

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Influencia de la adición y sustitución porcentual de microsilice sika y z aditivos en el asentamiento, peso unitario y resistencia a compresión de un concreto con relación a/c=0.40.

Línea de investigación:

Ingeniería de la construcción, Ingeniería urbana, Ingeniería estructural

Sub Línea de Investigación

Estructuras y Materiales

Autores:

Sacramento Cabeza, Roggers Kenny
Vargas Saldaña, Christian André

Jurado Evaluador:

Presidente: Burgos Sarmiento, Tito Alfredo
Secretario: Chuquilin Delgado, María Florencia
Vocal: Galicia Guarniz, William Conrad

Asesor:

Geldres Sánchez, Carmen Lucia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2772-4829>

TRUJILLO-PERÚ
2022

Fecha de sustentación: 2022/12/15

PRESIDENTE

Ing. Tito Alfredo Burgo Sarmiento
CIP N° 82596

SECRETARIO

Ing. María Florencia Chuquilín Delgado
CIP N°169776

VOCAL

Ing. William Conrad Galicia Guarniz
CIP N° 171324

ASESOR

Ing. Carmen Lucía Geldres Sánchez
CIP N° 80599

DEDICATORIA

A mi abuelo Cesar, que en paz descanse, a quien le prometí que este logro sería para él, ya que estuvo conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida.

A mi papá Roger y mi mamá Marixa quienes me inculcaron buenos valores en el transcurso de mi vida y también porque fueron parte fundamental de este logro.

A mi novia Karla por ayudarme a superar muchas cosas en la vida y por ser mi fuente de apoyo constante en el día a día.

Kenny

DEDICATORIA

A mi Padre que en paz descansa que en los momentos difíciles siempre me alentó a nunca rendirme y esforzarme al máximo.

A mi Madre que supo formarme con valores, hábitos y buenos sentimientos durante toda mi vida.

André

AGRADECIMIENTO

A mis mejores amigos; Edwin y Pablo que estuvieron conmigo más en las malas que en las buenas, y por todo el apoyo incondicional que vinieron brindándome a lo largo de la carrera y de la vida.

A mi mentor; Ing. Boris Meza Amado, por tener mucha paciencia de enseñarme y motivarme en todos los momentos de mi carrera, no solo a mí; si no también a las personas que se cruzan en su vida, a los docentes de la universidad quienes nos compartieron los conocimientos que hoy en día desarrollamos en nuestros trabajos y en general a todas las personas que ocuparon un poco de su tiempo en asesorarnos en la elaboración de esta tesis.

Kenny

A mis mejores amigos que nunca dejaron de alentarme y me dieron su ayuda cuando más lo necesité.

A todas las personas responsables de brindar su ayuda y su tiempo para el desarrollo de esta tesis.

André

RESUMEN

Frente a la necesidad de estructuras durables y resistentes en el tiempo, se implementaron adiciones minerales capaces de garantizar e incrementar la resistencia a compresión del concreto. Siendo la microsílíce uno de los materiales que en las últimas décadas se viene utilizando en grandes obras de construcción contemporánea, hemos considerado conocer la influencia de este en propiedades físicas y mecánicas de un concreto.

En esta investigación se realizaron diversos diseños de mezcla de concreto con relación A/C de 0.40, con adiciones de Microsílíce en las marcas Sikafume y Microsílíce Z. Se utilizaron adiciones porcentuales de 3%, 6% Y 9%, así como sustituciones del 3% y 6%, en todos los casos porcentuales determinados en función al peso del cemento.

Para ello, se realizaron ensayos de caracterización de los agregados, diseños de mezcla de concreto, ensayos en concreto fresco y endurecido, con la finalidad de conocer como influyen las adiciones y sustituciones de microsílíces de marcas comerciales. De esta manera se confeccionaron un total de 108 probetas cilíndricas de concreto, para ensayos de resistencia a compresión del concreto a edades de 07, 28 y 56 días de curado.

Se determinó que el óptimo contenido de Microsílíce corresponde al 6% de adición, tanto para Sikafume como para Microsílíce Z, logrando valores de resistencia a compresión cercanos a 400 kg/cm², por lo que se asevera que el microsílíce aporta a la ganancia de resistencia a compresión del concreto. Como parte de nuestra investigación, se utilizaron cantidades de plastificantes para la condición seca de relación a/c, y se encontró que el microsílíce influye de manera negativa en los valores de trabajabilidad del concreto, así como una reducción del peso unitario, mas no tiene influencia en los valores de temperatura del concreto en estado fresco.

Palabras clave: Concreto, Diseño de mezcla, Microsílíce.

ABSTRACT

Faced with the need for durable and resistant structures over time, mineral additions capable of guaranteeing and increasing the compressive strength of the concrete were implemented. Being microsilica one of the materials that in recent decades has been used in large contemporary construction works, we have considered knowing its influence on physical and mechanical properties of concrete.

In this investigation, various concrete mix designs were made with a W/C ratio of 0.40, with additions of Microsilica in the Sikafume and Microsilica Z brands. Percentage additions of 3%, 6% and 9% were used, as well as substitutions of 3% and 6%, in all cases percentages determined based on the weight of the cement.

To do this, aggregate characterization tests, concrete mix designs, tests on fresh and hardened concrete were carried out, in order to know how the additions and substitutions of commercial brand microsilicas influence. In this way, a total of 108 cylindrical concrete specimens were made for concrete compressive strength tests at ages of 07, 28 and 56 days of curing.

It was determined that the optimal content of Microsilica corresponds to 6% addition, both for Sikafume and Microsilica Z, achieving compressive strength values close to 400 kg/cm², so it is asserted that microsilica contributes to the gain in strength to concrete compression. As part of our investigation, quantities of plasticizers were used for the w/c ratio dry condition, and it was found that microsilica negatively influences the workability values of concrete, as well as a reduction in unit weight, but it does not have influence on the temperature values of concrete in the fresh state.

Keywords: Concrete, Mix Design, Microsilica.

PRESENTACIÓN

El presente informe de tesis describe y expone los resultados obtenidos en nuestra investigación denominada: “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN Y SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DE MICROSÍLICE SIK A Y Z ADITIVOS EN EL ASENTAMIENTO, PESO UNITARIO Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON RELACIÓN A/C= 0.40. En la cual se evidencia marco teórico, metodológico, la experimentación de laboratorio y, los resultados y conclusiones obtenidas de nuestra investigación para su evaluación a fin obtener el título profesional de INGENIERO CIVIL, en fiel cumplimiento y conforme lo establece nuestro Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego.

Con la convicción de alcanzar una justa evaluación y generar un aporte a nuestra alma máter.

Kenny y André.

ÍNDICE

Carátula	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Abstract	viii
CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
CAPITULO II. MARCO DE REFERENCIA.....	9
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	9
2.2. MARCO TEÓRICO	14
2.3. MARCO CONCEPTUAL	28
2.3.1. Concreto	28
2.4. Sistema de Hipótesis	30
2.4.1. Enunciado de la hipótesis.....	30
H1: La Adición de Microsílice de las Marcas Sika y Z aditivos mejoran las propiedades de asentamiento, peso específico y resistencia a compresión de un concreto con relaciones a/c= 0.40.....	30
H2: La Sustitución de Microsílice de las Marcas Sika y Z aditivos reduce las propiedades de asentamiento, peso específico y resistencia a compresión de un concreto con relaciones a/c= 0.40.....	30
2.4.2. Variables.....	30
2.4.2.1. Variable Independiente.....	30

2.4.2.2.	Variable Dependiente.....	30
2.4.2.3.	Operacionalización de Variables	31
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		33
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	33
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	33
3.3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	34
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.4.1.	Técnicas de Recolección de Datos.....	49
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	49
3.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	50
CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS		51
4.1.	Caracterización de los Agregados.....	51
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....		57
5.2.	CONCLUSIONES.....	66
5.3.	Recomendaciones	68
5.3.	Recomendaciones.....	68
Referencias Bibliográficas		69

Anexo 01: Panel fotográfico de ensayos de laboratorio.

Anexo 02: Certificados de ensayos de laboratorio.

Anexo 03: Certificados de Calibración de equipos

Anexo 04: Hojas de Cálculo de Caracterización de Agregados

Anexo 05: Hojas de Diseño de mezcla de concreto

Anexo 06: Cuadro de Husos granulométrico

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Composición Química del cemento	15
Tabla 02. Propiedades de los compuestos del cemento	16
Tabla 03. Usos y aplicaciones de los tipos de Cemento Portland	19
Tabla 04. Tolerancias para el agua de mezcla.....	22
Tabla 05. Operacionalización de las variables	32
Tabla 06. Cálculo de numero de probetas a elaborar.....	34
Tabla 07. Resumen de los ensayos de Caracterización de los agregados	51
Tabla 08. Resumen de las proporciones de materiales para diseño de mezcla.	52
Tabla 09. Resumen de los valores de ensayos en concreto fresco	52
Tabla 10. Determinación de la Resistencia a compresión a 07 días	53
Tabla 11. Determinación de la Resistencia a compresión a 28 días	54
Tabla 12. Determinación de la Resistencia a compresión a 56 días	55
Tabla 13. Resumen de los valores de Resistencia a compresión.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01. Ensayo de Granulometria para el agregado grueso-----</i>	<i>38</i>
<i>Figura 02. Ensayo de peso unitario del agregado fino-----</i>	<i>39</i>
<i>Figura 03. Ensayo de Peso Específico de agregado grueso -----</i>	<i>41</i>
<i>Figura 04. Ensat o de Peso específico apra agregado fino-----</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.43</i>
<i>Figura 05. Ensayo de contenido de humedad del agregado fino-----</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.44</i>

Figura 06. <i>Ensayo de Asentamiento con cono de Abrams</i> -----	45
Figura 07. <i>Ensayo de Peso unitario del concreto para mezcla</i> -----	46
Figura 08. <i>Confección de probetas cilindricas de 4" x 8"</i> -----	47
Figura 09. <i>Ensayo de resistencia a compresión del concreto</i> -----	48

CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Realidad Problemática:

En el rubro de la construcción existen diferentes sistemas estructurales, con el crecimiento poblacional y la alta demanda de viviendas, las construcciones en el Perú se vienen verticalizando, de tal manera que el sistema de construcción predominante es la de concreto armado. El concreto es una mezcla de materiales como la arena, grava y gravilla (también llamados agregados), y cemento, que sirve como aglutinante. El concreto es un material que para endurecer sólo necesita agua durante el mezclado, es por eso que también puede ser utilizado bajo el agua. (Budenheim, 2014). De esta forma se ha generalizado el uso de concreto en todas las construcciones del país, siendo de vital importancia su estudio y búsqueda de nuevas tecnologías que permitan mejorar sus características.

Frente las nuevas solicitudes en la construcción, como la necesidad de generar estructuras durables y resistentes, se empezaron a implementar el uso de aditivos en la producción de concreto, como acelerantes, plastificantes, retardantes, adiciones minerales etc. Asimismo, ante la necesidad de reducir el uso del cemento debido a sus características contaminantes durante su fabricación, se empezaron a utilizar cenizas volantes, puzolanas o subproductos industriales, siendo una de ellas la microsílíce. La Microsílíce o Microsílíce o Humo de sílice o sílica fume, como fue adoptado por la ASTM y el ACI para referirse al humo de sílice condensado, es un subproducto de la industria de las aleaciones de hierro, como el ferrosilíceo. En términos simples, es el hollín que queda adherido a las mangas del filtro cuando los gases pasan a través de éste. (Toxement, 2016)

En las últimas décadas se viene intensificando los trabajos de investigación en los materiales, especialmente en el concreto frente a los nuevos aditivos en la industria de la construcción. Uno de los aditivos que se viene empleando últimamente es el microsílíce, una adición mineral conocido por su aporte durabilidad y resistencia a las mezclas de concreto, que permite generar concretos de alta resistencia que permite la construcción de grandes estructuras de concreto armado, generando muchas de las proezas arquitectónicas de la época . Como indica Portugal (2007), los concretos de alto desempeño son hoy en día, los que han alcanzado un mayor grado de optimización dado sus usos especiales, sus características mejoradas de resistencia y durabilidad son conocidas, siendo su uso una alternativa real en la construcción de diversas estructuras. (p.11)

Se conoce que, el cemento durante su proceso de hidratación libera cal, que en presencia de un material amorfo rico en sílice (como la microsílíce), en condiciones de humedad y a temperatura ambiente, forma productos cementantes secundarios estables física y químicamente que contribuyen a las resistencias del concreto; además, los productos formados no liberan calor de hidratación y son resistentes químicamente, lo que hace concretos más durables. (Toxement, 2016) De esta forma al tener presente silicatos en la composición del cemento, las adiciones de microsílíce durante el proceso de amasado del concreto brinda aporte a la resistencia y durabilidad del concreto fabricado, permitiéndole alcanzar altas resistencias.

El Perú, no es ajeno a la implementación y uso de estos aditivos minerales como la microsílíce, para la producción del concreto. Es por ello, que en el mercado actual encontramos diversas marcas de Microsílíce, es decir este subproducto se empezó a empacar para la industria concretera, siendo los más populares en el mercado las Marcas Sika y Z Aditivos, es por ello que, realizamos un estudio

comparativo de estas dos marcas, con la finalidad de determinar la influencia de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, con diversos porcentajes de adición (3%, 6%, 9%) y sustitución porcentual por cemento en (3% y 6%), y así determinar la variación de las propiedades bajo las mismas condiciones de diseño, a fin de obtener una comparación adecuada, pues suele cometerse el error de realizar comparaciones con adiciones diversas de plastificante, lo cual repercute tanto en resistencia como en trabajabilidad de las mezclas. Para nuestra investigación se utilizó un 0.85% de plastificante Sikacem, el cual se mantuvo constante, siendo las variables las adiciones y sustituciones porcentuales de microsílíce. Al conocer el desempeño de ambas marcas de aditivos, podremos conocer que marca representa una mejora relación entre calidad-precio, en función de las necesidades o propiedades que se requieran del concreto en obra.

1.1.2. Enunciado del problema

¿Cuál es el impacto de la adición y sustitución porcentual de Microsílíce Sika y Z aditivos sobre el asentamiento, peso específico y resistencia a compresión de un concreto con relación $a/c=0.40$?

1.1.3. Preguntas de investigación

- ¿Qué mejoras permitiría la Aplicación de Micro sílice en el concreto con relaciones $A/C=0.40$?
- ¿Qué propiedades físicas del concreto en estado fresco se ven afectadas con la influencia del Microsílíce de marcas Sika y Z Aditivos ?
- ¿Cómo influye la adición y sustitución de Microsílíce en las propiedades físicas y mecánicas del concreto con relaciones $a/c= 0.40$?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Determinar la influencia en las propiedades físicas y mecánicas del microsílíce en mezclas de concreto con relaciones $A/C=0.40$.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización de los agregados pétreos para el diseño de mezcla de concreto con relaciones $A/C=0.40$, mediante ensayos de Contenido de Humedad, Granulometría, Pesos Unitarios Suelos y Compactados, Determinación de Pesos específicos y Absorción.
- Determinar el diseño de mezcla patrón con aditivo plastificante para relaciones $A/C= 0.40$, utilizando la metodología ACI para diseños de mezcla de concreto.
- Realizar los diseños de mezcla con adición y sustitución Microsílíce de Marcas Sika y Z Aditivos para relaciones $A/C=0.40$, siguiendo las recomendaciones del ACI, realizando ensayos de Peso Unitario de Concreto Fresco, Ensayo de Asentamiento con Cono de Abrams, y ensayo de temperatura del concreto en estado fresco.
- Confeccionar probetas cilíndricas con cada una de las tandas de concreto a fin de determinar la resistencia a compresión, mediante el muestreo y uso de moldes de 4"x8" obteniéndose unidades representativas.
- Comparar los resultados obtenidos entre las propiedades físicas y mecánicas de los concretos elaborados con microsílíce de ambas marcas en estudio, a fin de determinar la mejor alternativa.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación por conveniencia:

La construcción en el Perú se encuentra en evolución, debido a que en los últimos años se vienen utilizando los aditivos para mejorar las propiedades de concreto, sin embargo, aún nos quedan dudas y se genera desconfianza en las propiedades que aportan o dejan de aportar en las mezclas de concreto en su aplicación en campo. Es decir, la publicidad de las diversas marcas de aditivos, no resultan suficientes para convencer a muchos ingenieros y expertos en la materia, por lo cual resulta necesaria la investigación. Es por ello que nos planteamos conocer y analizar la influencia de dos marcas de aditivos, que, según sus fichas técnicas tienen las mismas aplicaciones y presentan mucha similitud, por tal motivo se debe investigar cómo influyen en una mezcla de concreto, para nuestro estudio seleccionamos una relación $A/C=0.40$, la cual es una mezcla seca (que necesita aditivo plastificante), de resistencia bastante elevada y de gran durabilidad, al ser una investigación experimental se determinó que la relación 0.40, es una relación de elevada resistencia, y nos permitirá generar un concreto de alta resistencia. Según las acciones de los aditivos empleados se logran mejores resultados con adiciones bajas de a/c . Cabe señalar que esta relación fue elegida por conveniencia, dejando libre a futuras investigaciones relaciones a/c y el uso de plastificantes que consideren apropiadas. Y nuestro tema de investigación, resulta de importancia debido a que se requiere conocer la verdadera influencia de las adiciones minerales en las mezclas de concreto para nuestra población muestral.

1.3.2. Justificación por relevancia social:

El uso de aditivos en la elaboración de concreto, viene creciendo en la construcción, sin embargo, existen muchas dudas sobre la efectividad o la aplicación de estos aditivos, debido a que no existe investigaciones que permitan generar confianza para su utilización en obra, es por ello que esta investigación permitirá conocer la acción del microsílíce de dos marcas populares del mercado en mezclas de concreto, de tal manera que podremos conocer cómo influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, de tal manera, que podamos asociarse esta investigación a situaciones reales en obra, de manera que en el área de la ingeniería civil se promueva el uso de aditivos de manera analítica, mediante caracterización de los agregados y los diseños de mezcla, control de calidad.

Esta investigación permite dar a conocer los beneficios que genera el empleo de adiciones minerales en la resistencia y la durabilidad del concreto, de esta manera en los futuros procedimientos constructivos podremos generar impacto en la toma de decisiones en el uso o descarte de adiciones minerales de microsílíce, siendo un soporte estadístico influyente en futuras investigaciones o diseño de obra.

