61	2.7	1576

Elaboración Propia.

Tabla 19

Propiedades físicas del agregado grueso (grava)

Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso específico (Tn/m ³)	Peso Unitario suelto (kg/m ³)	Peso unitario compactado (kg/m ³)	Tamaño Máximo (pulg)
1.9	1.15	2.68	1652	1762	1

Elaboración Propia.



Contenido de Humedad

ASTM D – 2216

Tesista : López Macedo Laura Ysabel.
Tesis : Efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a las obras hidráulicas para las zonas alto andinas – región Áncash.
Cantera : Orión.
Fecha : Noviembre del 2019.

Tabla 20

Contenido de humedad del agregado

Frasco N°	Agregado	A. fino		A. grueso	
		1	2	3	4
(1) Pfr + P.S.H. (gr)		137.20	138.62	163.80	164.95
(2) Pfr + P.S.S. (gr)		133.20	134.30	161.30	162.25
(3) Pagua (gr)	(1)-(2)	4.00	4.32	2.50	2.70
(4) Pfr (gr)		25.00	25.20	25.10	25.20
(5) P.S.S. (gr)	(2)-(4)	108.20	109.10	136.20	137.05
(6) C. Humedad (%)	(3)-(5)	3.70	3.96	1.84	1.97
Contenido de Humedad Promedio		3.83		1.90	

Elaboración propia

Nota:

Pfr : Peso del frasco
P.S.H. : Peso del suelo húmedo
P.S.S. : Peso de Suelo Seco
Pagua : Peso del agua

Análisis Granulométrico por Tamizado

Clasificación ASTM C-33

Tesista : López Macedo Laura Ysabel

Tesis : Efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a las obras hidráulicas para las zonas alto andinas – región Áncash.

Agregado : Fino

Peso inicial seco:	2165.00 grs.	% Que pasa malla n°200:	3.10
Peso lavado seco:	2098.00 grs.	% Retenido malla n°4":	0.60

Tabla 21

Análisis granulométrico del agregado fino

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	%Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
N° 4	4.76	13.00	0.60	0.60	99.40
N° 8	2.38	156.00	7.21	7.81	92.19
N°16	1.19	485.00	22.40	30.21	69.79
N° 30	0.59	598.50	27.64	57.85	42.15
N° 50	0.30	487.00	22.49	80.34	19.66
N° 100	0.15	272.00	12.56	92.90	7.10
N° 200	0.07	86.50	4.00	96.90	3.10

Elaboración propia

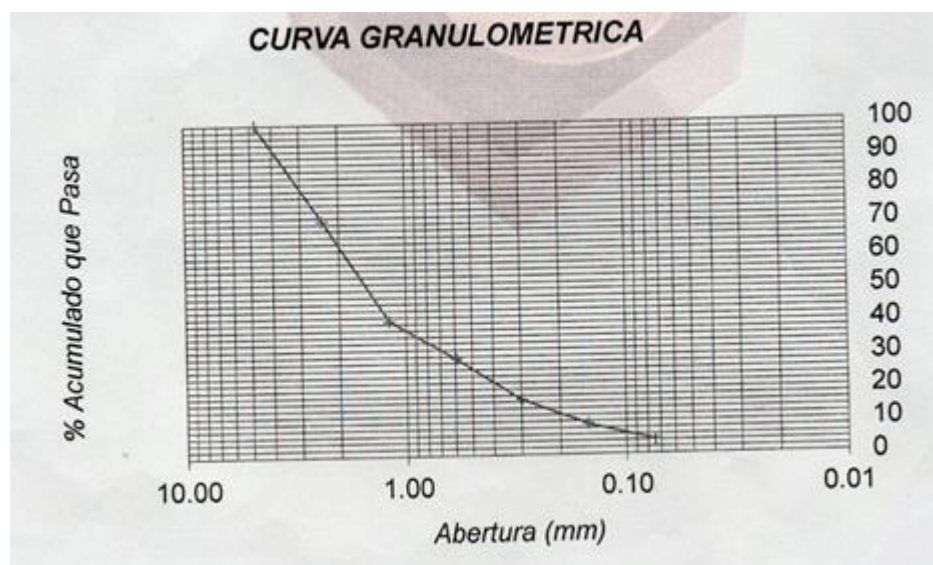


Figura 8 Curva granulométrica del agregado fino

Elaboración propia



Análisis Granulométrico por tamizado

Clasificación ASTM C-33

Tesista : López Macedo Laura Ysabel
Tesis : Efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a las obras hidráulicas para las zonas alto andinas – región Áncash.
Agregado : Grueso
Peso inicial seco: 3260.00 grs. % Que pasa malla n°200: 0.28
Peso lavado seco: 3250.00 grs. % Retenido malla n°4": 0.00

Tabla 22

Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	%Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	555.80	17.05	17.05	82.95
3/4"	19.05	555.60	17.04	34.09	65.91
1/2"	12.70	1090.50	33.45	67.54	32.46
3/8"	9.53	1049.00	32.18	99.72	4.00
N° 4	4.76	0.00	0.00	99.72	0.28