1.3.3. Justificación por implicaciones prácticas:

En el rubro de la construcción peruana, son pocos los especialistas en el área de ingeniería que estudian y ponen en marcha la aplicación de aditivos en la producción de concreto en obra, pues para la utilización de aditivos muchas veces implica practica e investigación a fin de poder confiar y conocer las afectaciones de los aditivos en los diseños de mezcla de concreto. Es por ello

que frente a esa necesidad de conocer a mayor profundidad la afectación de aditivos como el microsílíce en pastas cementicias, que se consideró realizar sustituciones y adiciones porcentuales de microsílíce, de esta manera se podrá conocer el comportamiento de este aditivo en el concreto y asociarlo a otros posibles diseños de mezcla con relaciones agua-cemento similares a nuestra investigación.

Esto facilitaría el trabajo en obra, pues exponemos en nuestra investigación el aporte de las adiciones de microsílíce en adiciones porcentuales, considerando los rangos teóricos de la ficha técnica de los productos, los cuales indican una variación entre 2 a 10%. Indicando que se deben realizar pruebas en campo o laboratorio, de esta manera nosotros facilitamos estas pruebas al indicar el porcentaje óptimo de adición de microsílíce para cada marca estudiada, con lo cual facilita la corroboración de las características de este producto, considerando que nuestro contenido de aditivo es constante, este puede variar en función de los requerimientos de cada proyecto.

1.3.4. Justificación por el valor teórico:

Los diseños de mezcla y la incorporación de aditivos derivan de un análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, y normativa de diseño como el ACI, que muchas veces no se puede representar en obra, es muy común que se realicen diseños de concreto que se usan para justificar documentación, mas no para contrastar la realidad del diseño teórico en campo, es por ello que, esta investigación permitirá conocer y poner en práctica un diseño de mezcla afectado por la variación del microsílíce, así se podrá determinar la variaciones que sufrirán las propiedades del concreto en estado fresco (temperatura, peso

unitario y asentamiento) y en estado endurecido (resistencia a compresión de probetas cilíndricas), de esta manera podremos corroborar los valores indicados en las fichas técnicas de cada producto, debido a que se usaran dos marcas, y de esta manera obtener valores reales que permitan llegar a conjeturas con respecto a la aplicación de microsílíce en el concreto. Así también, cada procedimiento y etapa desarrollada en esta investigación es contrastable con normativa técnica amparada en teoría de la resistencia de materiales y a nivel químico con las normas técnicas para pastas cementantes.

De esta manera, se brinda un aporte sustancial, teniendo en consideración muchas fuentes bibliográficas confiables, que han perdurado en el tiempo y destacado por su valor teórico e ilustrativo en el conocimiento de la tecnología de concreto.

1.3.5. Justificación por utilidad metodológica:

La aplicación de Microsílíce se viene considerando para el diseño de concretos de alta resistencia o alta durabilidad, debido a que el cemento durante su proceso de fragua, genera gran calor y requiere el aporte de elementos ricos en sílice (como el microsílíce) que utilizaremos, es por ello, que utilizaremos una mezcla seca de diseño ($a/c=0.40$), el cual es aproximadamente un concreto de $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$, según la metodología ACI. Es por ello que amparados en la normativa peruana y las recomendaciones del ACI, que se realizaran diseños de mezcla con diversos porcentajes de aditivo, para determinar las variaciones en las propiedades físicas y mecánicas para concreto en estado fresco y endurecido. De tal manera, nuestra metodología de investigación se basa en la experimentación, que iniciaría con la caracterización de materiales, posteriores

cálculos de diseños de mezcla para cada uno de los porcentajes considerados, y la verificación de diseño mediante el amasado y muestreo a través de probetas cilíndricas de concreto, las cuales se evaluarán a edades de 28 y 56 días de curado.

CAPITULO II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1. Caiza, K. (2017). Estudio comparativo de la resistencia a compresión entre el Hormigón ($f'c=240$ kg/cm²), Hormigón con adición de Microsílice y Hormigón con Adición de Ceniza de Cáscara de Trigo utilizando Agregados pertenecientes a la Planta de Trituración “Jaime Vaca” del Cantón Tena de la Provincia de Napo. (Tesis de pregrado). Repositorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

En esta investigación el autor tiene como objetivo comparar la resistencia a compresión del hormigón (concreto) con adición de Microsílice y ceniza de cáscara de trigo. Al comparar el asentamiento entre el hormigón sin adiciones y el hormigón con adición de microsílice, se obtuvo que el hormigón de $f'c=240$ kg/cm² es de 7cm. teniendo una consistencia plástica diferente que el hormigón con adición de microsílice con un asentamiento de 5cm dando una consistencia seca. Caiza (2017).

El investigador indica en sus conclusiones que de los porcentajes de microsílice, es decir, del 7%, 11% y 15%, la mejor sustitución parcial del cemento es con 11% presentando un mejor comportamiento a compresión de 455.84 kg/cm² siendo superior a la resistencia establecida de 240 kg/cm² y demostrando ser un hormigón de alta resistencia. Asimismo, el investigador indica que mediante un análisis costo-beneficio se determinó que el hormigón con adición del 11% de microsílice no

presentan ningún ahorro económico con respecto al hormigón $f'c=240$ kg/cm², pero debido a que la resistencia obtenida fue mucho mayor a la establecida, resultaría factible para la utilización en todo tipo de construcciones.

2.1.2. Fernández, D. y Ramos, H. (2019). Influencia de la Microsílice sobre la Resistencia a la Compresión de Concreto con relaciones Agua/Cemento 0.30; 0.35 y 0.40 Trujillo, 2019. (Tesis de pregrado). Repositorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, Perú.

Los investigadores tienen como objetivo principal determinar cómo influye la microsílice en la resistencia a compresión de concretos con relaciones agua/cemento 0.30, 0.35 y 0.40 a edades de 7, 28 y 63 días. Fernández y Ramos (2019). Los investigadores indicaron que el mejor porcentaje de adición de microsílice para la relación agua/cemento 0.40, la cual es similar a la relación que trabajaremos en esta investigación, es el 7.5% ya que con este porcentaje se obtuvo ganancia de 6.99% a la edad de 7 días, a la edad 28 días se obtuvo 4.97% de ganancia y para el caso de 63 días se obtuvo 22.09% de ganancia; lo que hace indicar que el microsílice tiene influencia en la resistencia a compresión a edades mayores que las de 28 días de curado.

2.1.3. Molina, F. y Chara, H. (2017). Influencia de la Adición de Nanosílices en las Propiedades de un Concreto de Alta Resistencia para la ciudad de Arequipa. (Tesis de pregrado). Repositorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional San Agustín, Arequipa,

Molina y Chara (2017). Los autores señalan que su objetivo general es determinar la influencia de la adición de Nanosílices en las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto de alta resistencia en la ciudad de Arequipa. En esta

investigación se determinó que conforme se aumenta la dosificación del aditivo nanosílice, el peso unitario en estado fresco se incrementa; en comparación con el peso unitario teórico se observó un incremento en el orden de 1.66% a 2.68% y obteniendo como valor máximo 2396.15 kg/m³ para el diseño de 700 kg/cm² con una tasa de aditivo de 1.2%. En cuanto a los resultados de resistencia a compresión obtenidos a 28 días, los investigadores señalan que alcanzaron valores en el rango de 100.96% a 159.76% de la resistencia de diseño, siendo la más destacable la de resistencia a compresión de 670.98 kg/cm², con una tasa de aditivo de 0.8%.

2.1.4. Pachacútec, Y. y Vilca, N. (2018). Estudio Comparativo de la determinación de propiedades de resistencia en el concreto utilizando Micro y Nano Sílice con Agregados de la Cantera Cutimbo. (Tesis de pregrado). Repositorio Institucional UNA-PUNO de la Universidad Nacional del Altiplano. Perú.

Pachacútec y Vilca (2018). En esta tesis, los investigadores tienen como objetivo general el determinar y comparar las propiedades de resistencia del concreto utilizando microsíllice y nanosíllice con el agregado de la cantera Cutimbo. Los investigadores determinaron que el concreto con 1.5% de nanosíllice tiene una mayor resistencia a la edad de 14 días, pero el incremento adicional a la edad de 28 días es solo del 7.2%; sin embargo, el concreto con 1.0% de nanosíllice a pesar de tener una resistencia menor a la edad de 14 días, su incremento adicional es mucho más a 28 días equivalente a 63%, entonces se puede indicar que a más edad del concreto las resistencias de ambas coinciden. Lo que nos quieren indicar los autores es que el concreto a en edades tempranas no representa un gran incremento en resistencia, sin embargo, a mayor tiempo de curado, mayor será el valor de resistencia conforme a la cantidad de nanosíllice que se incorpore en el amasado de concreto.

2.1.5. Roldan, L. y Vargas, J. (2018). Diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando Sika Viscocrete SC-50 y GAIA. (Tesis de pregrado). Repositorio de la Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.

Los autores dentro de su investigación, realizaron diseños de concreto de alta resistencia, para lo cual utilizaron un plastificante (Sika) y nanosílice GAIA. De lo cual se destaca que nanosílice mejora las características del concreto, esto para sus condiciones en estado fresco como endurecido en comparación con su concreto patrón. Nos indica que con adiciones de 0.5% se logra mejorar las resistencias a compresión, para resistencias de $f'c=420$ y 600 kg/cn^2 . Al igual que nuestra investigación tendremos que agenciarnos de un aditivo plastificante con la finalidad de lograr relaciones a/c bajas debido a que es necesario mejorar poca trabajabilidad de mezclas secas como la relación $a/c=0.40$ a ser empleada en esta investigación. Roldán y Vargas (2018).

2.1.6. Vega, E. (2019). Evaluación experimental del uso de Microsílice para la elaboración de Concreto de Alta Resistencia. (Tesis de pregrado). Repositorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura. Perú.

El autor nos indica que para los diferentes porcentajes de reemplazo usados (10%, 15% y 20%) los valores de slump se mantuvieron constantes en 4 pulgadas pues el uso de microsílice generó en la mezcla una mayor cantidad de pasta, gracias a su menor gravedad específica respecto al cemento. Es por esta característica que se podría considerar su uso para fabricar concretos de alta resistencia. Vega (2019). Asimismo, el autor señala que a mayor reemplazo de microsílice los valores del peso unitario aumentaron, sin embargo, el incremento de la masa por metro cúbico dentro de la mezcla no generó mayores valores de resistencia a la compresión. Con ello, el

autor nos indica que densificar una mezcla no garantiza mayores valores de resistencia a la compresión.

2.1.7. Zúñiga, M. y Condori Y. (2019) Influencia de Adiciones de Microsílice en la Resistencia a la Compresión del Concreto Producido con Agregados de la Cantera de Apunta de la Ciudad de Tacna. (Tesis de pregrado). Repositorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna. Perú.

Los investigadores tienen como objetivo principal el determinar la influencia de las adiciones de microsílice en la propiedad mecánica de resistencia de compresión del concreto. Dentro de las conclusiones de la investigación los autores indican que las adiciones de Microsílice (Chema Fume) si influyen en la resistencia a la compresión del concreto, produciéndose un aumento en la resistencia a compresión de mezcla, de tal manera para la muestra patrón se obtuvo 312.22 kg/cm² y para las adiciones se obtuvo 334.89 y 396.69 kg/cm²(para la adición al 8%). Zúñiga y Condori (2019).

2.1.8. Anicama, L. (2020). Aplicación de aditivo microsílice, y superplastificante para el diseño de mezclas de concreto de alto desempeño, Lima 2019. (Tesis de pregrado) Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo, Lima. Perú.

De acuerdo con el autor para una relación a/c=0.38 el porcentaje ideal de aditivo plastificante es de 1.50% con 10% de microsílice, lográndose una resistencia a la compresión de 493.13 kg/cm². En esta investigación, al igual que en la nuestra se fueron probando valores de aditivos de tal manera que se encontrase el ideal, a fin de conocer los valores óptimos de los aditivos, los cuales proporcionan un enorme beneficio sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto, tanto en estado fresco como endurecido. Asimismo, el autor señala que no es recomendable utilizar

adiciones de microsílice que superen el 15%, debido que a mayor cantidad de microsílice menor trabajabilidad tendría el concreto en estado fresco, con lo cual se dificultaría la colocación en obra, generándose posibles patologías en el concreto. El autor también señala que la utilización de aditivos plastificantes puede reducir la permeabilidad del concreto, debido a su trabajabilidad y cohesión generados en el amasado de concreto. Anicama (2020).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El cemento y su composición química.

El cemento es uno de los principales materiales utilizados en la industria de la construcción, presenta un color gris y de características muy finas, que al hidratarse y posteriormente, endurecer logra alcanzar grandes resistencias. La norma técnica NTP 334.009, define al cemento Portland como un cemento hidráulico, este se produce de la pulverización del clinker en cuya composición ponderan esencialmente silicatos de calcio, sulfatos de calcio y como adición durante su fabricación caliza en porcentajes controlados.

Según la Asociación colombiana del concreto (2010), define el cemento como: “material aglutinante que presenta propiedades de adherencia y cohesión, que permiten la unión de fragmentos minerales entre sí, formando un todo compacto. Es una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, procesados a altas temperaturas y mezcladas con yeso. El nombre obedece a la similitud en el aspecto del cemento endurecido con una piedra que abunda en Portland, Inglaterra.” (p.19)

En su composición química, el cemento tiene una serie de componentes como silicatos de calcio, aluminatos de calcio y cal, que en diferentes proporciones logran

las características que conocemos como las propiedades resistentes, el color, la textura, la liberación de calor durante el fraguado, etc. Según Torre (2004), indica que en la fabricación del cemento se combinan óxidos con el clínker (materia prima) de tal manera que se derivan en cuatro compuestos principales y dos secundarios los cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla 01. Composición Química del cemento.

Compuesto	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	3CaOSiO_2	C_3S	30% a 50%
Silicato Dicálcico	2CaOSiO_2	C_2S	15% a 30%
Aluminato Tricálcico	$3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$	C_3A	4% a 12%
Ferro Aluminato Tetracálcico	$4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8% a 13%
Cal Libre	CaO		
Magnesia Libre (Periclasa)	MgO		

Fuente: Torre, 2004, p. 10. Se muestra los compuestos químicos principales del cemento.

El cemento, es un material en polvo, que al hidratarse forma un compuesto pastoso; que en mezcla con agregados pétreos conforma el concreto. Tiene la particularidad que, en estado fresco presenta características maleables, capaz de ocupar espacios confinados formando elementos geométricos para la construcción, posteriormente, el cemento inicia su proceso de fragua mediante la liberación de calor y se endurece de tal manera que se consigue un material de gran resistencia. Torre(2004), nos indica que estos compuestos en presencia del agua se hidratan y forman nuevos compuestos que forman la infraestructura de la pasta de cemento endurecido en el concreto. (p.11)

Cada uno de los compuestos principales del cemento, aportan algunas características que se expresan en la Tabla 02. Siendo el Silicato tricálcico(C_3S) y el silicato Dicálcico (C_2S) los componentes más predominantes al constituir el 75% del

cemento, y son los responsables directos de su resistencia mecánica. De esta manera, podemos relacionar que la sílice en el cemento es el principal elemento, capaz de brindar alta resistencia, de esta manera podemos relacionarla con nuestra investigación, la cual involucra aporte de sílice a mezclas de concreto, para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas.

Tabla 02. Propiedades de los compuestos del cemento

Compuesto	Propiedades del cemento
Silicato Tricálcico (C ₃ S), conocido como Alita.	<ul style="list-style-type: none"> - Se hidrata y endurece rápidamente - Compuesto más importante, determina velocidad de fragua, la resistencia inicial. - Libera gran cantidad de calor de hidratación (120 cal/gr.). - Contribuye a una buena estabilidad de volumen y resistencia a la intemperie.
Silicato Dicálcico (C ₂ S), conocido como Belita.	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuye a resistencia a edades mayores a una semana. - Segundo en importancia, hidrata y endurece con lentitud. - Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo. - Calor de hidratación de 64 cal/gr. - Contribuye a la resistencia a la intemperie junto a C₃S. - Su contribución a la estabilidad volumen es regular.
Aluminato Tricálcico (C ₃ A)	<ul style="list-style-type: none"> - Primero en hidratarse, hidratación violenta. - Libera gran cantidad de calor durante los primeros días. - Incide levemente en la resistencia mecánica, baja resistencia a la intemperie, mala estabilidad de volumen. - Escasa resistencia a la acción de ataques químicos. - Calor de hidratación equivalente a 207 cal/gr.
Ferro Aluminato Tetra Cálcico (C ₄ AF)	<ul style="list-style-type: none"> - Reduce la temperatura de formación del clinker. - Rápida velocidad de hidratación, calor de hidratación de 100 cal/gr. No influye en la Resistencia mecánica. - Mala estabilidad de volumen e influye en el color final del cemento.

Fuente: Torre, 2004, p.11-12. Se muestra la influencia de las propiedades de los principales componentes químicos del cemento.

Se pueden encontrar tipos de cemento en el mercado actual, que son clasificados en dos grandes grupos los Cementos Portland sin adiciones y los cementos portland adicionados.

Como su propio nombre lo indican, los cementos portland no adicionados, con aquello que no presentan adiciones minerales, sino que estos compuestos principalmente de clinker y yeso. Según Torre (2004), los cementos sin adición se clasifican en:

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

También podemos encontrar los cementos portland adicionados, que como su propio nombre lo dice cuentan con mas adiciones minerales u otros componentes que mejoran las propiedades del cemento, estas adiciones pueden ser: escorias, puzolanas, cal, etc.) Según Torre (2004), podemos encontrar dentro de esta clasificación a los siguientes tipos de cemento:

- Cemento Portland Puzolánico (NTP. 334.044)
 - o Cemento Portland Puzolánico Tipo IP: Contenido de Puzolana entre 15% y 40%.

- Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo I (PM): Contenido de puzolana menor a 25%
- Cemento Portland de Escoria (NTP 334.039) .
 - Cemento Portland de Escoria Tipo I: Contenido de escoria entre 25% a y 70 %
 - Cemento Portland de escoria Modificado Tipo I (SM): Contenido de escoria menor a 25%
- Cementos Portland Compuesto Tipo I(Co) (NTP. 334.073): Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso.
- Cemento de Albañilería (A) (NTP. 334.069). Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Portland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.
- Cementos de Especificaciones de la Performance (NTP. 334.082): Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos. Alta Resistencia inicial, Resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación. Sus tipos son:
 - GU: De uso genera Se usa para cuando no se requiera propiedades especiales.
 - HH: De alta Resistencia inicial
 - MS: De moderada Resistencia a los sulfatos
 - HS: De alta Resistencia a los sulfatos
 - MH: De moderado calor de hidratación
 - LH: De bajo calor de hidratación. (Torre, 2004, p.14-15)

De estas clasificaciones cada tipo de cemento descrita tiene un uso y aplicación según los requerimientos de la estructura de concreto que se piensan proyectar. Para mejor explicación se expresan las aplicaciones de estos tipos de cemento en la tabla 03.

Tabla 03. Usos y aplicaciones de los tipos de Cemento Portland.

Uso y aplicaciones de los cementos Portland		
Cementos Portland Estándar (Sin Adición)	Tipo I	Para construcciones de concreto y mortero de uso general y cuando no se requiera propiedades específicas, se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua.
	Tipo II	En obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos (ejemplo. Estructuras de drenaje) y/o moderado calor de hidratación (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerables, y en climas cálidos.
	Tipo III	Para obras que requiera alta resistencia elevada a edades tempranas, normalmente menos de una semana (ejemplo: en caso de adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías, su uso permite reducir el curado controlado.
	Tipo IV	Para estructuras que requieren bajo calor de hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, debe considerarse que es cemento desarrolla resistencia a una velocidad menor a los demás cementos.
	Tipo V	Es recomendado para obras donde se requiere elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar. También en canas, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos, estos cementos desarrollan resistencias mas lentamente que los cementos tipo I.
Cementos Portland Adicionados.	Tipo IP y IPM	Cementos con adición de puzolana, de uso similar al tipo I, y se recomienda en obras masivas con ataques de aguas agresivas, aguas negras, en cimentaciones en todo terreno, son cementos de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a sulfatos.
	Tipo MS	Cementos adicionados de escorias se puede emplear en todo tipo de construcciones de concreto son resistentes a la agresión químicas, se utilizan en estructuras en ambientes y suelos húmedos-salitrosos, para estructuras en cimientos y pisos. Presentan moderada resistencia a sulfatos y moderado calor de hidratación.
	Tipo I	Corresponde al cemento Tipo I mejorado con mayor plasticidad, se puede utilizar en obras de concreto simple y armado en general, morteros, asentado de unidades de albañilería, pavimentos y cimentaciones.

Fuente: Elaboración propia, información tomada de Torre, 2004, p. 19. Se indican las aplicaciones de cada tipo de cemento según las condiciones de la construcción a proyectar.

2.2.2. Agregados para el concreto

Los agregados con materiales de construcción derivados de roca, son materiales pétreos empleados para el diseño de concreto, que ocupan aproximadamente el 70 a 75% del peso del concreto, es por ello que tienen importancia e influencia en el diseño de mezcla de concreto, por ello se les deben realizar ensayos de caracterización para conocer sus características se encuentra dentro de los rangos conocidos. De estos materiales dependerá el peso final de un cubo de concreto, así como la densidad y porosidad del producto final conocido como concreto.

Según Pasquel (1998), podemos clasificar a los agregados por:

Por su procedencia se les puede clasificar como agregados naturales que son formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto, estos agregados son de uso más frecuente, en nuestro país tenemos amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto; los agregados artificiales que derivan de un proceso de transformación de materiales pétreos naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto, algunos de estos tipos de agregados lo constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado y la micro sílice.(p. 39)

Por su gradación, la gradación es la distribución volumétrica de las partículas que repercute y tienen suma importancia en el concreto, se ha establecido convencionalmente una clasificación entre agregado grueso (grava) y agregado fino (arena gruesa) en función de las partículas mayores y menores diámetro (4.75 mm,

ASTM N°4), esta clasificación responde además a consideraciones tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) pretenden separarlos con el objetivo de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 40)

Por su densidad, “se entiende como gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de los sólidos referidos a la densidad del agua, se acostumbra a clasificarlos como normales al rango entre 2.5 a 2.75, ligeros para valores menores a 2.5 y pesados para valores mayores a 2.75, cada uno de esta marca un comportamiento diverso en la relación al concreto, habiendo establecido técnicas y métodos de diseño para cada caso.” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 40)

Para los agregados debemos tener en cuenta que las características de los agregados son muy influyentes en el concreto, es por ello que resulta de vital importancia conocer la procedencia de los agregados, en el caso de los agregados naturales es muy común que algunas provengan de río o depósitos, los cuales se caracterizan por ser más redondeados, por lo que suele tenerse problemas de adherencia en la pasta. Por otro lado, la gradación va de la mano con los estándares de calidad del agregado, cuyos valores se encuentran debidamente normados por los husos granulométricos que podemos encontrar en la NTP.400.012. Y la importancia de la densidad radica en los aportes de agua o no, que tiene los materiales debido a su porosidad o vacíos, es por ello que su estudio resulta de vital importancia.

2.2.3. Agua para el concreto

El agua es uno de los elementos más importantes del concreto, pues es necesario para la creación de la pasta y aporta trabajabilidad al cemento, de esta manera la calidad del agua debe ser tal, que no genere patologías en el concreto.

Según Pasquel (1998), “El agua en la mezcla tiene tres funciones principales, reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.” (Pág.32) Es por estas funciones principales que el agua debe estar libre de impurezas, a fin de evitar posibles reacciones químicas que generen patologías en el concreto.

Tanto para el agua de mezclas como de curado, se deben tener las mismas consideraciones. En tal caso, el agua potable cumple con las características y tolerancias expresadas en la Tabla 03. Es por ello que no se recomienda utilizar aguas de otras fuentes que no sea agua potable, a menos que se desarrollen ensayos químicos que puedan demostrar que las tolerancias se encuentran dentro de lo estipulado como se indica en la Tabla 03.

Tabla 04. Tolerancias para el agua de mezcla

Descripción	Limite Permisible		
Solidos en suspensión	5000	p.p.m	máximo
Materia orgánica	3	p.p.m	máximo
Alcalinidad	1000	p.p.m.	máximo
Sulfato	600	p.p.m.	máximo
Cloruros	1000	p.p.m.	máximo
pH		5 a 8	

Fuente: Norma ITINTEC 339.088

2.2.4. Propiedades de la Microsílice en el Concreto

El microsílíce es un subproducto mineral, ahora industrializado, que presenta un aspecto grisáceo (Microsílica Z) y plomo oscuro (SikaFume), que se presenta como adiciones minerales que aportan resistencia a mezclas de concreto, debido a su contenido de sílices y se introducen durante el amasado del concreto . Según Portugal

(2007), el microsílíce es un subproducto de composición química constante, donde predomina el SiO₂, con una 90 a 96% de su totalidad. (p.78)

Las partículas de microsílíce se encuentra como componente principal en cada grano del cemento, por lo que tienen gran efecto sobre las propiedades del concreto. Portugal (2007), nos brinda una explicación muy apropiada, la cual indica que:

“La resistencia en zona de transición entre la pasta y las partículas de agregado grueso es menor que la de volumen de pasta, conteniendo mas vacíos, debido a la acumulación de agua de exudación y el acomodamiento de partículas sólidas. Sin la microsílíce los cristales de hidróxido de calcio crecen, siendo estos mas débiles que el silicato de calcio hidratado”. (p.81)

De esta manera, al analizar las partículas de la pasta podemos indicar que los vacíos terminan por producir hidróxidos de calcio que a diferencia de las sílices producen zonas de transición débiles derivando en vacíos y afectando la resistencia. Con el aporte de Microsílíce, se mejora la adherencia entre la pasta y el agregado, produciendo que los vacíos se reemplacen por silicatos hidratados, que mejoran las propiedades de resistencia y la durabilidad del concreto, al reducir los vacíos es muy probable que se reduzca la porosidad del concreto. Entonces, al tener microsílíce en el concreto fresco deriva en una reducción de la exudación y mayor cohesividad, como derivado de introducir partículas finas en la mezcla. (Portugal, 2007, p. 82)

De la misma forma la ocupación de vacíos por partículas de sílice termina por aportar resistencia mecánica, debido a que se reducen los vacíos, mejoran la cohesividad entre pasta y agregados, además nutren las partículas de hidróxido de calcio, generando silicatos hidratados que en su proceso de fragua terminara por endurecer y mejorar las propiedades mecánicas de resistencia.

Según Portugal (2007), la microsílíce presenta características comunes, tipo amorfo, diámetro promedio muy pequeño, alto contenido de sílice, etc. Algunas de estas propiedades se mencionan a continuación.

- **Color.** Esta puede variar de color gris claro a oscuro, Debido a que el SiO₂, es incoloro, el color de la microsílíce lo determinan los componentes no silicios, como el carbón y óxido de hierro.
- **Densidad.** Equivale aproximadamente a 2.2., este valor varía según el contenido de carbón, el cual si es mayor resulta en una menor densidad.
- **Peso Unitario no densificado.** Este valor es muy variable entre 130 a 430 kg/m³, un valor convencional es de 300kg/m³. Los silos de una masa de concreto pueden contener hasta el 25% de microsílíce.
- **Cristalinidad.** Por difracción de rayos X, la microsílíce es esencialmente amorfa, de características vítreas.(p. 77-80)

2.2.5. Concreto

Un concreto se puede definir como una mezcla de cemento, agregados y agua; pero en los últimos años se vienen empleando aditivos para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Dentro de esta evolución aparecieron los concretos de alta resistencia. Molina y Sencara (2018), indica que el concreto de alta resistencia ha evolucionado a medida que la resistencia del concreto utilizado ha aumentado, según ACI un concreto de alta resistencia es aquel que alcanza una resistencia igual o superior a 400 kg/cm² a los 28 días, las mezclas de este tipo de concreto se deben diseñar partiendo de una relación agua/cemento baja, para poder alcanzar altas resistencias; para ello debe poseer otras características como trabajabilidad, y para ello se debe adicionar plastificantes. (p. 24)

Para nuestra investigación se realizarán diseños de mezcla para cada una de las adiciones y sustituciones porcentuales de microsilíce para ambas marcas de Aditivo. Debido a las bajas relaciones agua/cemento, se deberá emplear un aditivo plastificante, bajo estas condiciones se obtendrá un óptimo contenido de plastificante en la mezcla patrón; de tal manera que evaluaremos como influyen las adiciones de microsilíce de las marcas Sika y Z Aditivos para los porcentajes de 3%, 6% y 9%.

2.2.5.1. Estructura de la pasta en estado fresco

La estructura inicial de la pasta de concreto, depende de los volúmenes de materiales. Granulometría, composición química y la presencia o no de aditivos. En este estado la pasta tiene características plásticas, esto porque las partículas de cemento y las burbujas de aire están dispersas en una solución acuosa, además de las fuerzas interpartículas que tienden a atraerse. (Portugal. 2007, p. 35)

Puede resumirse que el concreto son una serie de partículas de cemento, agregados y aditivos que se encuentran dispersas en una solución acuosa, que a causa de atracción y repulsión dentro de sus partículas mantiene un equilibrio logrando la consistencia que se le caracteriza.

2.2.5.2. Estructura de la pasta endurecida.

En cualquier etapa de hidratación la pasta endurecida consta de hidratos de varios compuestos, denominados colectivamente como gel de cristales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, algunos componentes menores, cemento no hidratado y residuos de los espacios rellenos de agua en la pasta fresca. A estos huecos se les conoce como poros capilares. (Portugal. 2007, p. 37)

2.2.5.3. Calor de Hidratación del cemento

Para Portugal (2007), este proceso de hidratación es exotérmica, lo cual hace que el concreto, al fraguar, aumente su temperatura. Así pues, cuando un concreto

ha fraguado y existe un descenso de temperatura, este tiende a contraerse, lo que puede generar patologías al concreto como agrietamientos o fisuras. Esta misma patología puede ocurrir en concretos de baja relación agua/cemento, debido a que al haber cemento en grandes cantidades la temperatura del concreto también aumenta. (Portugal, 2007, p. 41). El calor de hidratación está referido a la cantidad de calor (se expresa en calorías por gramo de cemento), liberada durante el proceso de fragua del concreto, debido a la deshidratación del cemento durante el paso del tiempo.

2.2.5.4. Porosidad en la pasta de cemento.

Los poros vendrían a ser los vacíos que ocupan volumen en la mezcla que no fueron copados por los materiales de la mezcla de concreto. Según Portugal (2007), indica la porosidad capilar de la pasta depende tanto de la relación a/c como el grado de hidratación. (p.39)

2.2.6. Diseños de mezcla de concreto con adiciones de microsíllice

Según las propuestas del Comité ACI 211.4, nos brindan una serie de pasos a seguir para el cálculo de las proporciones de cada material que se requiere en el diseño de mezcla de un concreto con adiciones minerales.

De esta manera, en la primera etapa se selecciona el Slump o asentamiento deseado, y la relación a/c a utilizar que para nuestra investigación fue de 0.40. Se utilizó un Slump de 2 a 4", debido a que no utilizaremos un superplastificante sino un plastificante común. Posteriormente, con el tamaño máximo nominal determinado en la granulometría de los agregados, se procede a determinar la cantidad de agua en la mezcla, y con los valores de peso unitario se determinan las cantidades de agregado grueso que se incluirá en la mezcla. Asimismo, se puede estimar el contenido de aire en función al tamaño del agregado.

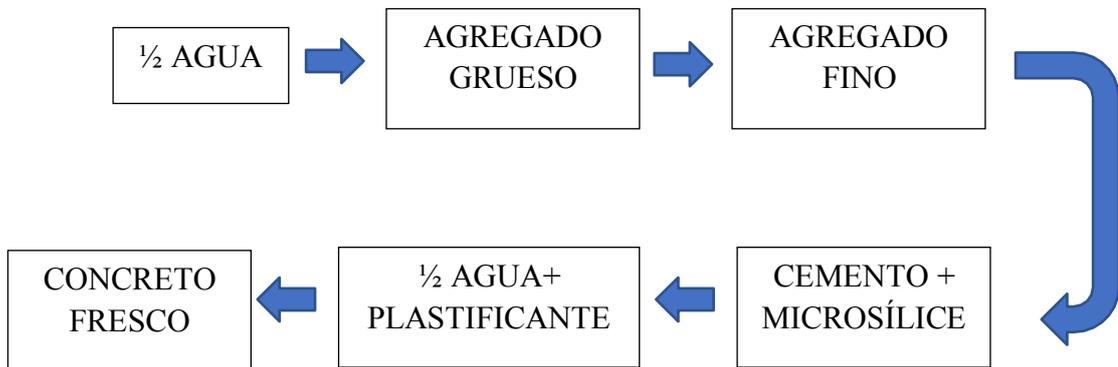
Una vez superado las etapas anteriores, se procede a realizar una sumatoria de los volúmenes absolutos del agregado considerando el peso específico de los materiales de la mezcla, se procede a calcular los pesos de cemento y agregados, agua y aditivo para un m³ de mezcla. Posteriormente, calcularemos los porcentajes de microsílíce (adición mineral) con respecto al peso de cemento determinado en pasos anteriores, de esta manera se determinaron diseños de mezcla individuales para 3%, 6% y 9% de microsílíce con respecto al peso del cemento. Y para el caso de las sustituciones, también se consideró con respecto al peso del cemento, es decir se retiró el mismo porcentaje de cemento, siendo sustituido por microsílíce en porcentaje de 3% y 6%.

Asimismo, se realizan las correcciones de los pesos de los agregados y agua con respecto a los valores de absorción y contenido de humedad de los agregados determinados durante la caracterización de estos.

Una vez realizado el cálculo, se corrobora las condiciones de Slump para la mezcla patrón o de control, para la cual se realizarán ensayos de asentamiento, peso unitario y temperatura, con la finalidad de conocer la variación que se presenta con respecto a las adiciones porcentuales de microsílíce, de la misma forma para las sustituciones porcentuales.

Uno de los factores que no se menciona es que procedimiento debemos llevar a cabo para el mezclado de concreto, es decir, la influencia del orden en que se ingresan los materiales al trompo o mixer. Para el amasado de concreto, Portugal (2007) nos proporciona una secuencia de mezclado, la cual aplicamos de la misma manera, esta secuencia indica que se debe introducir los materiales en el siguiente orden:

Gráfica 01. Procedimiento de mezcla del concreto.



Fuente: Portugal(2007). El amasado de agua y agregados se realiza por un periodo de 01 min, el proceso de introducir cemento, adiciones y el agua con el aditivo plastificante tomara un periodo de entre 5 a 20 minutos.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Concreto

Es la mezcla constituida por cemento, agregados, agua y eventualmente aditivos, en proporciones adecuadas para obtener las propiedades prefijadas. El material que en nuestro medio es conocido como Concreto, es definido como Hormigón en las Normas del Comité Panamericano de Normas Técnicas (COPANT), adoptadas por el ITINTEC.

El concreto se puede definir como un material de construcción constituido por agregados pétreos (gravas y arenas), cemento, agua y aditivos; que en estado fresco y en contacto con agua presenta propiedades moldeables, que una vez fraguada gana resistencia y dureza.

2.3.2. Microsílice

La Microsílice o Microsílica o Humo de sílice o silica fume, como fue adoptado por la ASTM y el ACI para referirse al humo de sílice condensado, es un subproducto de

la industria de las aleaciones de hierro, como el ferrosiliceo. En términos simples, es el hollín que queda adherido a las mangas del filtro cuando los gases pasan a través de éste. (Toxement, 2016)- Este material presenta características similares al del cemento, además de tener un aporte considerable a las sílices presentes en el cemento.

2.3.3. Resistencia a Compresión del concreto

La resistencia a compresión, está referida a el valor obtenido de la carga entre área de un elemento prismático de concreto. En las obras de construcción, el valor de resistencia de concreto sirve como un parámetro de control de la calidad del diseño de mezcla y brinda una referencia de las cualidades resistentes del concreto elaborado.

2.3.4. Curado

El curado es el procedimiento de hidratación del concreto posterior a su etapa de fragua. En el caso de las estructuras de concreto vaciada en obra, se suele regar con agua la superficie (o algún otro método de hidratación) del concreto con la finalidad de que este siga ganando resistencia, y para el caso de probetas se sumerge en una poza de curado, de agua potable con cal, este procedimiento permite que el concreto gane suficiente resistencia debido a que las partículas de cemento presentes en el concreto se mantengan hidratadas y maximicen su resistencia.

2.3.5. Agregado grueso

La norma E060 define al agregado grueso como el agregado retenido en el tamiz 4.75mm. o N°04, y proviene de la desintegración natural o mecánica de las rocas. En obra se le denomina como grava, este material se caracteriza por su dureza y aporta bastante resistencia al concreto.

2.3.6. Agregado fino

La norma E060 define al agregado fino como el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz de 9.5 mm o 3/8". En obra se le conoce como arena gruesa, este agregado sirve para la realización de mezclas de mortero (asentado de ladrillo) y concreto.

2.3.7. Cemento Portland

La E060, define al cemento Portland como un producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

2.4. Sistema de Hipótesis

2.4.1. Enunciado de la hipótesis:

H1: La Adición de Microsílice de las Marcas Sika y Z aditivos mejoran las propiedades de asentamiento, peso específico y resistencia a compresión de un concreto con relaciones $a/c = 0.40$.

H2: La Sustitución de Microsílice de las Marcas Sika y Z aditivos reduce las propiedades de asentamiento, peso específico y resistencia a compresión de un concreto con relaciones $a/c = 0.40$.