Elaboración propia

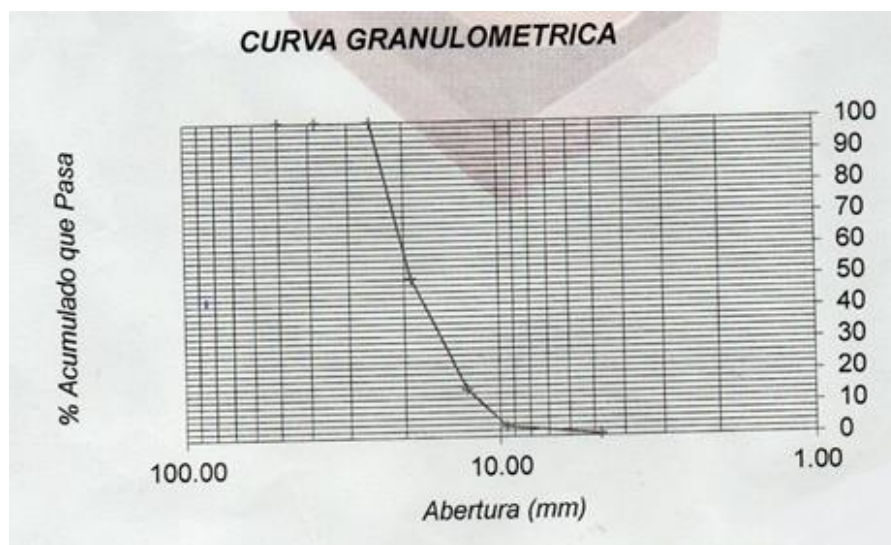


Figura 9 Curva granulométrica del agregado grueso

Elaboración propia



Peso Específico y Porcentaje de Absorción

Tesista : López Macedo Laura Ysabel.
 Tesis : Efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a las obras hidráulicas para las zonas alto andinas – región Áncash.
 Cantera : Orión.

Tabla 23

Peso específico del material agregado

Agregado	Fino	Grueso
Tamaño máximo de la muestra	Malla N°4	Malla 1/2"
Tipo de frasco utilizado	Fiola 500 ml.	Probeta 1000
Peso Frasco + Agua (A)	858.60	1675.00
Peso Mat. Sup. Seca al aire (B)	200.00	500.00
Peso Mat. Sat. + agua + Frasco (A+B) (C)	585.60	2175.00
Peso Global con desp. De Vol. (D)	782.00	1976.00
Peso Global con desp. De Vol. (E)	76.60	186.90
<i>Peso Específico Bulk (B/E)</i>	2.61	2.68

Elaboración propia

Tabla 24

Porcentaje de absorción del material agregado

N° Recipiente	A	B
Peso recip. + Mat. Sup. Seca al aire (A)	166.00	133.68
Peso recip. + Mat. Secado en estufa (B)	163.10	132.48
Peso del Agua (C)	2.90	1.20
Peso del Recipiente (D)	20.15	28.43
Peso Material Secado en Estufa (E)	142.95	104.05
<i>Porcentaje de Absorción (C*100/E)</i>	2.03	1.15

Elaboración propia



Peso Unitario

Tesista : López Macedo Laura Ysabel.
 Tesis : Efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a las obras hidráulicas para las zonas alto andinas – región Áncash.
 Cantera : Orión.

Tabla 25

Peso unitario del agregado fino

Tipo de peso unitario	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compacto		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso Material + Molde	20502.00	20543.00	20571.00	21600.00	21621.00	21650.00
Peso del Molde	5112.00	5112.00	5112.00	5112.00	5112.00	5112.00
Peso del Material	15390.00	15431.00	15459.00	16488.00	16509.00	16538.00
Volumen del Molde	9787.00	9787.00	9787.00	9787.00	9787.00	9787.00
Peso Unitario (Kg/m3)	1.572	1.577	1.580	1.685	1.687	1.690
Peso Unitario Promedio (Kg/m3)		1.576			1.687	

Elaboración propia

Tabla 26

Peso unitario agregado grueso: Piedra chancada

Tipo de peso unitario	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compacto		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso Material + Molde	21273.00	21294.00	21286.00	22381.00	22358.00	22341.00
Peso del Molde	5112.00	5112.00	5112.00	5112.00	5112.00	5112.00
Peso del Material	16161.00	16182.00	16174.00	17269.00	17246.00	17229.00
Volumen del Molde	9787.00	9787.00	9787.00	9787.00	9787.00	9787.00
Peso Unitario (Kg/m3)	1.651	1.653	1.653	1.764	1.762	1.760
Peso Unitario Promedio (Kg/m3)		1.652			1.762	

Elaboración propia

4.2. Diseño de Mezcla

La resistencia a la compresión de diseño planteada es 210 kg/cm², a los 28 días, debido a que ésta es considerada como la resistencia mínima en elementos estructurales hidráulicos.

A. Características de los materiales

Tabla 27

Características de los materiales para el concreto

Materiales	Características	
Cemento	Tipo	Portland Tipo I
	Marca	SOL
	Peso específico	3.11 gr/cm ³
Agregado	Tamaño máximo	1”
Grueso	Peso específico	2.68
	Contenido de humedad	1.90 Tn/m ³
	Absorción	1.15 %
	Peso seco suelto	1652 kg/m ³
	Peso seco compactado	1762 kg/m ³
Agregado	Módulo de fineza	2.70
Fino	Peso específico	2.61 Tn/m ³
	Contenido de Humedad	3.83 %
	Absorción	2.03%
	Peso seco suelto	1576 kg/m ³
	Peso seco compactado	1687 kg/m ³
Aditivo	Tipo: Acelerante de fragua	
	Marca: Sika 3	
	Dosis: 1 medida de aditivo para 9 medidas de agua	
	Cantidad requerida: 1.08 Litros	
	Marca: Chema 3	
Dosis: 1litro de aditivo para 1 bolsa de cemento		
Cantidad requerida: 0.59 Litros		
Agua	Agua potable de la red publica	

Elaboración propia.

B. Selección de la resistencia promedio (f'_{cr})

La selección de la resistencia promedio se realizó mediante el siguiente cuadro, según el RNE tabla 4.3.

Tabla 28

Resistencia promedio

F'c	F'cr
Menos de 210	$f'c + 70$
De 210 a 350	$f'c + 84$
Sobre los 350	$f'c + 50$

Fuente: RNE, tabla 4.3.2b.-2006

En el presente proyecto será una resistencia promedio de:

$$F'_{cr} = 210 + 84$$

$$F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2.$$

C. Selección del asentamiento (Slump)

Se realizó un diseño de mezcla de consistencia plástica, para permitir la trabajabilidad del concreto, por lo que se consideró un revenimiento de 3" a 4".

D. Selección del tamaño máximo nominal

En la presente investigación, el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 1".