2.4.2. Variables

2.4.2.1. Variable Independiente

- Adición y sustitución porcentual de microsílice de las Marcas Sika y Z Aditivos

2.4.2.2. Variable Dependiente

- Asentamiento, peso específico y resistencia a compresión del concreto con relación a/c= 0.40.

2.4.2.3. Operacionalización de Variables

En la siguiente tabla se describe la operacionalización de las variables de la hipótesis. (Ver Tabla 01).

Tabla 05.Operacionalización de las variables dependiente e independiente de la investigación.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD DE MEDIDA
V.I. Adición y sustitución porcentual de microsílíce de las Marcas Sika y Z Aditivos	Aplicación experimental de distintos porcentajes de aditivo microsílíce de dos marcas del mercado para la elaboración de concreto de alta resistencia	Adiciones que permiten mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto para funciones y situaciones específicas, como resistencia, impermeabilidad, etc.	Adición porcentual en 3%, 6% y 9% según las fichas técnicas, para concretos de alta resistencia.	Guías de observación de los ensayos de Caracterización de agregados y diseños de mezcla. Balanzas, horno, tamices, etc.	Kg. , g.
			Reemplazo en 3% y 6% a fin de conocer su comportamiento	Guías de observación y toma de notas de los valores pesados en el diseño de mezcla, evidencia fotográfica. Balanzas, trompo, herramientas manuales, etc.	Kg. , g.
V.D. Asentamiento, peso específico y resistencia a compresión del concreto con relación a/c= 0.40	Son las propiedades físicas y mecánicas, inherentes al concreto amasado, asociadas a su trabajabilidad y resistencia.	Se refiere a las características propias de un concreto afectado por aditivos u otros componentes durante el periodo de amasado.	Menor tiempo de ejecución.	Certificados de ensayos en concreto fresco, guías de observación y evidencia fotográfica. Cono de Abrams, etc.	Pulg, kg/m3, °C
			Mayor cantidad de rentabilidad en obra.	Certificados de ensayo resistencia a compresión de probetas cilíndricas a edades de 7, 28 y 56 días de curado, guía de observación y evidencia fotográfica. Prensa hidráulica, neoprenos, etc.	Kg/cm2

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. De acuerdo a la orientación o Finalidad : Aplicada

3.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación : Explicativa

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.2.1. Población:

Los concretos de alta resistencia con Microsílice de relaciones a/c=0.40 elaborado y diseñado para edificaciones de concreto armado de gran capacidad estructural.

3.2.2. Muestra:

Nuestra muestra fue de 108 probetas cilíndricas de concreto con adiciones y sustituciones porcentuales de Microsílice Sika y Z Aditivos, elaborados siguiendo la normativa técnica peruana, y adecuado control de calidad.

3.2.3. Cálculo del tamaño de muestra

$$n_0 = \frac{Z^2 \times S^2}{E^2} , \text{ donde:}$$

- Z= es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador.
- S= Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.
- E= Error del muestreo en % del estimador o en absoluto (unidades). Fijada por el investigador. (20%)

- n_0 = Tamaño de la muestra

$$n_0 \geq \frac{z^2 S^2}{E^2} = \frac{(1.96)^2 (17.6)^2}{(20)^2} \quad (1)$$

$$n_0 = 2.97 \cong 3 \text{ (Muestra mínima de ensayo por DM)}$$

- ✓ n_0 = Muestra.
- ✓ Z = Nivel de confianza al 95%.
- ✓ S = Valor de la Desviación estándar (Valor tomado según norma).
- ✓ E = Precisión (error máximo tolerable en la estimación del parámetro).

Tabla 06. Número de probetas a elaborar

R a/c		Patrón	Adición	Adición	Adición	Sustituir	Sustituir	Total
Adición		0.00%	3.00%	6.00%	9.00%	3.00%	6.00%	
a/c= 0.40	07 días	03	03	03	03	03	03	18
Sika	28 días	03	03	03	03	03	03	18
Fume	56 días	03	03	03	03	03	03	18
a/c= 0.40	07 días	03	03	03	03	03	03	18
Silica Z	28 días	03	03	03	03	03	03	18
	56 días	03	03	03	03	03	03	18

Nota: Se realizarán un total de 108 probetas de concreto

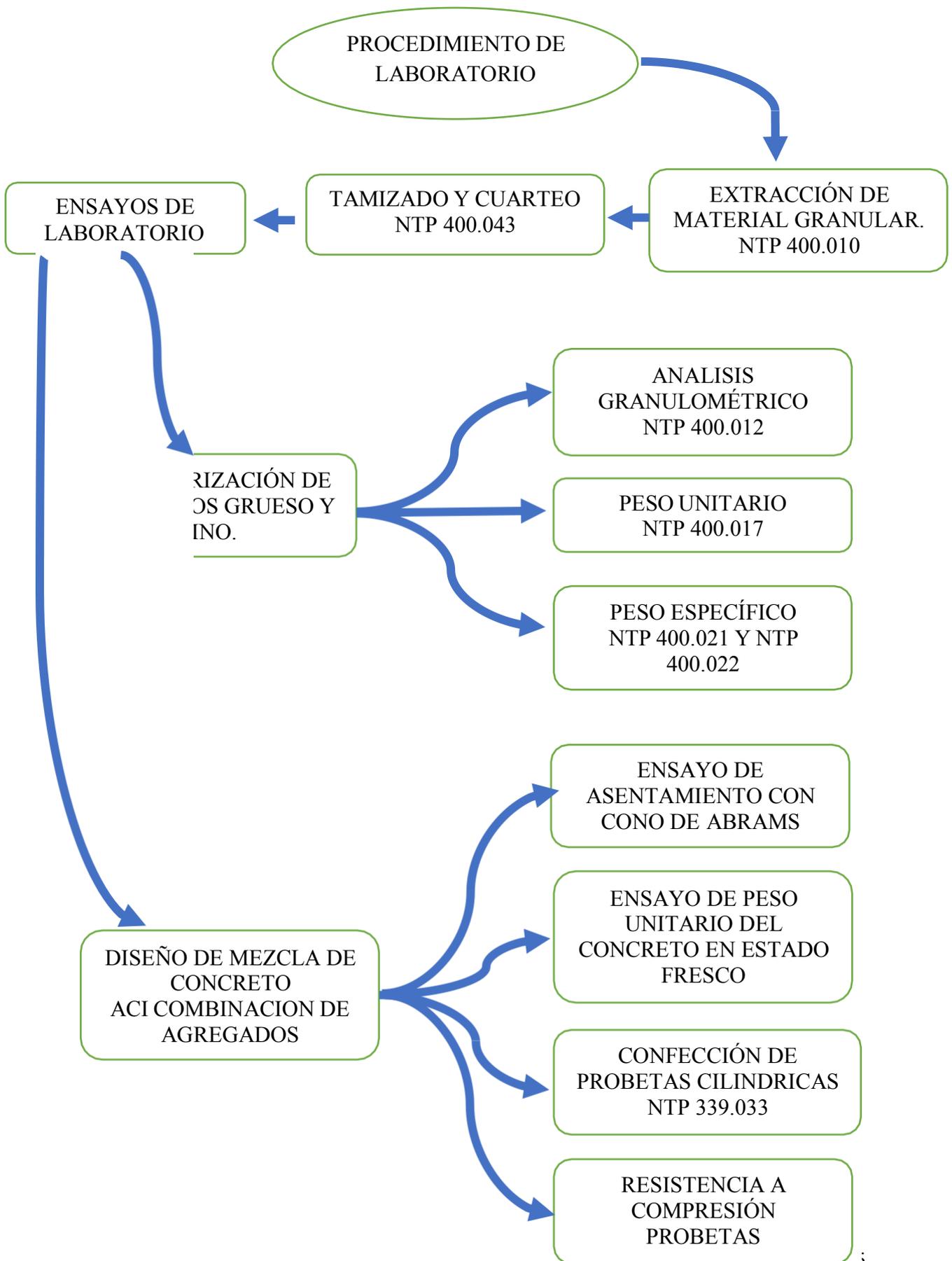
Fuente: Elaboración Propia

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

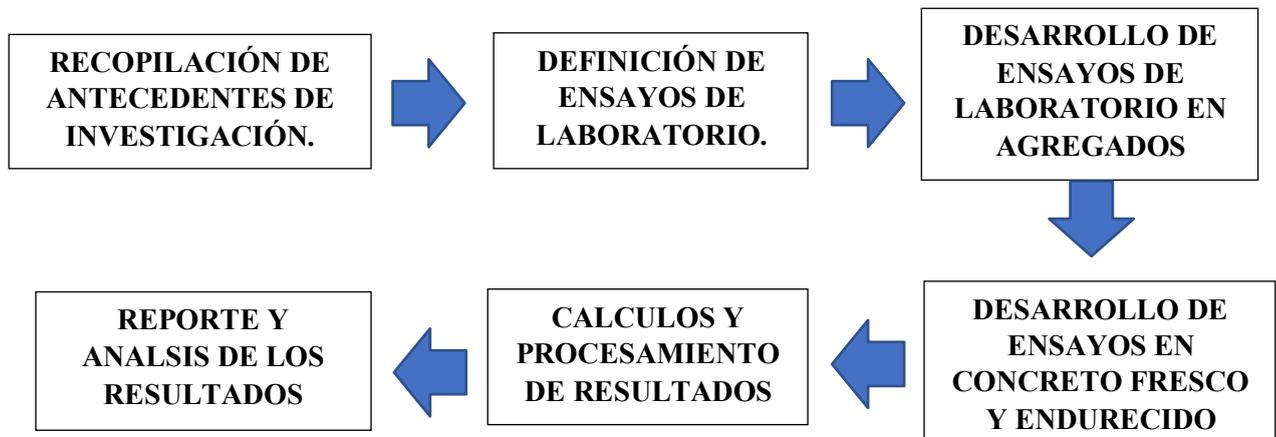
3.3.1. Diseño de procedimiento

Para nuestra investigación se desarrolló la debida recopilación de antecedentes y fuentes bibliográficas, para posteriormente definir los ensayos de laboratorio a realizar, para luego realizar los ensayos de laboratorio de agregados y concreto, con esto, se desarrollan los cálculos respectivos. Este procedimiento se expresa en la Gráfica 03, asimismo el procedimiento de ensayos de laboratorio se encuentra expresado en la Gráfica 02.

Gráfica 02. Definición de los ensayos de laboratorio



Gráfica 03. Procedimiento metodológico de la investigación



3.3.2. Procedimientos

- Se realizó el muestreo y obtención de agregados en cantera El Milagro.
- Se realizaron los ensayos de Caracterización de los agregados gruesos y finos, para posteriormente realizar los diseños de mezclas con cada uno de las adiciones y reemplazo de microsílíce en mezcla de concreto.
- Se realizó la corroboración de aditivo plastificante en mezcla patrón, para obtener un asentamiento estimado estable de 6-8” de asentamiento, posteriormente se realizarán los ensayos con las adiciones de Microsílíce de ambas marcas de aditivos a fin de corroborar los diseños de mezcla.
- Se realizaron ensayos al concreto en estado fresco, los cuales serán los ensayos de peso unitario, temperatura y asentamiento. Posteriormente, se confeccionarán probetas cilíndricas de 4” de diámetro x 8” de altura para los ensayos de resistencia a compresión de testigos cilíndricos a edades de 07, 28 y 56 días de curado.
- Se procesaron los datos de investigación, recolectadas en las fichas informativas y se procederá a realizar el análisis de los datos.

3.3.3. Marco Normativo de Ensayos de Laboratorio

Ensayos de Caracterización de agregados

3.3.3.1. Granulometría y Módulo de Finura

- El procedimiento de este ensayo se encuentra normado por la NTP. 400.012.
Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- Este ensayo nos permite conocer la distribución de las partículas del agregado (fino y grueso para nuestra investigación), a fin de poder generar la curva granulométrica y calcular el módulo de finura de los mismos.
- Para tal fin, se debe tomar muestra obtenida del cuarteo, de cada uno de los agregados, la cual se lleva al horno por 24 horas (± 4 horas) a una temperatura constante de 110°C ($\pm 5^{\circ}\text{C}$), a fin de evaporar las partículas de agua presentes en los agregados.
- Posterior al secado, se toma una muestra de agregado (para el caso del grueso se tomaron 2kg. Y para el fino 1kg.), y se lo pasa por los tamices ordenados de mayor a menor diámetro de abertura. Para el caso de la grava se utilizaron tamices de 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4 y N°200. Y, para la arena se utilizaron tamices de 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200.
- Se mueve enérgicamente el juego de tamices de manera tal que permita el paso de material a través de las aberturas, por un periodo aproximado de 3 a 5 min. Una vez pasado este tiempo, se deja reposar para unos segundos a fin de disipar las partículas flotantes. Y, se procede a pesar el peso del tamiz con el material retenido, se registra cada valor (cabe señalar que se deben registrar los pesos de los tamices sin material retenido).
- Se procesan los datos de tal manera que se obtenga los porcentajes que pasan (eje de ordenadas) para cada abertura (diámetro en mm.) con lo que se grafica la curva

granulométrica del agregado, la que se compara con sus husos granulométricos a fin de determinar si se puede o no utilizar el material para la elaboración de concreto.

- Se puede determinar el módulo de finura del agregado fino mediante la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, dividido entre 100. O también se puede expresar como:

$$M. F. (Ag. fino) = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado en malla } N^{\circ} 04, 08, 16, 30, 50, 10}{100}$$

Ecuación 01. Cálculo del módulo de finura del agregado fino.



Figura 01. Ensayo de Granulometría para el agregado grueso.

3.3.3.2. Pesos Unitarios de los Agregados

- Este ensayo se encuentra normado por la NTP. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados. La cual nos brinda las indicaciones mencionada a continuación.
- Como indica la norma el peso unitario es una relación de masa/volumen, por lo que se mide la cantidad de masa que ocupa en un recipiente de masa y volumen conocida,

el cual se determina en condición suelta (deja caer material) o compactada (se varilla con golpes enérgicos).

- Para la condición suelta, se procede a pesar el recipiente metálico y se introduce el agregado dejándose caer hasta llenar en exceso el recipiente, para posteriormente rasar con respecto al nivel de plano del recipiente, y se registra el peso de recipiente más el agregado.
- Para la condición compactada, se vierte el agregado en 03 capas de similar volumen de tal manera que a cada capa se le compacta 25 veces con ayuda de una varilla lisa con punta redondeada, la varilla debe tener un diámetro de 5/8 de pulgada y una longitud de 60 centímetros aproximadamente. En la última capa se vierte material en exceso para rasar, y luego se pesa el recipiente con agregado compactado. Se registra el valor.



Figura 02. Ensayo de Peso Unitario del agregado fino.

- Este procedimiento se realiza 03 veces a fin de determinar el promedio de los 03 ensayos. Para los ensayos se debe tener material en exceso equivalente a 1.5 veces la

cantidad aproximada del recipiente a utilizar, el cual deriva de un cuarteo previamente realizado.

- Para el cálculo de peso unitario suelto y compactado se aplica la misma expresión matemática, y se reporta el promedio de 03 ensayos, la ecuación es la siguiente:

$$\text{Peso Unitario } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{P_{\text{recipiente+muestra}} - P_{\text{recipiente}}}{V_{\text{recipiente}}}$$

Ecuación 02. Cálculo de peso unitario de los agregados.

3.3.3.3. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

- La NTP. 400.021. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso, nos brinda los alcances y procedimientos de este ensayo, el cual indica lo descrito líneas abajo.
- Este ensayo nos permite conocer la relación peso/volumen del agregado grueso, es decir relaciona el efecto de una masa de agregado afectada por la gravedad y es expresada en g/cm³ o kg/m³.
- Para este ensayo, se procede a sumergir una muestra de agregado grueso en agua por 24 horas (± 4 horas) utilizando un balde o recipiente, con agua suficiente para cubrir 2 pulgadas por encima del nivel del agregado superficial.
- Una vez pasado el tiempo, se procede a secar superficialmente la grava con ayuda de una franela o toalla, de esta forma se elimina el excedente de agua. Esta condición se logra cuando la grava pierde brillo, se toma una muestra y se procede a pesar en condición SSS (saturada superficialmente seca).
- Con la misma muestra de material en condición SSS, se procede a llevar la canastilla la cual se encuentra conectada a una balanza y una base giratoria que permite sumergir una canastilla retenedora en agua, para así poder determinar el peso sumergido del agregado grueso. Esta misma muestra, se lleva un recipiente para

determinar su peso seco posterior a su secado en horno a una temperatura de 110°C por 24 horas (± 4 horas).

- De esta manera se puede determinar el peso específico nominal, en condición SSS y el aparente, y también la absorción. Sin embargo, para efecto del cálculo se tomarán el peso específico nominal y la absorción del agregado, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Peso específico de masa } \left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Ecuación 03. Cálculo de peso específico nominal del agregado grueso

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

Ecuación 04. Cálculo de absorción del agregado grueso

Donde:

A= Peso de la muestra seca, gramos

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca

C= Peso sumergido de la muestra saturada.



Figura 03. Ensayo de Peso Específico condición SSS para agregado grueso.
3.3.3.4. Peso Específico y Absorción del agregado fino.

- La NTP.400.022. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino, la cual describe el procedimiento, alcances y marco teórico del ensayo en mención.
- Para este ensayo se deja una muestra de arena sumergida en agua por un periodo de 24 horas, de tal manera que se saturan sus poros. Posteriormente se lleva el material a condición SSS (saturada superficialmente seca), esta condición se consigue al secar superficialmente la muestra con ayuda de una estufa o secador de cabello, de tal forma que se cumpla la prueba de cono trunco, en esta etapa una muestra SSS, se lleva a un cono trunco en cuyo interior se vierte agregado y es compactado con 25 golpes de un pisón manual (no se aplica fuerza solo se deja caer), Cuando el cono de arena se queda intacto este se refiere a que el agregado se encuentra demasiado húmedo por ello debe seguir secándose, si por el contrario el cono de arena colapsa, ese ha sido secado en demasía, para cumplir la condición SSS debe desmoronarse el perímetro del cono de arena dejando un núcleo más o menos intacto.
- Una vez llevada a condición SSS, se toma una muestra de 500 gramos de material la cual se lleva a una fiola, se registran los pesos de la fiola, la fiola con agua, y posteriormente la fiola, agua y muestra. Para ello, se deberá rolar con la finalidad de eliminar vacíos de los agregados.
- Una vez registrados los pesos, se procede a llevar la muestra de la fiola al horno por un periodo de 24 horas a una temperatura de 110°C, si la muestra requiere más tiempo se le puede dejar lo necesario.
- Posteriormente con ayuda de ecuaciones matemáticas se pueden determinar los valores de peso específico nominal y la absorción, como se muestra a continuación:

$$PEm \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{W_o}{V - V_a} \times 100$$

Ecuación 05. Cálculo de peso específico del agregado fino.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 - W_b}{W_o} \times 100$$

Ecuación 06. Cálculo de absorción del agregado fino

Donde:

W_o = Peso de la muestra seca, gramos

V_a = Peso en gramo de agua añadida en frasco

V = Volumen del frasco o fiola.