E. Volumen unitario de agua

El volumen unitario de agua se determinó mediante la Tabla 10, donde se necesita el valor del revenimiento (3" a 4") y el tamaño máximo nominal (1"), por lo que de acuerdo a la tabla se obtuvo un volumen unitario de 195 lt/m³.

F. Selección del contenido de aire

Debido a que, en el diseño no se consideró la incorporación de aire, se procede a obtener el porcentaje de aire atrapado, según la tabla 11; por lo que, para un tamaño máximo nominal de 1", se tiene 1.5% de aire atrapado en la mezcla.

G. Cálculo de la relación agua/cemento

La relación de agua /cemento se calculó mediante la tabla 12, donde se necesita el valor de la resistencia promedio (294 kg/cm²), por lo que se obtuvo un valor de 0.557.

H. Cálculo del factor cemento

Se determino mediante la división del volumen de agua con la relación de agua/cemento, cuyo valor es 386 kg/m³.

I. Dosificación

La proporción será: 1: 2.3: 2.1

Tabla 29

Dosificación en peso resultante

Material	Kg
Cemento	386
Agregado grueso	1176
Agregado fino	706.5
Agua	159

Elaboración propia.

Tabla 30

Dosificación en volumen resultante

Material	m³
Cemento	0.267
Agregado grueso	0.784
Agregado fino	0.471
Agua	0.159

Elaboración propia

J. Dosificación para una probeta:

El diseño de mezcla del concreto nos permitió calcular la cantidad de material necesario para cada probeta de concreto sin aditivo, y en base a ello se calculó la cantidad de aditivo acelerante Sika 3 y Chema 3.

Tabla 31

Cantidad de material para el concreto sin aditivo(testigo)

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	2.12	Kg
Agregado fino	6.23	Kg
Agregado grueso	3.75	Kg
Agua	0.84	Lt

Elaboración propia

Tabla 32

Cantidad de material para el concreto con aditivo Sika3

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	2.12	Kg
Agregado fino	6.23	Kg
Agregado grueso	3.75	Kg
Agua	0.84	Lt
Aditivo	0.09	Lt

Elaboración propia

Tabla 33

Cantidad de material para el concreto con aditivo Chema3

Material	Cantidad	Unidad
Cemento	2.12	Kg
Agregado fino	6.23	Kg
Agregado grueso	3.75	Kg
Agua	0.84	Lt
Aditivo	0.05	Lt

Elaboración propia

4.3. Ensayo de fraguado

El ensayo de fraguado se realizó mediante el método de la aguja de Vicat, cuyos resultados se muestran en la tabla 34.

Tabla 34

Ensayo de tiempo de fraguado

Tiempo (min)	Penetración (mm)		
	Concreto Testigo	Concreto con Chema 3	Concreto con Sika 3
30	40	40	40
45	40	39	38
60	39	38	37
75	38	37	36
90	37	36	34
105	36	33	30
120	34	30	27
150	32	25	23
180	28	19	16
210	26	12	10
240	21	0	0

Elaboración Propia

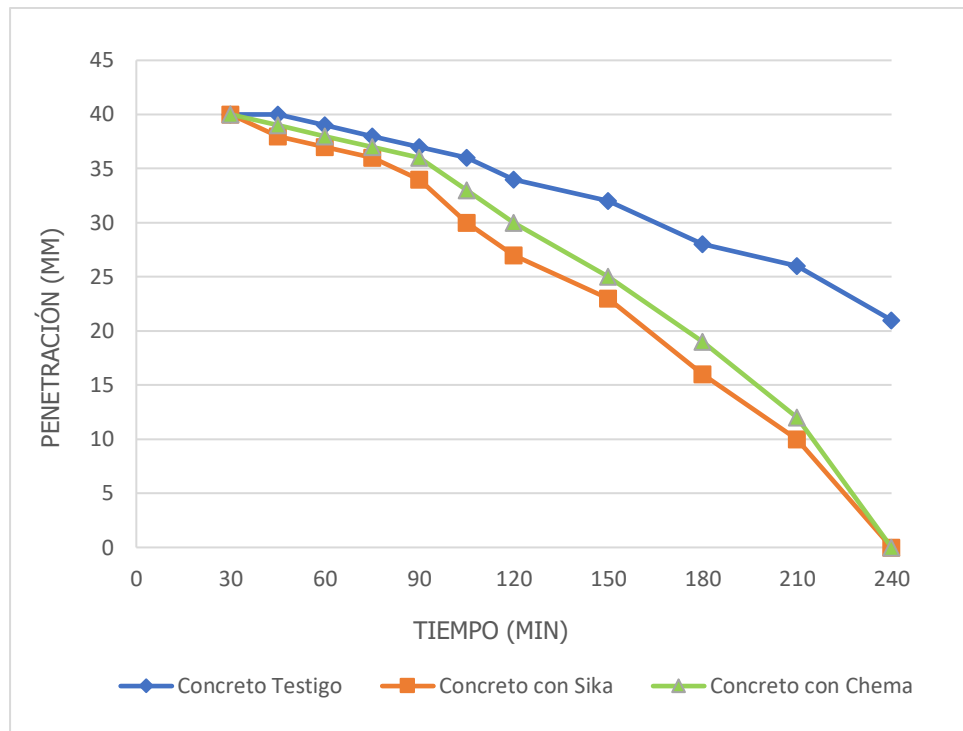


Figura 10 Curvas de penetración vs tiempo

Elaboración Propia

El tiempo de fragua inicial a la primera hora fue indefinido, para los tres tipos de concreto, esto quiere decir que la aguja de Vicat penetra hasta el fondo del molde.

En la segunda hora el aditivo acelerante Sika3 presento un tiempo de fragua más rápido en comparación con el aditivo acelerante Chema 3, por lo que la curva del concreto con Sika 3 se encuentra por debajo de la curva del concreto con aditivo Chema 3 y del concreto sin aditivo.

En la tercera hora el aditivo acelerante Chema 3 presento un fraguado menor al del aditivo Sika 3, por lo que la curva del concreto con Chema 3 se encuentra sobre la curva del concreto con Sika 3.

En la cuarta hora se puede observar que la penetración de la aguja de Vicat fue 0 mm para el concreto con aditivo Sika 3 y también para el concreto con aditivo Chema 3.

En ensayo de tiempo de fraguado permitió determinar que la mezcla de concreto con aditivo acelerante Sika 3, presenta un mejor fraguado, es decir presenta una mayor eficiencia en la aceleración del tiempo de fraguado.

4.4. Resistencia del concreto

Tabla 35

Control de la resistencia del concreto testigo (sin aditivo)

Fecha de Moldeo		18/11/2019		Área de testigo (cm ²)				176.714				
N° Probeta	Edad (días)	Fecha de rotura	Carga (kg)				Resistencia a la compresión				Resistencia promedio (kg/cm ²)	%
			7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días		
1	7	25/11/2019	29201.12				165.25				165.81	78.96%
2		25/11/2019	28824.58				163.11					
3		25/11/2019	29916.79				169.29					
4	14	02/12/2019	32721.58				185.17				185.92	88.53%
5		02/12/2019	33698.90				190.70					
6		02/12/2019	32142.07				181.89					
7	21	09/12/2019	34728.53				196.52				200.31	95.39%
8		09/12/2019	36189.92				204.79					
9		09/12/2019	35275.16				199.62					
10	28	16/11/2019	42329.42				239.54				252.59	120.28%
11		16/11/2019	45529.37				257.64					
12		16/11/2019	46047.45				260.58					

Elaboración propia

Tabla 36*Control de la resistencia del concreto con aditivo Sika 3*

Fecha de moldeo		18/11/2019		Área de testigo (cm ²)				176.714				
N° de Probeta	Edad (días)	Fecha de rotura	Carga (kg)				Resistencia a la compresión				Resistencia promedio (kg/cm ²)	%
			7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días		
1	7	25/11/2019	30728.56				173.89				175.72	82.71%
2		25/11/2019	31587.89				178.75					
3		25/11/2019	30842.18				174.53					
4	14	02/12/2019		34175.16				193.39			195.28	92.99%
5		02/12/2019		36127.98				204.44				
6		02/12/2019		33224.95				188.02				
7	21	09/12/2019			38522.65				217.99		223.50	106.43%
8		09/12/2019			41981.74				237.57			
9		09/12/2019			37981.74				214.93			
10	28	16/11/2019				48751.89				275.88	270.98	129.04%
11		16/11/2019				50781.54				287.37		
12		16/11/2019				44125.63				249.70		

Elaboración propia

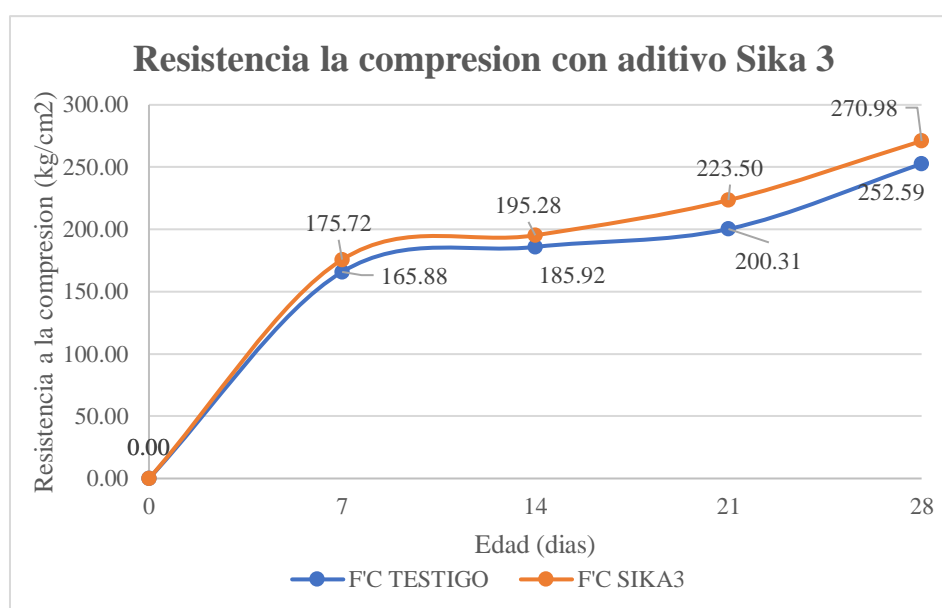
Tabla 37*Control de la resistencia del concreto con aditivo Chema 3*

Fecha de moldeo		18/11/2019		Área de testigo (cm2)				176.714				
N° de Probeta	Edad (días)	Fecha de rotura	Carga (kg)				Resistencia a la compresión				Resistencia promedio (kg/cm2)	%
			7 días	14 días	21 días	28 días	7 días	14 días	21 días	28 días		
1	7	25/11/2019	31278.16				177.00				177.31	84.43%
2		25/11/2019	32592.73				184.44					
3		25/11/2019	30125.95				170.48					
4	14	02/12/2019	35241.43					199.43			195.83	93.25%
5		02/12/2019	34183.72					193.44				
6		02/12/2019	34392.89					194.62				
7	21	09/12/2019			36652.84				207.41		215.74	102.73%
8		09/12/2019			39886.14				225.71			
9		09/12/2019			37831.25				214.08			
10	28	16/11/2019				44597.17				252.37	260.10	123.86%
11		16/11/2019				45768.29				259.00		
12		16/11/2019				47522.39				268.92		

Elaboración propia

Tabla 38*Resistencia del concreto con aditivo Sika 3*

Resistencia a la compresión (kg/cm²)					
Edad (días)	F'c Sin aditivo	F'c Sika 3	% de Evolución del concreto sin aditivo	% de Evolución del concreto con Sika 3	Variación
0	0.00	0.00	0.00%	0.00%	0.00%
7	165.88	175.72	78.99%	83.68%	4.69%
14	185.92	195.28	88.53%	92.99%	4.46%
21	200.31	223.50	95.39%	106.43%	11.04%
28	252.59	270.98	120.28%	129.04%	8.76%