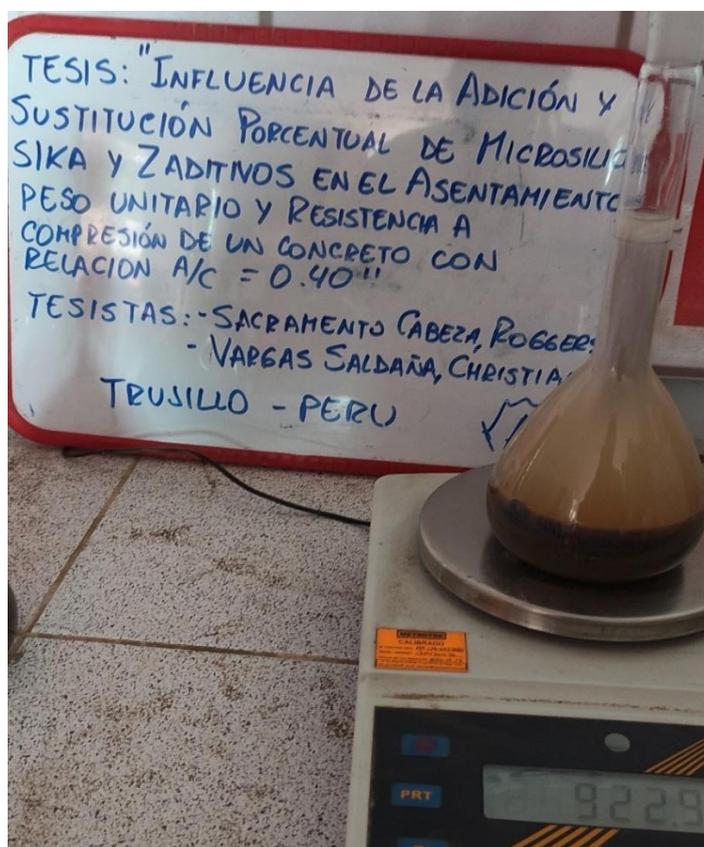


Figura 04. Ensayo de Peso Específico para agregado fino, peso de fiola muestra y agua en fiola.

3.3.3.5. Contenido de humedad

- El ensayo de contenido de humedad se encuentra en la NTP. 339.185. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado, la norma nos brinda los alcances descritos a continuación.
- El contenido de humedad expresa la cantidad de agua atrapada en los poros del agregado, el cual es expresado en porcentaje con respecto a su peso seco. Depende de la exposición del agregado a la intemperie, el tipo de almacenaje o agentes externos a los cuales es susceptible el agregado.
- Para este ensayo se toma una muestra de agregado registrando su peso en condición natural (peso húmedo), el cual se lleva al horno por 24 horas a una temperatura constante de 110°C. Para el agregado grueso se deberá tomar una muestra de más de 1000 gramos y para el caso del agregado fino como mínimo 500 gramos de muestra.
- Posteriormente, se retira del horno y se procede a pesar el agregado en condición seca, el cálculo se simplifica de la siguiente manera:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso húmeda} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Ecuación 07. Cálculo de contenido de humedad del agregado

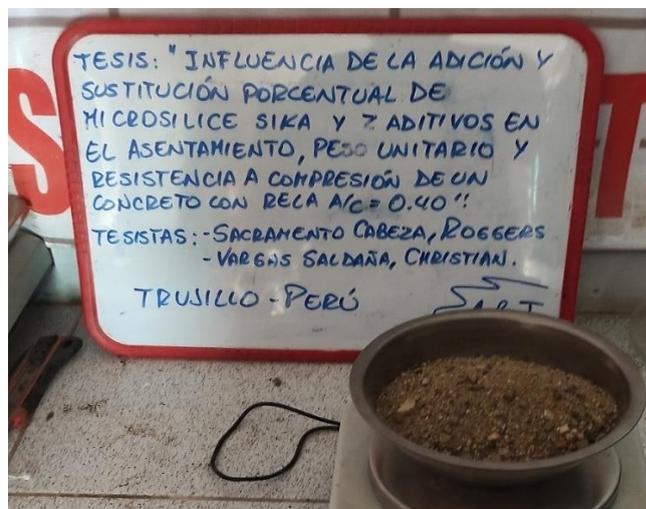


Figura 05. Ensayo de Contenido de Humedad del agregado fino.

Ensayos de Concreto en Estado Fresco y Endurecido

3.3.3.6. Ensayo de Asentamiento o Slump

- El ensayo de asentamiento o revenimiento, se encuentra estipulada en la norma técnica peruana NTP. 339.035. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland.
- La norma describe que el ensayo se desarrolla colocando el molde cónico trunco conocido como cono de Abrams, en cuyo interior se vierte concreto fresco, en 03 capas similares en altura, las cuales son varillas 25 veces en cada capa.
- Una vez compactado, se procede a rasar la superficie de concreto y sin dejar de ejercer presión sobre el cono, se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente.
- Se registra como asentamiento o Slump la distancia desplazada de concreto con respecto al plano o altura del cono trunco, se expresa en pulgadas o centímetros.



Figura 06. Ensayo de Asentamiento con cono de Abrams en mezcla patrón.

3.3.3.7. Ensayo de Peso Unitario y Temperatura

- El ensayo de Peso Unitario se encuentra descrito en la Norma técnica NTP. 339.046. Método de Ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (Concreto). La norma nos brinda alcances que se describe en este ítem.
- Según la norma se debe seleccionar un recipiente metálico con una capacidad en función al TMN del agregado grueso, que para el caso de agregados de una pulgada a menos es de 6 litros de capacidad.
- El ensayo consiste en verter concreto fresco en un recipiente cilíndrico metálico de volumen y masa conocidas, en tres capas, para cada capa se compacta 25 veces con ayuda de una varilla lisa metálica de 5/8 de pulgada con una longitud de 60 cm aproximadamente. Asimismo, se golpea el perímetro del recipiente con ayuda de un mazo de goma de 1kg, entre 12 a 15 golpes por capa. Una vez completada la compactación se rasa la superficie y se procede a registrar el valor.
- Asimismo, en esta etapa, se puede realizar el ensayo de control de temperatura, la cual se encuentra en la NTP. 339.184. Método de Ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (Concreto).

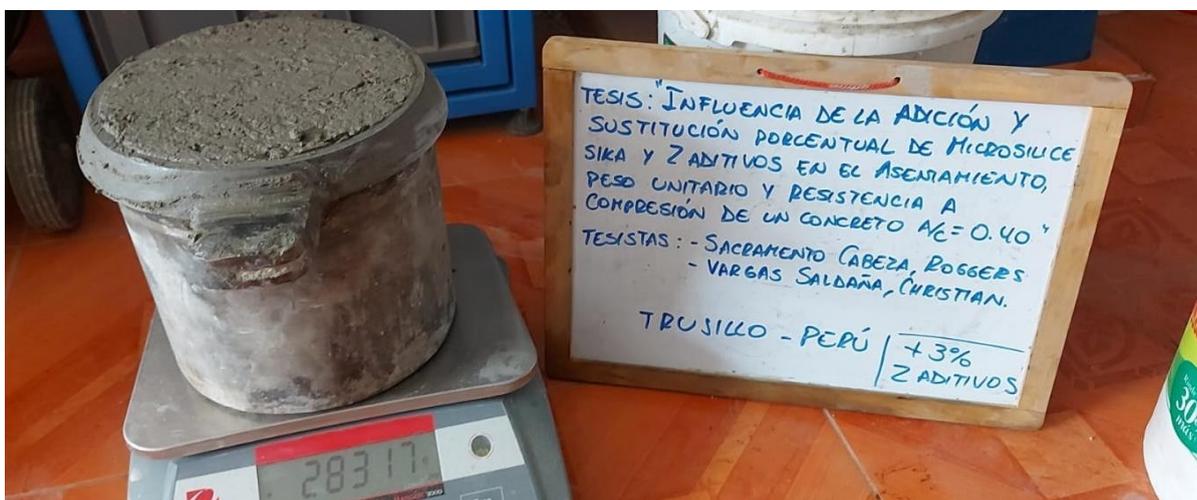


Figura 07. Ensayo de Peso unitario del concreto para mezcla con adición Z al 3%.

- Según la norma anteriormente mencionada, se utiliza un termómetro sumergible que debe penetrar en el concreto un mínimo de 75 mm o 3 pulgadas. De esta forma, se espera que el dispositivo se mantenga estable (2 o 3 min) y el valor indicado en el dispositivo se reporta como la temperatura del concreto.

3.3.3.8. Confección de Probetas Cilíndricas

- Este ensayo se describe en la NTP. 339.033. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.
- La confección de probetas para el caso de especímenes de 10 cm de diámetro por 20 cm de alto, consiste en verter el concreto en dos capas, cada capa se compactará un número de 25 veces con ayuda de la varilla compactadora (que para fines de este tamaño de probetas deberá ser de un diámetro similar a 3/8 de pulgada con una longitud de aproximadamente 30 cm).
- Asimismo, se procede a rasar la superficie superior con la finalidad de generar una cara plana de contacto, para su posterior rotura.
- Pasado un día, se desmoldan los especímenes y se sumergen a una poza de curado, posteriormente se retiran en la fecha de rotura deseada.



Figura 08. Confección de probetas cilíndricas de 4" x 8",

3.3.3.9. Ensayo de Resistencia a Compresión del Concreto.

- El procedimiento de ensaye se encuentra normado por la norma técnica peruana NTP.339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la Resistencia a Compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
- El ensayo consiste en aplicar peso o carga a compresión axial sobre la cara plana superior e inferior del espécimen de concreto (probetas) a una velocidad normalizada hasta que ocurra la falla.
- La resistencia a compresión se obtiene como el promedio de múltiples ensayos bajo la misma condición, para ello se obtiene el valor de resistencia al dividir la carga máxima alcanzada durante el procedimiento de rotura y se le divide entre el área de la cara plana de la probeta.



Figura 09. Ensayo de Resistencia a compresión del concreto.

- El ensayo de resistencia debe darse en condición húmeda, pues manifiesta un estado vulnerable del concreto, es común confundir este procedimiento debido a que en obra las contratas suelen esperar a que el concreto se encuentre seco a fin de ganar algunos kilogramos de resistencia.

$$\text{Resistencia a la compresión } \left(\frac{kg}{cm^2}\right) = \frac{\text{Carga máxima}}{A_{\text{Sección transversal}}}$$

Ecuación 08. Cálculo de la Resistencia a compresión del concreto

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. Técnicas de Recolección de Datos

Para la recolección de datos, se emplea la técnica de la observación en la cual se observará y registrará los valores de las propiedades obtenidas mediante el uso de fichas informativas y hojas de cálculo, para todos los ensayos a realizar, los cuales siguen normativa técnica peruana.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos a utilizar es la guía de observación, la cual cumple a cabalidad la función de recolectar los datos necesarios para el desarrollo de la presente investigación, puesto que es un instrumento muy versátil y práctico.

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para esta investigación será necesario realizar una suposición de datos que se midan en escala de intervalos, por lo tanto, se usará el análisis de la varianza Anova para la obtención y validación de resultados, debido a las variables en estudio.

Para el procesamiento de datos se utilizará programas como Excel, para la tabulación de los resultados, obteniéndose tablas y curvas. Se obtendrán datos como, resistencias a la compresión promedio, curva de evolución de la resistencia en el tiempo, de tal manera se podrá determinar la influencia de las adiciones y reemplazo porcentuales de microsílíce en las mezclas de concreto con relación agua-cemento de 0.40.

Asimismo, los datos obtenidos se compararán con la normativa competentes y los antecedentes de la investigación de tal manera que se obtengan datos congruentes, que permitan contrastar y analizar de manera correcta la información.

CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se expresa brevemente los resultados determinados en nuestra investigación, según la metodología desarrollada y explicada en el capítulo III. Los datos corresponden al desarrollo de ensayos de Laboratorio como Caracterización de Materiales, Diseño de mezcla y Ensayos de Resistencia a la compresión a 07,28 y 56 días

4.1. Caracterización de los Agregados.

Se realizaron ensayos de Contenido de humedad, Granulometría y determinación de módulo de finura, Pesos Unitarios Suelos y compactados, Peso específico y absorción tanto para el agregado grueso y fino, los resultados se expresan en la Tabla 07.

Tabla 07. Resumen de los ensayos de Caracterización de los agregados.

Material	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso unitario (Kg/m ³)		Peso específico (Kg/m ³)	Tamaño Máximo Nominal	Módulo de finura
			Suelto	Compacto			
A.F	1.57	1.29	1,633	1,803	2,699	N°04	2.68
AG.	0.6	1.58	1,432	1,570	2,630	1/2"	5.86

Fuente: Elaboración propia

4.2. Proporciones de materiales determinadas para el diseño de mezcla de concreto.

Se realizaron los cálculos de las proporciones de los materiales para cada uno de los distintos diseños de mezcla de concreto, considerando los ensayos de caracterización de los agregados, de esta forma mediante la metodología del ACI, se pudo determinar las proporciones de tanda para 1m³, que posteriormente, se redujeron a tandas de 30 litros para el diseño de en trompo eléctrico, considerando una muestra superior a 28 L como indica la norma E060.

En la tabla 08, se expresan las cantidades de materiales involucrados en el diseño de mezcla para 1m³ de concreto, estas proporciones, fueron tomadas de las hojas de cálculo que se aprecian en los Anexos a mayor detalle.

Tabla 08. Resumen de las proporciones de materiales en los diseños de mezcla de concreto

PROPORCIONES DE MATERIALES POR 1M3						
Diseño de Mezcla	Cemento (kg)	Agregado Fino (kg)	Agregado grueso (kg)	Agua (lts)	Plast. 0.85% (kg.)	Micro Sílice (kg)
Patrón	564.00	715.00	853.00	220.00	4.79	0.00
Adición de Microsílice al 3%	564.00	708.00	846.00	220.00	4.79	17.00
Adición de Microsílice al 6%	564.00	702.00	838.00	220.00	4.79	34.00
Adición de Microsílice al 9%	564.00	695.00	830.00	220.00	4.79	51.00
Sustitución de Microsílice al 3%	547.00	715.00	853.00	220.00	4.79	17.00
Sustitución de Microsílice al 6%	530.00	715.00	853.00	220.00	4.79	34.00

Fuente: Elaboración propia

4.3. Ensayos en Concreto Fresco

Asimismo, se desarrollaron ensayos en concreto fresco, determinándose los valores de temperatura del concreto durante el amasado, el asentamiento o Slump con cono de Abrams, y el peso unitario en condición fresca del concreto, para cada una de las mezclas realizadas.

Tabla 09. Resumen de los valores determinados en los ensayos de concreto fresco

DISEÑO DE MEZCLA	Temperatura (°C)	Asentamiento (plg)	Peso unitario (Kg/m³)
Patrón	22.60	5 1/4	2,325
Sika fume al 3.00%	22.70	4 1/2	2,316
Sika fume al 6.00%	22.70	4	2,299
Sika fume al 9.00%	23.00	3 1/2	2,292
Sika fume sust al 3.00%	23.40	4	2,297
Sika fume sust al 6.00%	23.50	4	2,297
Z aditivos al 3.00%	23.60	3 1/2	2,324
Z aditivos al 6.00%	23.70	3	2,322
Z aditivos al 9.00%	22.60	2 1/4	2,299
Z aditivos sust. Al 3.00%	22.80	5	2,338
Z aditivos sust. Al 6.00%	23.00	3 3/4	2,325

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 09, se puede apreciar que los valores de temperatura no se ven influenciados por la presencia de microsílice, más bien la pequeña variación de temperatura se debe específicamente

a aspectos de clima. De la misma tabla, podemos indicar que conforme se añade mayor cantidad de microsílíce el Slump se ve disminuido, reduciéndose las propiedades de trabajabilidad del concreto fresco. También, el indicador de peso unitario sugiera que el volumen del concreto varía con la presencia del microsílíce, debido a que sus presentaciones comerciales presentar menor peso específico es lógico que el peso unitario del concreto se vea reducido en estado fresco.

4.4. Ensayos en Concreto Endurecido

Se tomaron muestras para ensayos de rotura a edades de curado de 07, 28 y 56 días. Para tal finalidad se muestrearon 09 especímenes a fin de romper 03 en cada edad de curado. Se considero roturas hasta 56 días debido a que las sílices requieren de mayor tiempo para completar su proceso de hidratación. Los resultados de nuestra investigación se expresan en las siguientes tablas.

Tabla 10. Determinación de la Resistencia a Compresión a 07 días.

DISEÑO DE MEZCLA	Área Promedio (cm ²)	Carga máxima promedio (kg.)	Resistencia a compresión, 07 días (kg/cm ²)
PATRON	80.12	20326.18	253.70
SIKA FUME AL 3.00%	81.18	22241.89	273.98
SIKA FUME AL 6.00%	80.65	21547.21	267.17
SIKA FUME AL 9.00%	80.91	19673.66	243.14
SIKA FUME SUST AL 3.00%	80.91	20647.51	255.18
SIKA FUME SUST AL 6.00%	80.65	18893.24	234.27
Z ADITIVOS AL 3.00%	80.39	21680.93	269.71
Z ADITIVOS AL 6.00%	79.59	22254.33	279.61
Z ADITIVOS AL 9.00%	80.12	15276.23	190.67
Z ADITIVOS SUST. AL 3.00%	79.59	20440.61	256.82
Z ADITIVOS SUST. AL 6.00%	79.85	18300.90	229.18

Se expresa como resistencia a compresión el resultado promedio de la rotura de 03 probetas cilíndricas de concreto. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 09, se puede apreciar que los valores promedio de las probetas con adición de Sikafume al 3% presentan mayor resistencia a compresión que el concreto patrón y todas las adiciones con la marca Sika. Sin embargo, también se aprecia que la Adición con MicroSilica Z al 6% presenta mayor resistencia sobre todos los diseños de mezcla de ambas marcas.

Tabla 11. Determinación de la Resistencia a Compresión a 28 días.

DISEÑO DE MEZCLA	Área Promedio (cm ²)	Carga máxima promedio (kg.)	Resistencia a compresión, 28 días (kg/cm ²)
PATRON	80.12	28129.60	351.09
SIKA FUME AL 3.00%	80.91	28873.78	356.84
SIKA FUME AL 6.00%	80.91	29456.39	364.04
SIKA FUME AL 9.00%	80.91	28692.70	354.60
SIKA FUME SUST AL 3.00%	80.91	28087.47	347.12
SIKA FUME SUST AL 6.00%	80.91	26535.07	327.94
Z ADITIVOS AL 3.00%	80.12	29052.62	362.60
Z ADITIVOS AL 6.00%	79.59	29726.71	373.49
Z ADITIVOS AL 9.00%	79.59	23650.78	297.15
Z ADITIVOS SUST. AL 3.00%	79.59	25065.30	314.93
Z ADITIVOS SUST. AL 6.00%	79.59	22555.39	283.39

Se expresa como resistencia a compresión el resultado promedio de la rotura de 03 probetas cilíndricas de concreto. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, podemos apreciar que las adiciones de microsílíce al 6% tanto en la marca Sika (Sikafume) como en la Marca Z (Microsílíce Z) presentan sus mayores resistencias a la compresión. Asimismo, podemos apreciar que los valores de resistencia para las adiciones a 3% son las segundas más cercanas en resistencia a compresión, siendo ambos porcentajes superiores a los valores de concreto patrón. El resto de porcentajes tanto de adición como sustitución presentan valores muy por debajo del concreto patrón, por lo que se descartaría el

uso de esos porcentajes en la producción de concreto, debido a que no representan ningún mejoramiento en los valores de resistencia, adicionalmente los costos que involucra la adquisición o uso de aditivos no tendrían ningún beneficio.

Tabla 12. Determinación de la Resistencia a Compresión a 56 días.

DISEÑO DE MEZCLA	Área Promedio (cm ²)	Carga máxima promedio (kg.)	Resistencia a compresión, 56 días (kg/cm ²)
PATRON	80.12	30520.78	380.94
SIKA FUME AL 3.00%	80.91	31575.56	390.23
SIKA FUME AL 6.00%	80.91	31928.51	394.59
SIKA FUME AL 9.00%	80.91	30092.26	371.90
SIKA FUME SUST AL 3.00%	80.91	28736.38	355.14
SIKA FUME SUST AL 6.00%	80.91	28339.94	350.24
Z ADITIVOS AL 3.00%	80.12	31732.75	396.05
Z ADITIVOS AL 6.00%	79.59	32954.66	414.05
Z ADITIVOS AL 9.00%	79.59	27767.73	348.88
Z ADITIVOS SUST. AL 3.00%	79.59	29088.61	365.48
Z ADITIVOS SUST. AL 6.00%	79.59	27479.67	345.26

Se expresa como resistencia a compresión el resultado promedio de la rotura de 03 probetas cilíndricas de concreto. Fuente: Elaboración propia.

Para la edad de 56 días, como se aprecia en la tabla 12, se mantiene la tendencia del aumento de la resistencia a compresión, encabezando los valores de resistencia las adiciones de microsílíce al 6%, para ambas marcas, siendo Microsílíce Z la que presenta una mejor respuesta a la resistencia a compresión llegando a superar los 414.05 kg/cm² siendo un concreto de alta resistencia, siguiéndole la resistencia con 3% de la misma marca con un valor de 396.05 kg/cm², estos dos valores son superiores a los valores de resistencia alcanzados por Sikafume.

En la tabla 13, podemos encontrar un resumen general de los valores de resistencia, donde se puede apreciar que los porcentajes de 6% representan los contenidos óptimos de Microsilíce, pues con ellos se conseguido alcanzar el mejor desempeño comparando ambas marcas, siendo la de mejor respuesta al ensayo de resistencia a compresión Microsilíca Z de la marca Z Aditivos. Presentándose los valores más altos en las adiciones de 3% y 6%, respectivamente,

Tabla 13. Resumen de los valores de Resistencia a compresión

DISEÑO DE MEZCLA	Resistencia a compresión, 07 días (kg/cm²)	Resistencia a compresión, 28 días (kg/cm²)	Resistencia a compresión, 56 días (kg/cm²)
PATRON	253.70	351.09	380.94
SIKA FUME AL 3.00%	273.98	356.84	390.23
SIKA FUME AL 6.00%	267.17	364.04	394.59
SIKA FUME AL 9.00%	243.14	354.60	371.90
SIKA FUME SUST AL 3.00%	255.18	347.12	355.14
SIKA FUME SUST AL 6.00%	234.27	327.94	350.24
Z ADITIVOS AL 3.00%	269.71	362.60	396.05
Z ADITIVOS AL 6.00%	279.61	373.49	414.05
Z ADITIVOS AL 9.00%	190.67	297.15	348.88
Z ADITIVOS SUST. AL 3.00%	256.82	314.93	365.48
Z ADITIVOS SUST. AL 6.00%	229.18	283.39	345.26

Se expresa como resistencia a compresión el resultado promedio de la rotura de 03 probetas cilíndricas de concreto para cada edad de ensaye. Fuente: Elaboración propia.

En añadidura, se indica que para los ensayos se utilizó de un plastificante convencional, estos resultados hubieran variado con la presencia de superplastificantes, los cuales ayudarían a obtener una mayor resistencia de concreto y trabajabilidad, sin embargo, los valores presentados se encuentran dentro las limitaciones de nuestra investigación y en los rangos tolerables diseñados para la misma.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

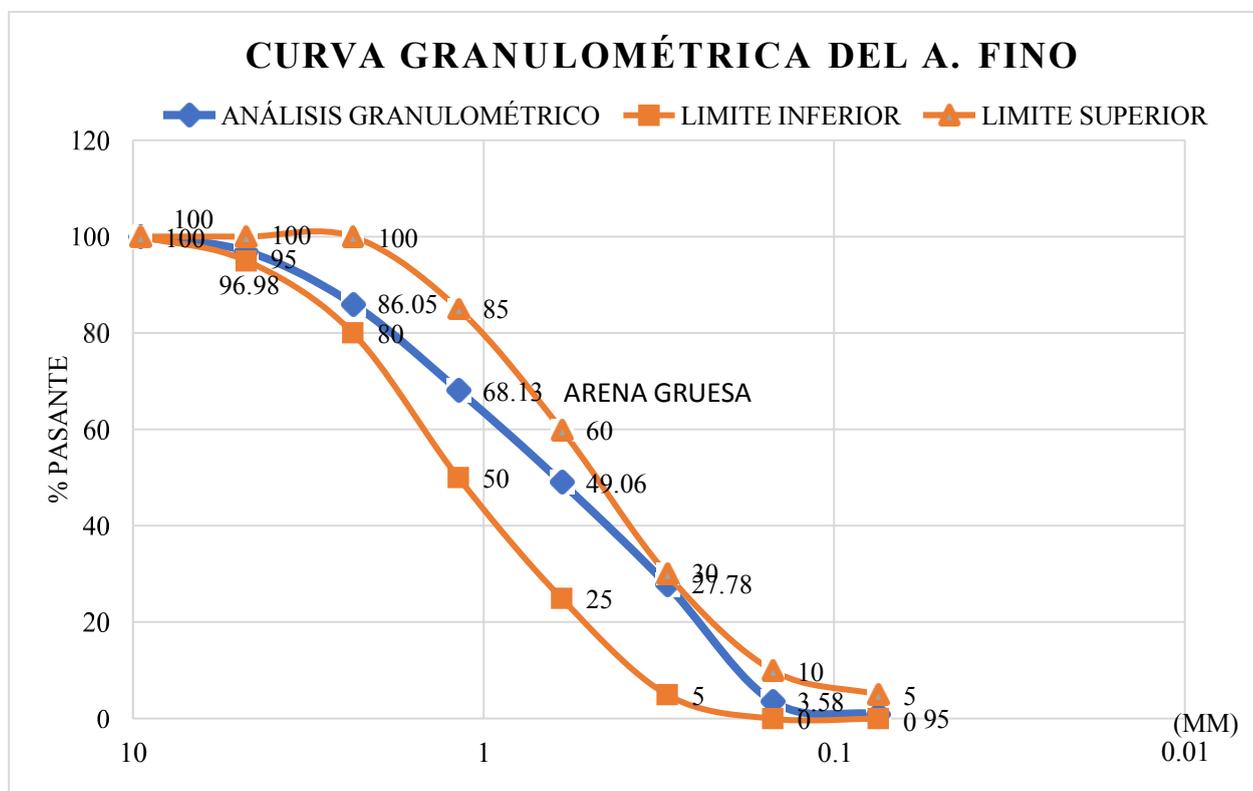
5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1.1. Sobre los resultados de laboratorio.

Como se señalo en el capítulo III de Metodología, para la realización de nuestra investigación fueron necesarias la realización de ensayos de laboratorio. Y siguiendo nuestro procedimiento se tuvieron que realizar ensayos de caracterización de los agregados, para los cuales nos amparamos en las normas técnicas respectivas. Unos de los ensayos que se realizaron esta referida a la distribución de las partículas del agregado (Granulometría).

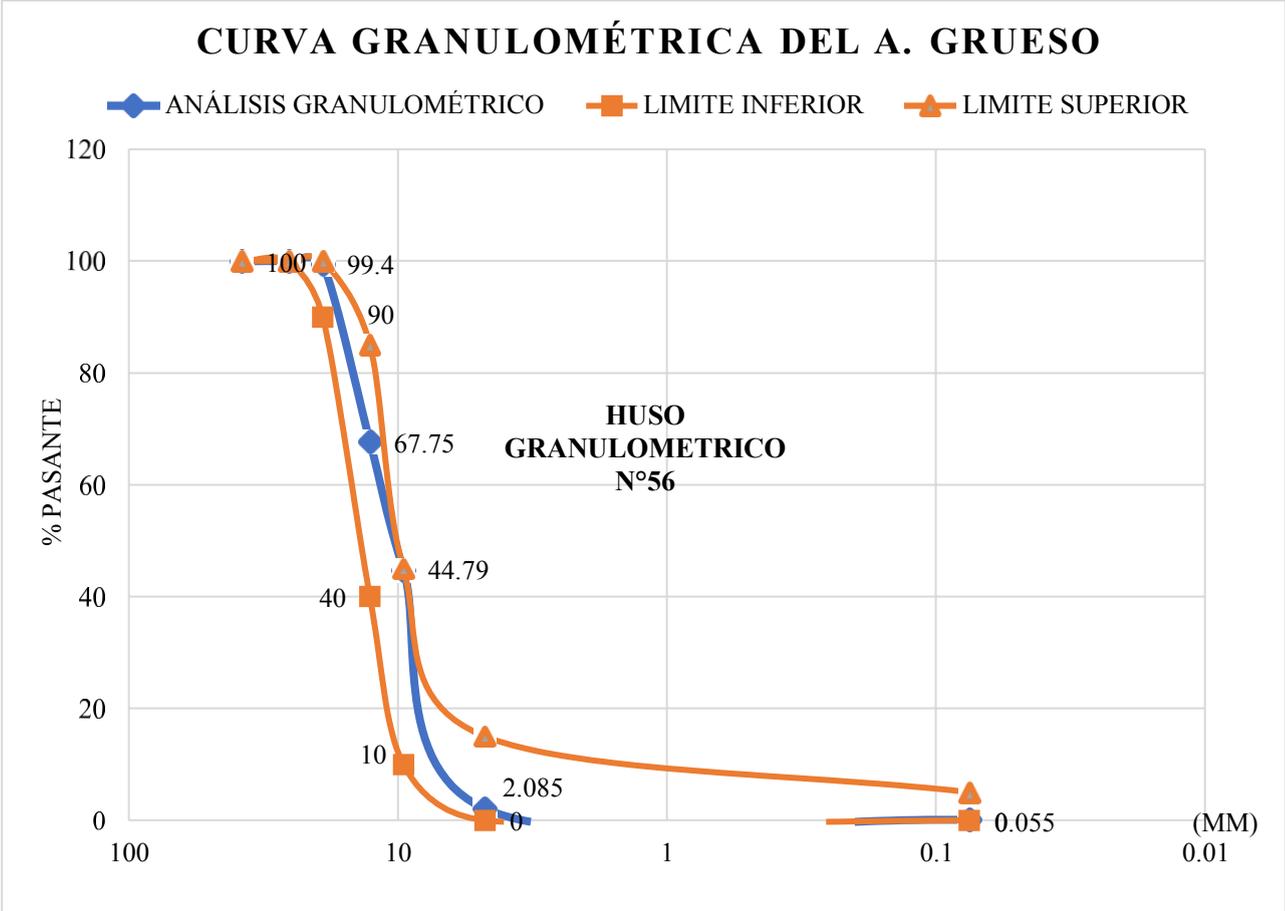
Dentro de los parámetros de gradación de los agregados que incurren en el diseño de mezcla de concreto, se debe verificar que los agregados se encuentren dentro de los husos granulométricos o gradación correspondiente para cada agregado.

Gráfica 04. Curva granulométrica y gradación de la arena gruesa



En la gráfica 04. Podemos apreciar que la curva granulométrica del agregado fino se encuentra dentro de la gradación correspondiente para la arena, con lo cual podemos garantizar que el agregado fino es adecuado para su uso en concreto, desde la perspectiva del ensayo de Granulometría. Asimismo, dentro de este ensayo podemos determinar el modulo de finura del agregado, el cual según las formulas aplicadas es de 2.68, este valor según el ACI 318 debe ser un valor entre 2.40 a 3.0, siendo 2.4 un modulo de finura bajo, propio de un material con poca fracción gruesa y 3.0 un material de grano grueso, nuestra arena se encuentra en un rango intermedio con lo cual podemos indicar y validar su uso en diseño de mezcla.

Gráfica 05. Curva granulométrica y gradación de la grava.



En la gráfica 05, se aprecia que la curva granulométrica del agregado grueso se encuentra dentro de los rangos permisibles para el huso granulométrico N°56, siendo este huso la distribución más cercana para la grava empleada.

Los husos granulométricos, son parámetros tolerables de la distribución de las partículas del agregado, como podemos apreciar en el Anexo 06, donde se encuentra el cuadro de husos granulométricos estipulados por la Norma Técnica Peruana NTP 400.012

En los agregados se realizaron más ensayos como el contenido de humedad, el cual arroja valores bajos de 0.60 % y 1.57%, para la grava y la arena, respectivamente. Estos valores señalan que los agregados se encuentran bien preservados para el desarrollo de las mezclas de concreto indicadas.

También se tuvieron que realizar ensayos de pesos unitarios, necesarios para conocer la capacidad volumétrica de 1 m³ de agregado, este parámetro nos indica que la arena tiene mayor peso unitario, lo cual resulta lógico por la finura de sus partículas siendo capaz de acaparar mayor volumen y peso, los valores que se determinaron indican que para la condición compactada el agregado gruesa cuenta con un peso unitario compactado de 1570 kg/m³, frente a los 1803 kg/m³ que presenta el agregado fino, estos valores se encuentran dentro de los valores permisibles para agregado a utilizar en mezclas de concreto.

Otro de los parámetros analizados fueron el peso específico y absorción, determinándose que los valores de peso específico fueron de 2630 y 2699 kg/m³ para la grava y la arena, respectivamente. En conjunto a este ensayo se determinaron los valores de absorción de los agregados, determinándose que la arena tiene una absorción de 1.29% y 1.58% para la grava. Estos valores son necesarios para determinar la cantidad de aporte de humedad de los agregados, con lo cual se procede a rectificar los valores de agua dentro de los diseños de mezcla de concreto realizados.

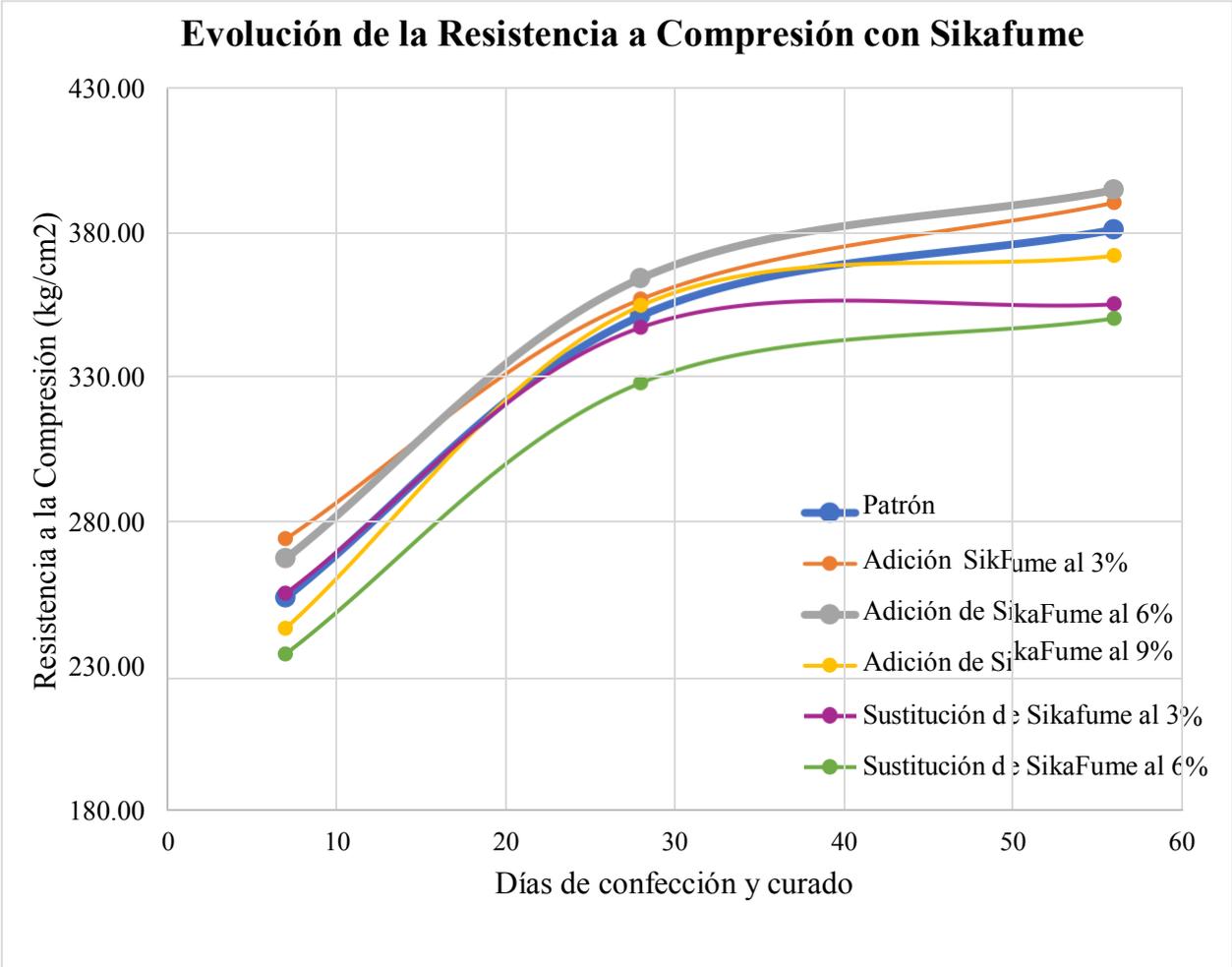
Con los ensayos de caracterización de agregados se determinaron las proporciones de los diseños de mezcla, como se evidencia en la tabla 08. Estas cantidades de materiales se aplicaron tanto para los microsílíce en marca Sika y Z Aditivos.