Elaboración propia**Figura 11** Curva de la resistencia del concreto con aditivo Sika 3*Elaboración propia*

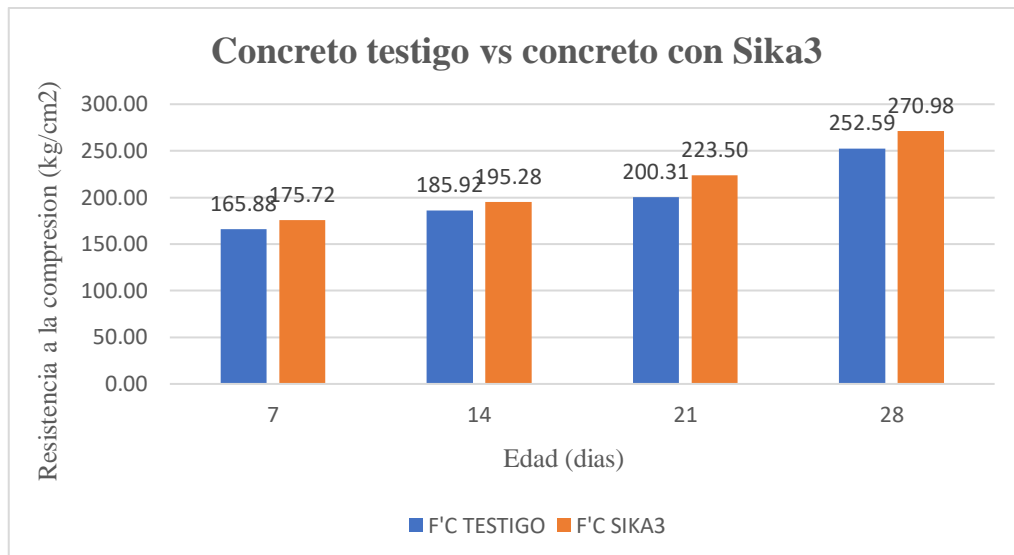


Figura 12 Concreto testigo vs concreto con Sika 3

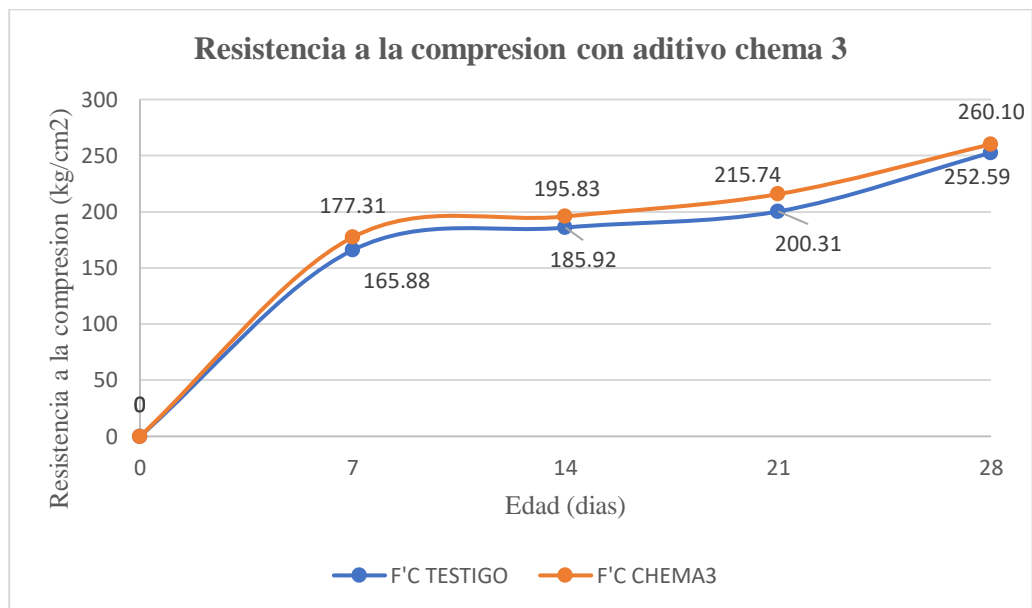
Elaboración propia

En la tabla 38, la resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto sin aditivo es de 252.59 kg/cm², por lo que se logró alcanzar la resistencia del diseño (210 kg/cm²). De acuerdo a los resultados de la resistencia a la compresión obtenidos para el concreto con aditivo Sika 3, notamos que las resistencias son mayores al del concreto sin aditivo, en todas las edades, por lo que a los 28 días se obtuvo una resistencia a la compresión de 262.40 kg/cm², obteniéndose así la resistencia deseada.

En la figura 12, se representa la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo y del concreto con aditivo Sika 3, donde se puede observar que la mezcla de concreto a la cual se añadió el aditivo Sika 3, obtuvo mayores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días, por lo que presenta una mejor resistencia a diferencia del concreto sin aditivo.

Tabla 39*Resistencia del concreto con aditivo Chema 3*

Resistencia a la compresión (kg/cm²)					
Edad (días)	F'c Testigo	F'c Chema3	% de Evolución del concreto testigo	% de Evolución del concreto con Chema3	Variación
0	0	0	0.00%	0.00%	0.00%
7	165.88	177.31	78.99%	84.43%	2.78%
14	185.92	195.83	88.53%	93.25%	3.82%
21	200.31	215.74	95.39%	102.73%	6.45%
28	252.59	260.10	120.28%	123.86%	2.68%

Elaboración propia**Figura 13** Curva de la resistencia del concreto con aditivo Chema 3*Elaboración propia*

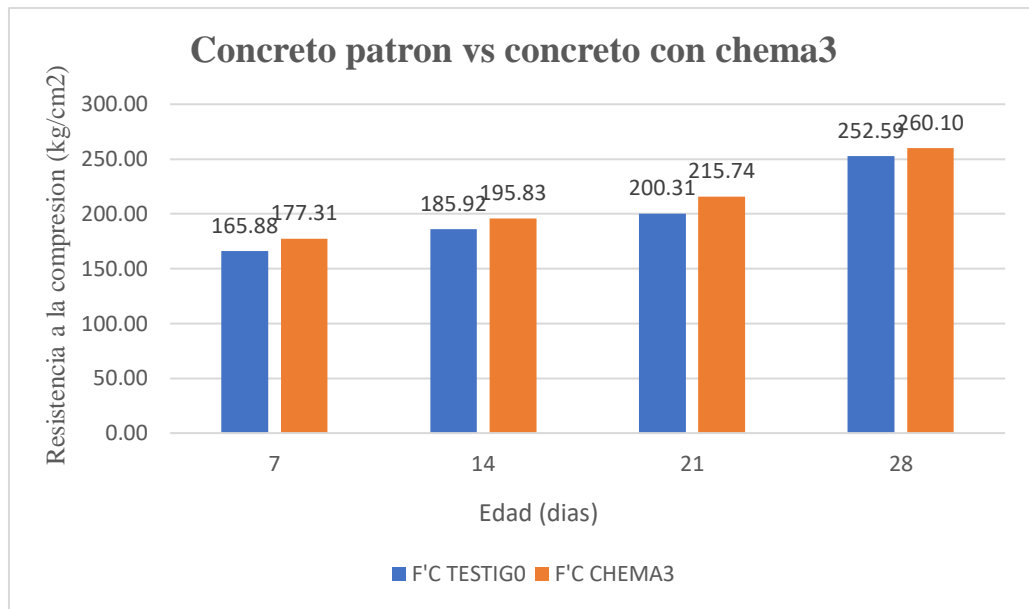


Figura 14 Concreto testigo vs concreto con Chema 3

Elaboración propia

En la tabla 39, la resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto sin aditivo es de 252.59 kg/cm² y la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Chema 3 es de 258.21 kg/cm² por lo que se logró alcanzar la resistencia del diseño (210 kg/cm²), además notamos que en todas las edades las resistencias del concreto con aditivo Chema 3 son mayores al del concreto sin aditivo, por lo que a los 28 días se obtuvo una resistencia mayor a la resistencia deseada.

En la figura 14, se representa la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo y del concreto con aditivo Chema 3, en la cual se puede observar que el concreto con aditivo Chema 3 obtuvo mayores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días, pero a pesar que la diferencia con el concreto sin aditivo es mínima, se puede decir que el aditivo Chema 3 en comparación con el concreto sin aditivo presenta una mejor resistencia.

4.5. Resultado estadístico

Tabla 40

Tabla ANVA

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Ft
Tratamiento	2	305.36	152.68	10.39	5.14
Bloque	3	12585.98	4195.32	285.59	
Error	6	88.15	14.69		
TOTAL	11	12979.09			

Elaboración propia.

Se realizó la comparación del cociente $F_{c(\text{trat})} = 152.68/14.69 = 10.39$, con el valor de la $F_{\text{teórica}}(0.95, 2, 6) = 5.14$, por lo que se concluyó que se rechaza H_0 (igualdad de medias de tratamientos) y se acepta la hipótesis alterna; en otras palabras, se concluyó que, a un nivel de significación del 5 %, la resistencia a la compresión del concreto difiere significativamente dependiendo del aditivo acelerante de fragua utilizado.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó el tiempo de fraguado del concreto sin aditivo (sin aditivo), que fluctúa entre 30 y 240 minutos (tabla 34); asimismo se determinó la resistencia a la compresión del concreto sin aditivo obteniéndose un valor promedio de $f'c = 252.59 \text{ kg/cm}^2$ para 28 días.
2. Se determinó el tiempo de fraguado del concreto con aditivo Sika 3, que fluctúa entre 30 y 240 minutos (tabla 34), además se obtuvo la resistencia a la compresión del concreto con aditivo acelerante Sika 3, cuyo valor promedio es de $f'c = 270.98 \text{ kg/cm}^2$ para 28 días.
3. Se determinó el tiempo de fraguado del concreto con aditivo Chema 3, que fluctúa entre 30 y 240 minutos (tabla 34), se determinó la resistencia a la compresión del concreto con aditivo Chema 3 obteniéndose un valor promedio de $f'c = 260.10 \text{ kg/cm}^2$ para 28 días.
4. Finalmente, el que presenta mayor resistencia a la compresión es con la adición del aditivo acelerante de fragua Sika3, así mismo mejora las propiedades del concreto, lográndose obtener la resistencia deseada en un menor tiempo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones sobre los aditivos acelerantes de fragua en polvo de diferentes marcas y su influencia sobre la resistencia a la compresión del concreto.
2. Realizar la dosificación de los aditivos según las instrucciones de los fabricantes, ya que utilizarlos en cantidades mayores o menores a las recomendadas probablemente no producirían los efectos deseados sobre el concreto.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto Castillo, F. (2011). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos.
- Apolinario, F. (2017). *Estudio Comparativo de la Resistencia a la Compresión de los Concretos Elaborados con Aditivos Acelerante de Fragua en Zonas Alto Andina en Huanuco*. Huánuco : Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Baca, J., & Boy, J. (2015). *Influencia del porcentaje y tipo de acelerante, sobre la resistencia a la compresion en la fabricacion de un concreto de rapido fraguado*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- BASF, T. (2006). Aditivos Vaciado de concreto en climas frios. *Boletín Técnico*, 04.
- Fernández López, L. (2016). *Evaluación del diseño del concreto elaborado con cemento portland tipo I adicionando el aditivo sikament-290N, en la ciudad de Lima – 2016*. Lima: UCV.
- Girio, J. (2015). *Fabricación de Concreto de Resistencia a la Compresión 210 y 280 kg/m², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca - 2015* . Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Godoy, M., & Gándara, C. (2018). *El Uso de Ceniza Volante y Aditivos en la Elaboración del Concreto como Solución Ecológica*. Ecuador: Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Gómez, Q. (2018). *Influencia de tres aditivos acelerantes en el desarrollo de la resistencia a la compresión en un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2 Chachapoyas - Amazonas 2016*. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Gutierrez de Lopez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construccion*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- IMCYC. (2004). Propiedades del concreto. *Conceptos básicos del concreto* , 4-5.
- Martinez Rivera, R. (2009). *Calidad de dos bancos de agregados para concreto, en el departamento de Chiquimula*. Guatemala.