Durante la corroboración y amasado de cada diseño de mezcla de concreto para las diversas adiciones y sustituciones porcentuales de microsílíce se desarrollaron ensayos en el concreto fresco. En la tabla 08, podemos apreciar que inicialmente la mezcla patrón tenía un Slump de 5 ¼ pulgadas, el cual es un valor bastante trabajable y presentaba un peso unitario equivalente a 2325 kg/m³. Al adicionar el microsílíce Sikafume, se obtuvo que el Slump iba descendiendo conforme se aumentaba la cantidad de microsílíce. Para el contenido óptimo de Sikafume, es decir al 6%, se obtuvo que el Slump bajo 1 pulgada, lo cual indica que la microsílíce tiende a quitar agua de la mezcla, reduciendo su trabajabilidad. Asimismo, para el contenido óptimo de Microsílíce Z, es decir también el 6% de adición se determinó que su Slump se ve reducido en 2 pulgadas, es decir el microsílíce Z reduce aun más las propiedades de trabajabilidad del concreto, esta condición ocurre debido que el grano de Microsílíce Z es de mayor diámetro por lo que su absorción tiende a ser mayor con respecto a Sikafume. Es por ello que se recomienda que al trabajar con microsílíce se utilicen superplastificantes, de esta manera se preservaría o mejoraría la trabajabilidad de las mezclas de concreto.

Otra de las propiedades analizadas está referida al peso unitario del concreto, donde se evidencia que el concreto patrón tiene un valor de 2325 kg/m³ y conforme se agrega microsílíce este valor se ve reducido, para los porcentajes óptimos de 6% con Sikafume el peso unitario se redujo a 2299 kg/m³, es decir hubo un descenso de 26 kg/m³, casi equivalente con los 34kg de microsílíce que se tendría que se añadieron en el diseño de mezcla como se aprecia en las proporciones de la tabla 08, es decir al ingresar un material mas ligero (microsílíce) el volumen del concreto aumenta pero su peso unitario se ve reducido debido a que el microsílíce posee menor peso específico que el cemento. De la misma manera, con la adición de Microsílíce Z al 6% este valor de peso unitario se reduce a 2322 kg/m³ un poco mas pesado que las adiciones con Sikafume.

Con respecto a los ensayos de concreto endurecido, los valores de resistencia a compresión determinados en los ensayos sugieren que, el microsílíce si genera mejora en los valores de resistencia, podemos ver en la Gráfica 06 la evolución de la resistencia para las adiciones y sustituciones con Sikafume, donde se puede apreciar que la evolución de concreto patrón (línea azul) presenta una evolución de resistencia similar a las adiciones de 3% y 6% sin embargo con valores de resistencia por debajo de las adiciones, lo cual sugiera que la microsílíce presente en la mezcla de concreto potencia las características de los silicatos del cemento logrando una mayor resistencia.

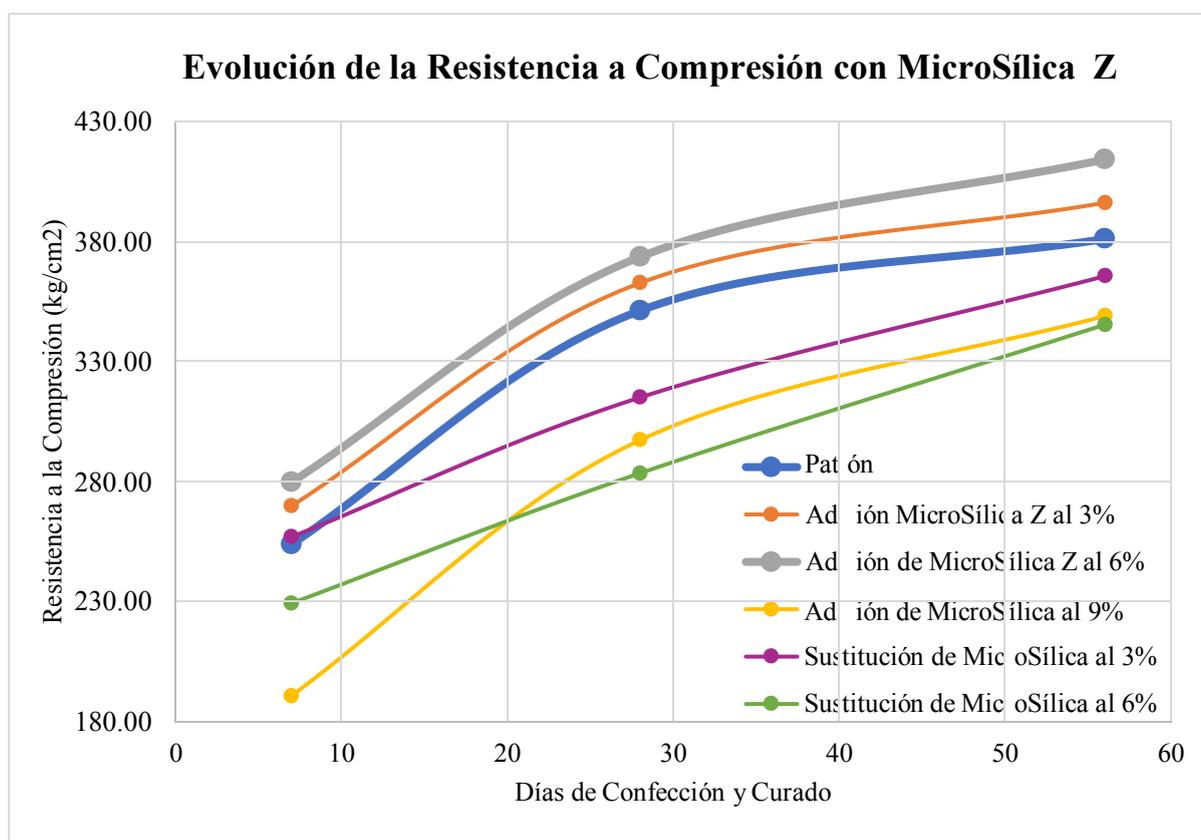
Gráfica 06. Evolución de la resistencia a compresión con Microsílíce Sikafume.



También en la gráfica 06, se puede apreciar que en las tendencias de las adiciones con 3% (línea anaranjada) presenta una mejor respuesta inicial que las adiciones de 6% (línea gris) a la

edad de ensayo de 07 días. Lo cual sugiera que a mayor cantidad de silicatos, existe una demora en el proceso de fragua de las microsíllice, lo cual refuerza la teoría de que las microsíllice presentan mejorar comportamientos mecánicos cuando se tiene mayor tiempo de curado, de esta manera en nuestra investigación el mejor comportamiento para la marca Sika, con su aditivo de microsíllice Sikafume presenta un mejor comportamiento con el contenido optimo de 6% de microsíllice con respecto al peso de cemento, presentando una resistencia de 394.59 kg/cm² a 56 días de curado, una resistencia de 364.04 kg/cm² a edad de 28 días.

Gráfica 07. Evolución de la resistencia a compresión con Microsílica Z



En la grafica 07, se puede observar la evolución de la resistencia para los diseños de mezcla de concreto con adiciones y sustituciones de aditivo Microsílica Z de la marca Z aditivos. Como se parecía en la gráfica, las adiciones de Microsílica Z presentan un comportamiento lineal, en algunos casos, que sugiera que el aditivo tiene un comportamiento poco usual, lo cual sugiera que el aditivo tienda a ser un poco inestable, debido a que teóricamente el comportamiento de

la resistencia tiende a ser del 70 a 75% de la resistencia en los primeros 07 días de curado, y luego a los 28 días valores superiores al 100% del diseño de mezcla, sin embargo, en el caso de las sustituciones con aditivo Microsílica Z, tanto al 3% (línea morada) como al 6% (línea verde) presentan una tendencia lineal, con lo cual podemos indicar que el comportamiento de MicroSílica Z no es semejante a un material cementante. Por lo cual se descarta el uso de microsílíce de marca Z aditivos como un material reemplazo; sin embargo, como adición vemos que el comportamiento de la evolución del concreto es similar a lo indicado por la teoría. Por lo que las adiciones funcionan muy bien en generar ganancias en las propiedades de resistencia mecánica del concreto, como se puede apreciar en la grafica 07, los porcentajes de 3% (línea anaranjada) y 6% (línea gris), presentan resistencias superiores a la mezcla patrón en todas las pruebas a compresión realizadas para los diversos días de curado del concreto. Por lo tanto, de la grafica podemos deducir que el porcentaje idea de adición de Microsílica Z corresponde al 6%, pues con este se logró la mejor respuesta mecánica del concreto, llegando a alcanzar valores de 279.61 kg/cm² a 07 días de curado, 373.49 kg/cm² para 28 días de curado y 414.05 kg/cm² a edad de 56 días. Siendo este el valor mas alto de resistencia mecánica comparando ambas marcas de aditivo Microsílíce empleado.

5.1.2. Discusión comparativa con los antecedentes.

A diferencia de Caiza (2017) en su investigación indica que la sustitución al 11% de microsílíce por cemento es la que presenta mejor comportamiento a compresión, sin embargo, hemos evidenciado en nuestra investigación que para las sustituciones no se logro un aumento de la resistencia con respecto a la resistencia patrón ni con las sustituciones de 3 o 6% se logro aumentar la resistencia de esta manera es que no recomendamos realizar sustituciones de microsílíce por cemento, consecuentemente podemos indicar que la microsílíce no presenta las propiedades cementantes del clinker pulverizado (cemento) sino que ayuda a potenciar los silicatos presentes en el concreto logrando mejorar la resistencia,

es por ello que la adición de microsílíce funciona muy bien mas no la sustitución o reemplazo parcial por cemento.

Según Fernández, D. y Ramos, H. (2019) en su investigación nos indica que a una edad de 63 días obtuvieron un concreto con una ganancia de 22.09% para las adiciones de 7.5% de microsílíce , con lo cual se evidencia que la microsílíce influye de manera positiva en a la resistencia a compresión del concreto. Comparativamente, en nuestra investigación podemos señalar que se obtuvo un porcentaje ideal de adición al 6%, tanto para las marcas Sikafume como Microsílíce Z, pues con esta adición se lograron los valores máximos de resistencia para aditivo. En el caso de Sikafume al 6% se obtuvo una mejora de 14 kg/cm² a una edad de 56 días y para el caso de adiciones con Microsílíce Z al 6% se obtuvo una mejora de 33 kg/cm² con respecto a la mezcla patrón, con lo que se puede decir que las adiciones de microsílíce si influyen en la resistencia a compresión del concreto.

Como señala Molina, F. y Chara, H. (2017), en su investigación utilizaron Nanosílíces los cuales aumentaban el peso unitario del concreto, esto se debe a que las partículas de nanosílíce debido a su tamaño logran ocupar peso en los vacíos de la pasta de cemento potenciando al cemento, sin embargo en nuestra investigación al utilizar microsílíce comercial presentaba un aspecto de grano similar a una arena fina (Sikafume) y de grano un poco mas grueso en el caso de Microsílíce, es por ello, que nuestro microsílíce redujo el peso unitario de los concretos elaborados.

Al igual que indica Pachacútec y Vilca (2018), los autores señalan que el concreto a edades tempranas no representa un gran incremento en resistencia, sin embargo, a mayor tiempo de curado, se podrá apreciar una mejor evolución de la resistencia a compresión, es por ello que en los valores de resistencia ensayos a 56 días, se obtiene una brecha mayor entre la resistencias a compresión de los valores óptimos de 6% de microsílíce con respecto

a la resistencia patrón, de esta manera validamos que la resistencia a compresión de mezclas con microsilíce requieren de mayor tiempo de curado, pero esto también garantiza la durabilidad de las estructuras de concreto.

En contradicción a lo indicado por Vega (2019), el cual indica en su investigación que los valores de Slump se mantuvieron constantes en 4 pulgadas debido a que la microsilíce genera en la mezcla una mayor cantidad de pasta, caso contrario ocurrió en nuestra investigación donde pudimos corroborar que la presencia de adición de microsilíce reduce la trabajabilidad de la mezcla, debido a que las humedades no fueron aumentadas y el material cementicio aumento con la presencia del microsilíce lo cual repercute en la reducción del Slump.

Zúñiga y Condori (2019), nos indican que las adiciones de microsilíce, en su caso de Chema Fume, si influyen en la resistencia a la compresión del concreto, indicando que su porcentaje idóneo de aditivo es del 8%, a diferencia nuestra que tanto para Sikafume como para Microsilíce Z obtuvimos un porcentaje ideal de adición al 6%, asimismo los autores señalan que obtuvieron un aumento de resistencia de 312.22 a 334.89 kg/cm²; para nuestra investigación nuestra mezcla patrón alcanzo una resistencia promedio a 56 días de 380.94 kg/cm² y nuestro valor de resistencia más alto con Sikafume al 6% llego a 394.59 kg/cm² y en el caso de Microsilíce Z llegó a 414.05 kg/cm². Demostrándose de esta manera que los aditivos como el microsilíce aporta y mejorar las propiedades resistentes.

Como indica Anicama (2020), en su investigación nos indica que no es recomendable utilizar adiciones de microsilíce que superen el 15%, debido que a mayor cantidad de microsilíce menor trabajabilidad tendría el concreto en estado fresco, dato que se confirma en nuestra investigación, pues las adiciones con mayor cantidad de microsilíce redujeron la trabajabilidad, por eso nosotros recomendamos que se sigan las recomendaciones de las

fichas técnicas de los productos los cuales indican que no se puede emplear el microsílíce en porcentajes entre 2 a 10%, sin embargo, hemos demostrado de manera científica que las adiciones al 6% de microsílíce ofrecen un mejor comportamiento mecánico de la resistencia a compresión, cabe señalar que en nuestra investigación utilizamos aditivos plastificante, el cual se mantuvo constante en toda la investigación, dejamos para futuras líneas de investigación experimentar con distintas variaciones de plastificantes o superplastificantes que impactaría de distinta manera en las propiedades de trabajabilidad y resistencia del concreto.

Como se ha demostrado, los valores encontrados y determinados en nuestra investigación simpatizan con los resultados y conclusiones de investigaciones predecesoras, lo cual evidencia la buena metodología empleada en las distintas etapas de investigación. De esta manera podemos indicar que nuestros valores son válidos, logrando resultados confiables.

5.2. CONCLUSIONES

Habiendo realizado los procedimientos respectivos de las metodologías utilizadas, y procesando debidamente los datos recolectados de nuestra investigación se puede concluir que:

- Se determinó que el microsílíce sí influye en las propiedades físicas y mecánicas del concreto en los distintos porcentajes de adición y sustitución, tanto para las marcas Sikafume y Microsílíce Z, para un concreto con relación A/C de 0.40.
- Se realizaron ensayos de caracterización de los agregados pétreos concluyéndose que el material extraído de cantera el Milagro, cumple con los husos granulométricos y valores estándares de sus propiedades físicas y mecánicas, por lo que se pueden utilizar para la confección de concreto.

- Se realizaron diseños de mezcla para adiciones porcentuales de microsilíce al 3%, 6% y 9%, y diseños para sustituciones de 3% y 6%, conservando la relación a/c de 0.40, y siendo un valor constante la cantidad de aditivo plastificante a emplear, y como variable las cantidades de microsilíce para las marcas Microsilíce Z y Sikafume.
- Se logró determinar que para ambas marcas de Microsilíce, el contenido óptimo de adición mineral es de 6%, que para la marca Sikafume a 56 días obtuvo resistencias superiores a 394.59 kg/cm² y para la marca Microsilíce Z llegó a 414.05 kg/cm², superando ambas a la resistencia patrón.
- Se determinaron que las propiedades del concreto en estado fresco se vieron afectadas debido a la presencia del microsilíce. Para el caso de los ensayos de asentamiento o Slump, se determinó que el microsilíce reduce la trabajabilidad del concreto, siendo Microsilíce Z la que menor asentamiento produjo en su adición al 9%, reduciendo el Slump de 5 1/4 pulg (concreto patrón) a 2 1/4 pulg y Sikafume logró 3 1/2 pulgadas para el mismo porcentaje de adición.
- Para ambas marcas de microsilíce empleadas, se determinó que ambos reducen el peso unitario del concreto en estado fresco, esto se debe a que el microsilíce comercial presenta un grano con un módulo de fineza mayor al de cemento y un peso específico menor al de cemento.
- Se determinó que el microsilíce, tanto en la marca Sikafume o Microsilíce Z no influye en los valores de temperatura del concreto durante su estado fresco.
- Se determinó que las adiciones de microsilíce al 3% y 6%, para Sikafume y Microsilíce Z logran mejorar las propiedades de resistencia a compresión del concreto en todos los días de curado y ensaye, es decir para roturas a 07, 28 y 56 días, el desempeño del concreto con estas adiciones fue superior al concreto patrón.

- Se determinó que las adiciones al 9% no mejoran las propiedades físicas y mecánicas del concreto ni a edades tempranas o tardías, y tampoco generan ningún aporte en sus propiedades en estado fresco tanto para las marcas Sikafume y Microsílica Z. De la misma manera ocurrió con las adiciones de 3% y 6% de ambas marcas, las cuales no lograron mejorar las propiedades del concreto con relación $A/C = 0.40$.

5.3. Recomendaciones

- Se recomienda seguir la línea de investigación utilizando microsílíce de diversas marcas comerciales utilizando superplastificantes de manera constante o variable a fin de determinar las influencias en las propiedades del concreto.
- Se recomienda realizar mayores investigaciones sobre el microsílíce y su influencia en el concreto, con diversas relaciones a/c.
- Se recomienda seguir siempre los lineamientos normativos tanto de la RNE como las normas técnicas peruanas a fin de realizar de manera correcta los procedimientos y garantizar la validez de los datos obtenidos.
- Se recomienda conservar los agregados en zonas techadas, a fin de que no se vean afectadas por factores climáticos, como en nuestro caso fueron almacenadas bajo sombra en cilindros y sacos, con la finalidad de preservar la humedad.
- Se recomienda realizar los ensayos de manera objetiva, a fin de garantizar la información presentada en nuestras investigaciones, no olvidar que, si se obtienen datos contradictorios a nuestras hipótesis, no quiere decir que se obtengan valores no válidos, es parte de la experimentación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anicama, L. (2020). *Aplicación de aditivo microsílíce, y superplastificante para el diseño de mezclas de concreto de alto desempeño, Lima 2019*. Perú: Universidad Cesar Vallejo, Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil
- Budenheim (2020). *Soluciones, Construcción Concreto*. Recuperado de: <https://www.budenheim.com/es/soluciones/construccion/concreto/>
- Caiza, K. (2017). *Estudio Comparativo de la Resistencia a Compresión entre el Hormigón ($f'c=240$ kg/cm²), Hormigón con Adición de Microsílíce y Hormigón con Adición de Ceniza de Cáscara de Trigo utilizando Agregados Pertenecientes a la Planta de Trituración "Jaime Vaca" del Canton Tena de la Provincia de Napo*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil.
- Cementos Pacasmayo. (2017). *Cemento Portland tipo I. Cementos Pacasmayo*.
- Fernández, D. y Ramos, H. (2019). *Influencia de la Microsílíce sobre la Resistencia a la Compresión de Concretos con Relaciones Agua/Cemento 0.30, 0.35 y 0.40 Trujillo 2019*. Perú: Universidad Privada del Norte, Tesis para optar título profesional de ingeniero civil.
- George, D. y Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference 11.0 update*. 4ta Edición. Boston.
- Molina, C. y Sencara J. (2018). *Evaluación de la Resistencia a la Compresión y Flexión de un Concreto de Alta Resistencia reutilizado en la Etapa de Fraguado* Perú: Universidad Nacional de San Agustín, Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil.