- Meléndez Cueva , A. R. (2016). *Utilizacion del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Huaraz-2016*. Huaraz: USP.
- Palomares Carmona, J. P. (2009). *Estudio de las Características del concreto utilizando aditivo reductor de agua de alto rango - superplastificante y cemento portland tipo I*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Pasquel Carbajal , E. (1998). *Temas de tecnología del concreto en el Perú* (Segunda ed.). Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Ponce, E. (2016). *Estudio comparativo del efecto de aditivos Chema y Sika aceleradores de fragua en la ciudad del Cusco en concretos expuestos a climas alto andinos*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Rivera L., G. A. (2013). *Concreto Simple*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Rivva López, E. (2010). *Diseño de mezclas* (Primera ed.). Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- SENCICO. (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima-Perú: Ministerio de Vivienda y Saneamiento.
- SENSICO. (2014). Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto. *Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción*, 42.
- Tengan, C. (2011). *Análisis Comparativo de Aditivos Acelerantes de Fragua Libres de Alcalis para Concreto Proyectado o Shotcrete*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Tesillo Ayala, A. (2004). *Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido con cemento portland tipo I y utilizando un aditivo plastificante*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Torres, J. (2004). *Estudio de la influencia de aditivos acelerantes sobre las propiedades del concreto*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Troxell, G. E., Davis, H. E., & Kelly, J. W. (1968). *Composition and Properties of Concrete*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Wadell, J. J. (1968). *Concrete Construction Handbook*. New York: McGraw-Hill Book Company.

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Panel fotográfico

Foto N°01



Vista panorámica de la Cantera Orión

Foto N°02



Cargando el material agregado para su traslado

Foto N°03



Seleccionando los restos orgánicos del material

Foto N°04



Pesando el agregado grueso

Foto N°05



Pesando el agregado fino

Foto N°06



Vaciado del material agregado sobre los tamices

Foto N°07



Ajustando el seguro de la máquina de tamizado

Foto N°08



El agregado separado de acuerdo a las mallas

Foto N°09



Aplicación de una capa ligera de petróleo sobre los moldes

Foto N°10



Realizando la mezcla del concreto

Foto N°11



Medición del asentamiento

Foto N°12



Vaciado de la mezcla en el molde

Foto N°13



Enrazado de la probeta

Foto N°14



Vaciando el aditivo Chema 3 en la probeta graduada

Foto N°15



Mezclando el aditivo Chema 3 con el agua

Foto N°16



Vaciando el agua con aditivo Chema 3 sobre la mezcla

Foto N°17



Probetas de concreto con aditivo acelerante Chema 3

Foto N°18



Vaciando el aditivo Sika 3 sobre la probeta graduada

Foto N°19



Mezclando el aditivo Sika 3 con el agua

Foto N°20



Eliminando los vacíos de las probetas con aditivo Sika 3

Foto N°21



Probetas de concreto con aditivo acelerante Sika 3

Foto N°22



Curado de las probetas

Foto N°23



Maquina del ensayo de resistencia a la compresión

Foto N°24



Pesando la probeta antes del ensayo

Foto N°25



Colocando la probeta para el ensayo a la compresión

Foto N°26



Asegurando la puerta de la maquina de compresión

Foto N°27



Realizando el ensayo de compresión


Foto N°28




Probeta después del ensayo de compresión

Anexo 2

Ficha técnica del aditivo acelerante Sika 3

	
<h1>HOJA TÉCNICA</h1> <h2>Sika®-3</h2>	
<p>Acelerante controlable de fraguado</p>	
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	<p>Sika®-3 es un aditivo acelerador de fraguado y endurecimiento a base de cloruros. Actúa aumentando la velocidad de hidratación y las reacciones químicas de los constituyentes del cemento. No es inflamable.</p> <p>USOS</p> <p>En pastas: Para el sellado de perforaciones en las faenas de sondaje, el tapado de grietas con o sin filtraciones de agua.</p> <p>En morteros de fraguado y endurecimiento rápido: Albañilerías, nivelación de pisos, obstrucción de grietas y otros.</p> <p>En concretos: Donde se requiera alcanzar elevadas resistencias mecánicas en corto tiempo, ya sea para una pronta puesta en servicio o disminución de los tiempos de desencofrado.</p> <p>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Vaciado de concreto en climas fríos, obteniendo endurecimiento rápido y reduciendo el tiempo de protección.▪ Vaciado de concretos rápidos para cimientos o elementos de concreto expuestos a la acción de aguas subterráneas (napas freáticas).▪ Faenas en donde se necesita una rotación rápida del encofrado.▪ Reducción de las presiones de los moldes.▪ Reparación de pavimentos y pistas de aeropuerto para una rápida puesta en servicio.▪ Trabajos marítimos entre dos mareas (sin armadura).▪ Obras hidráulicas.▪ Para alcantarillado en la construcción o reparación de pozos, cámaras y tuberías
NORMA	Cumple la norma ASTM C 494 tipo C.
DATOS BÁSICOS	
FORMA	ASPECTO
	Líquido
<p>Hoja Técnica Sika® 3 22.01.15, Edición 13</p>	

	<p>COLORES Verde azulino</p> <p>PRESENTACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Paquete x 4 envases PET x 4 L. ▪ Cilindro x 200 L.
ALMACENAMIENTO	<p>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</p> <p>2 años en lugar fresco y bajo techo en su envase original bien cerrado.</p>
DATOS TÉCNICOS	<p>DENSIDAD</p> <p>1.22 ± 0.01 kg/L</p> <p>USGBC VALORACIÓN LEED</p> <p>Sika®-3 cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)</p>
INFORMACIÓN DEL SISTEMA	
DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS</p> <p>El consumo depende del tiempo de fraguado que se desee alcanzar.</p>
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>MODO DE EMPLEO</p> <p>Se puede utilizar puro o disuelto hasta en 15 partes de agua, dependiendo del uso y de las necesidades de la obra.</p> <p>Para su dilución deberá emplearse recipientes limpios y mantener una agitación constante evitando con ello diferencias en la concentración del aditivo.</p> <p>Debe utilizarse con cemento fresco.</p> <p>La colocación del concreto o mortero con Sika®-3 deberá ser rápida, ya que los tiempos de fraguado se acortan considerablemente.</p> <p>En caso de utilizar Sika®-3 en concreto, deberá considerarse una concentración máxima de 1:9, una parte de Sika®-3 diluido en nueve o más partes de agua.</p> <p>Debido a que existen muchos factores que influyen en una mezcla, no se pueden indicar dosis exactas de aditivos, por lo que se recomienda efectuar ensayos preliminares con los materiales que se utilizan en la obra para determinar la concentración más favorable</p> <p>Las influencias son :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura ambiental y de los materiales. ▪ Tipo, cantidad y grado de meteorización del cemento. ▪ Cantidad de agua (relación a/c) y otros. ▪ Tomar las más estrictas precauciones para un correcto curado del concreto, recomendando el uso de Antisol. ▪ Nunca usar con aditivos expansores. <p>IMPORTANTE</p> <p>Al almacenar en tiempo prolongado el Sika®-3, éste puede cambiar de color, lo que no implica una disminución de su efecto.</p>
<p>Hoja Técnica SikaSika®-3 3 22.01.15, Edición 13</p>	
2/4	<p>BUILDING TRUST </p>

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma naturales o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

OBSERVACIONES

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.


Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 12
la misma que deberá ser destruida”**



Anexo 3

Ficha técnica del aditivo acelerante Chema 3



Hoja Técnica
CHEMA 3
Aditivo acelerante de fragua para morteros y concretos.
VERSION: 01
FECHA: 29/08/2017

Calidad que Construye

DESCRIPCIÓN CHEMA 3 es un aditivo acelerante de fragua para mortero y concreto que puede ser empleado tanto en climas normales con temperatura ambiente como bajo cero grados centígrados. Acelera el desarrollo de las resistencias iniciales, haciéndose más notorio en temperaturas bajas. Además, actúa como un anticongelante e inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo. Es adecuado para cementos Portland Tipo I y Tipo V, puzolánicos. Libre de cloruros. Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo C.

VENTAJAS

- Acelera las resistencias iniciales en el concreto, ahorrándose tiempo de espera para desencofrar estructuras o elementos prefabricados.
- Permite una rápida puesta en servicio en pisos o losas de concreto.
- Al ser anticongelante evita que los morteros y concretos sufran daños debido a los ciclos hielo-deshielo.
- Actúa como inhibidor de corrosión del fierro de refuerzo, ideal para concreto armado.
- Reduce los costos de construcción al reducir los tiempos de espera.
- Es compatible con los aditivos plastificantes de la marca CHEMA.

USOS

- Para vaciados en cualquier clima, donde se requiere una rápida puesta en servicio.
- Para desencofrar en menor tiempo estructuras de concreto armado.
- En vaciados de concreto a baja temperatura o donde se espera una helada; fraguará el concreto en la mitad del tiempo.
- Para reparaciones económicas y con rápida puesta en servicio.
- Para vaciados en terrenos sulfurosos.
- Para elementos de concreto pre fabricados.
- Para morteros y concretos con altas resistencias iniciales.
- Para morteros de inyección.
- Para morteros de anclaje con altas resistencias mecánicas.
- Para vaciados en zonas con aguas subterráneas, superficiales.

DATOS TÉCNICOS

- Aspecto : Líquido.
- Color : Amarillo.
- Densidad : 1.15 – 1.18 kg/L.
- pH : 8.0 – 11.0
- VOC : 0 g/L.

PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO

Se recomienda realizar pruebas a pequeña escala para determinar la dosis exacta para el uso en particular. La dosis varía por influencia de los componentes del cemento, el diseño y las condiciones ambientales de la zona.

Mezclar el CHEMA 3 en el agua de amasado al momento en que prepare la mezcla. Por ningún motivo añada sobre la mezcla seca

Se recomienda realizar ensayos previos si se realizan combinaciones de varios de

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 1 de 2



Calidad que Construye

Hoja Técnica

CHEMA 3

Aditivo acelerante de fragua para morteros y concretos.

VERSION: 01
FECHA: 29/08/2017

nuestros productos.

Curar bien los elementos sobre todo desde el primer día hasta el 7^{mo} día. Mejor si se usa curador de membrana CHEMA, el cual se aplica en cuanto haya desaparecido la exudación

RENDIMIENTO Utilizar según su necesidad, una de las siguientes dosificaciones de acuerdo al clima y tiempos requeridos:

- REDUCIDA: 500 ml (1/2 Litro) x bolsa de cemento.
- NORMAL: 750 ml (3/4 Litro)x bolsa de cemento.
- SUPERIOR: 1,000 ml (1 litro) x bolsa de cemento.

Dosis de 1.20 % a 4% del peso del cemento.

PRESENTACIÓN

- Envases de 1 gal.
- Envases de 5 gal.
- Envases de 55 gal.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO 24 meses almacenados en su envase original, sellado, bajo techo.

PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico 012732318/ 999012933).

Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños.

No comer ni beber mientras manipula el producto. Utilizar guantes, máscara para vapores, gafas protectoras y ropa de trabajo. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávese con abundante agua.

“La presente Edición anula y reemplaza la Versión N° 0 para todos los fines”

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

ATENCIÓN AL CLIENTE:
(511) 336-8407

Página 2 de 2