- Molina, F. y Chara H. (2017). *Influencia de la Adición de Nanosílice en las Propiedades de un Concreto de Alta Resistencia para la Ciudad de Arequipa*. Perú: Universidad Nacional de San Agustín, Tesis para optar título profesional de ingeniero civil.
- Norma Técnica Peruana (2009). *NTP. 339. 033. Hormigón (Concreto). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima, Indecopi.
- Norma Técnica Peruana (2008). *NTP. 339. 034. Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Indecopi.
- Norma Técnica Peruana (2009). *NTP. 339. 035. Hormigón (Concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima, Indecopi.
- Norma Técnica Peruana (2008). *NTP. 339. 046. Hormigón (Concreto). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire del hormigón (Concreto)*. Lima, Indecopi.
- Norma Técnica Peruana (2006). *NTP. 339. 047. Hormigón (Concreto). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados*. Lima, Indecopi.
- Norma Técnica Peruana (2006). *NTP. 339. 088. Hormigón (Concreto). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. Lima, Indecopi.
- Norma Técnica Peruana (2002). *NTP. 339. 184. Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto)*. Lima, Indecopi.

Norma Técnica Peruana (2002). *NTP. 339. 185. Agregados. Método de Ensayo Normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado*. Lima, Indecopi.

Norma Técnica Peruana (2001). *NTP. 400.012. Agregados. Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Indecopi.

Norma Técnica Peruana (2011). *NTP. 400.017. Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados*. Lima, Indecopi.

Norma Técnica Peruana (2002). *NTP. 400.021. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima, Indecopi.

Norma Técnica Peruana (2002). *NTP. 400.022. Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. Lima, Indecopi

Pachacútec, Yehude y Vilca, Ninger. (2018). *Estudio Comparativo de la Determinación de Propiedades de Resistencia en el Concreto utilizando Micro y Nano Sílice con Agregados de la Cantera Cutimbo-Puno*. Perú: Universidad Nacional del Altiplano, Tesis para optar título profesional de ingeniero civil.

Roldan, L. y Vargas, J. (2018). *Diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando Sika Viscocrete SC-50 y GAIA*. Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. Tesis para optar título profesional de ingeniero civil.

Toxement, Euclid Group (2016). *Microsilice Versión 2016*. Recuperado de: https://www.toxement.com.co/media/3379/microsi-lice_p.pdf

Vega, Eric. (2019). *Evaluación experimental del uso de Microsilice para la Elaboración de Concreto de Alta Resistencia*. Perú: Universidad de Piura, Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil.

Zuñiga, M. y Condori, Y. (2019). *Influencia de Adiciones de Microsilice en la Resistencia a la Compresión del Concreto producido con Agregados de la Cantera de Arunta de la ciudad de Tacna*. Perú: Universidad Privada de Tacna, Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil

ANEXOS.

ANEXO 01. PANEL FOTOGRÁFICO DE ENSAYOS EN LABORATORIO



Figura 01. Ensayos de Granulometría del agregado grueso.

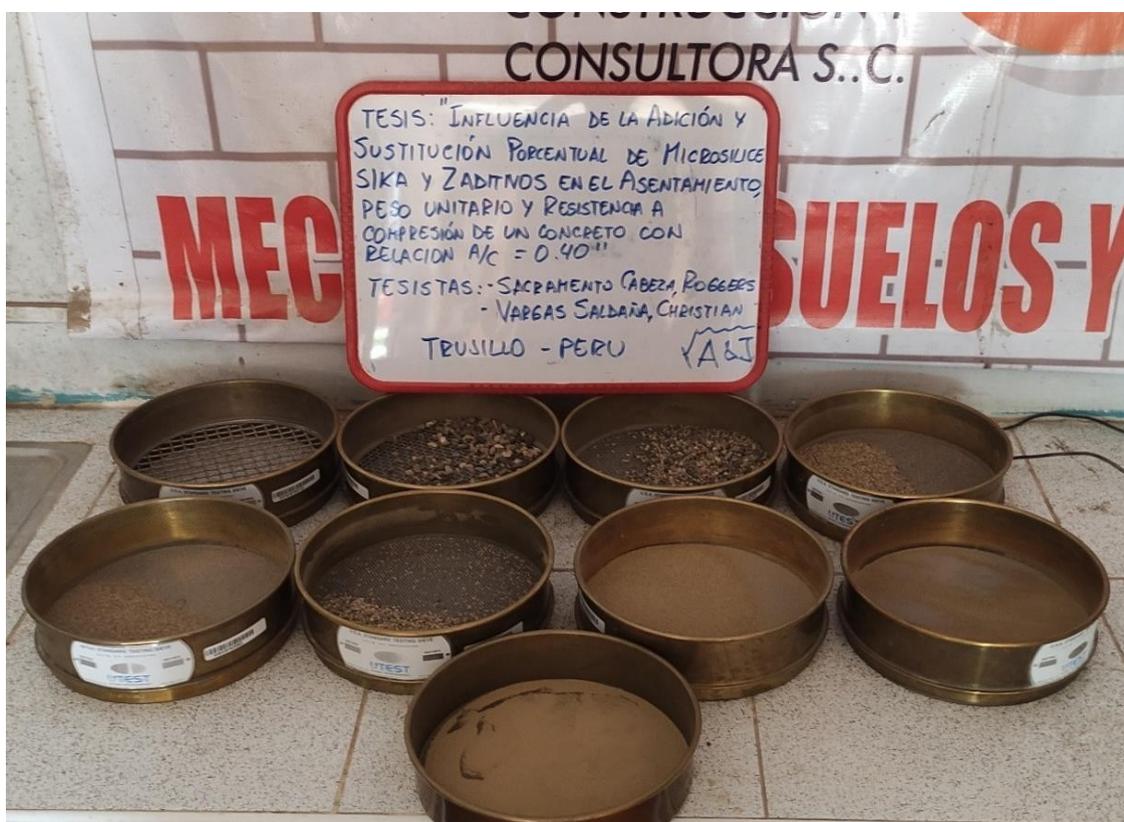


Figura 02. Ensayos de Granulometría del agregado fino.



Figura 03. Ensayos de Peso Unitario Compactado del agregado grueso.



Figura 04. Ensayos de Peso Unitario Compactado del agregado fino.

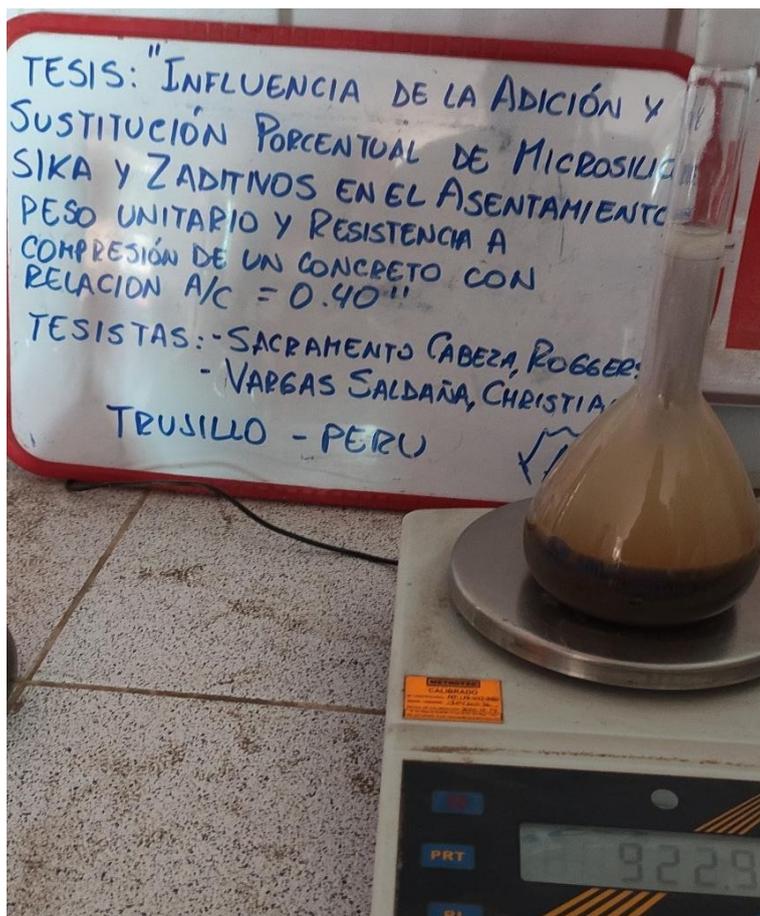


Figura 05. Ensayos de Peso Específico del agregado fino.

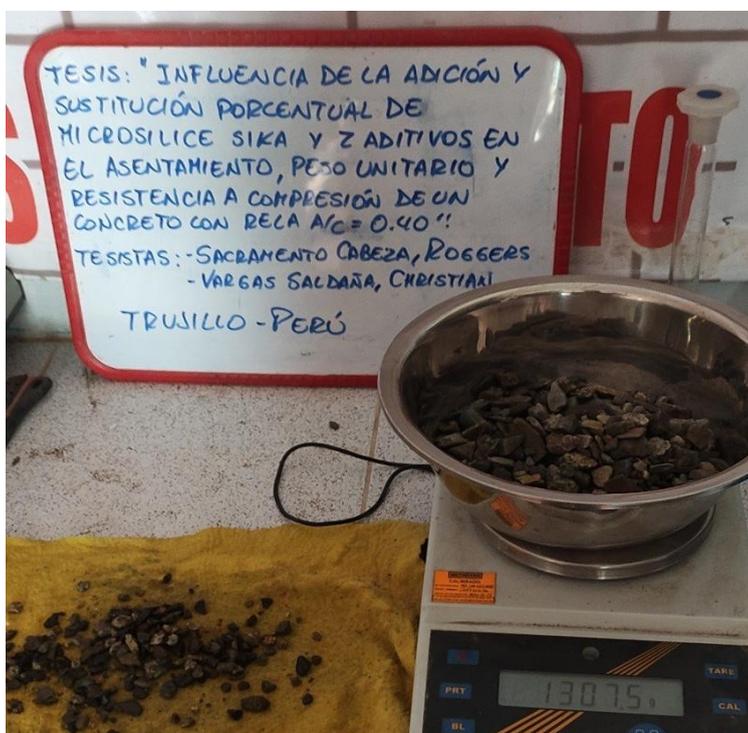


Figura 06. Ensayos de Peso Específico del agregado grueso, peso SSS.



Figura 07. Ensayos de Peso Específico del agregado grueso, peso sumergido



Figura 08. Ensayo de Asentamiento para Concreto Patrón.



Figura 09. Ensayo de Asentamiento para Concreto con adición Sikafume al 3%

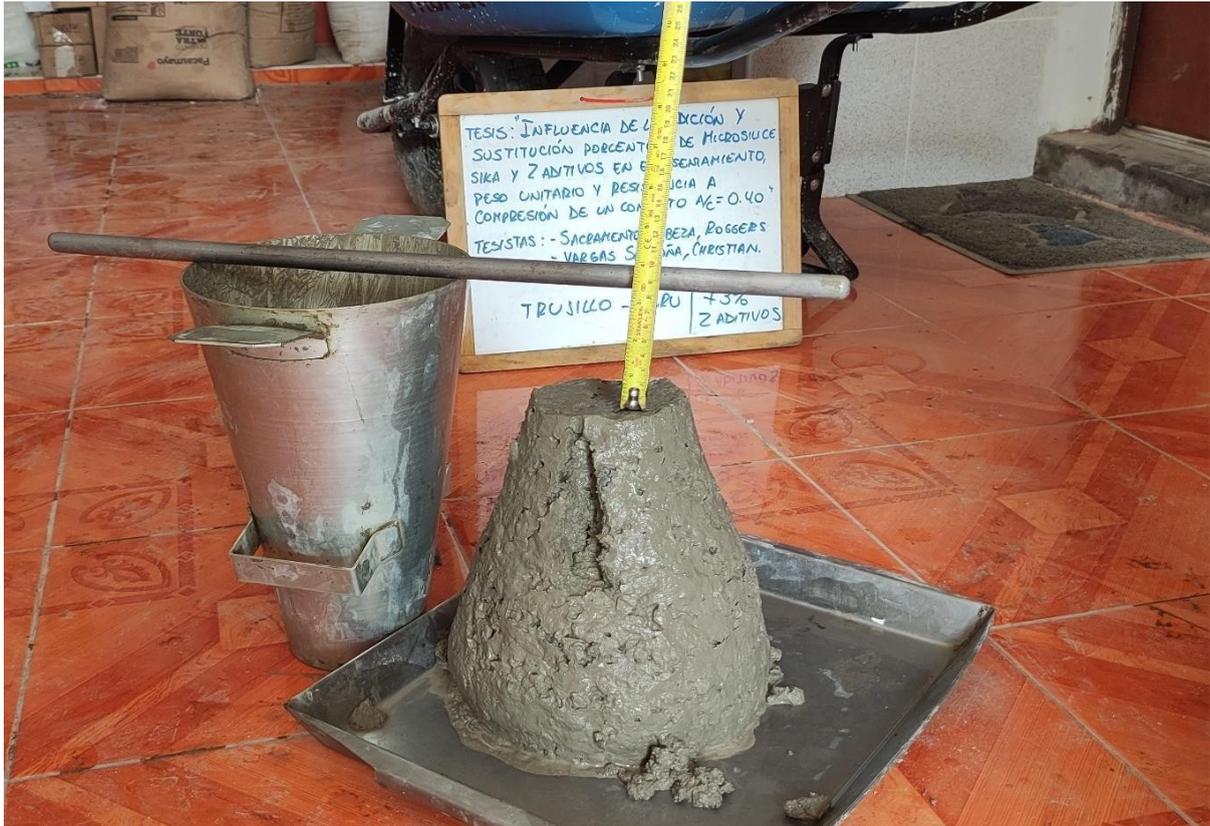


Figura 10. Ensayo de Asentamiento para Concreto con adición Z Silica al 3%



Figura 11. Ensayo de Asentamiento para Concreto con adición Sikafume al 6%



Figura 12. Ensayo de Asentamiento para Concreto con adición Z silica al 6%



Figura 13. Ensayo de Asentamiento para Concreto con adición Sikafume al 9%

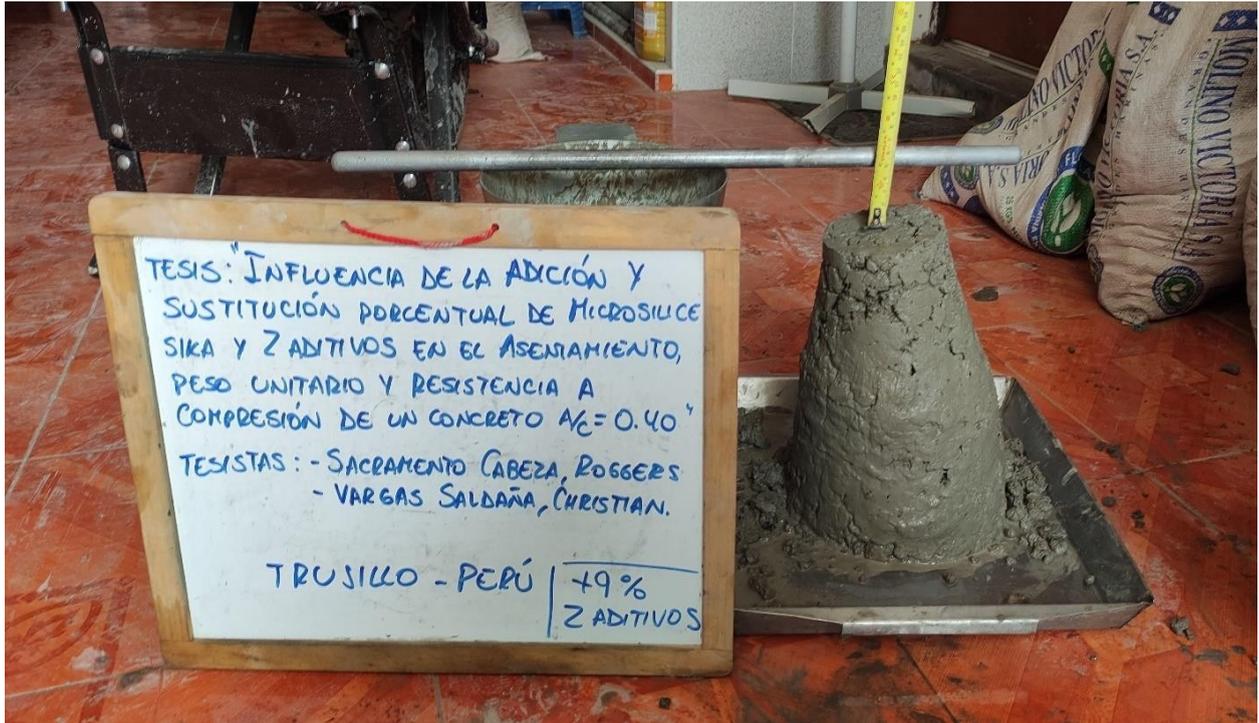


Figura 14. Ensayo de Asentamiento para Concreto con adición Z silica al 9%



Figura 15. Confección de probetas Cilíndricas



Figura 16. Ensayo de Peso Unitario para Concreto Patrón.



Figura 17. Ensayo de Peso Unitario para Concreto con adición de Sikafume al 3%.



Figura 18. Ensayo de Peso Unitario para Concreto con adición de Z Silica al 3%.



Figura 19. Ensayo de Peso Unitario para Concreto con adición de Sikafume al 6%.



Figura 20. Ensayo de Peso Unitario para Concreto con adición de Z Silica al 6%.

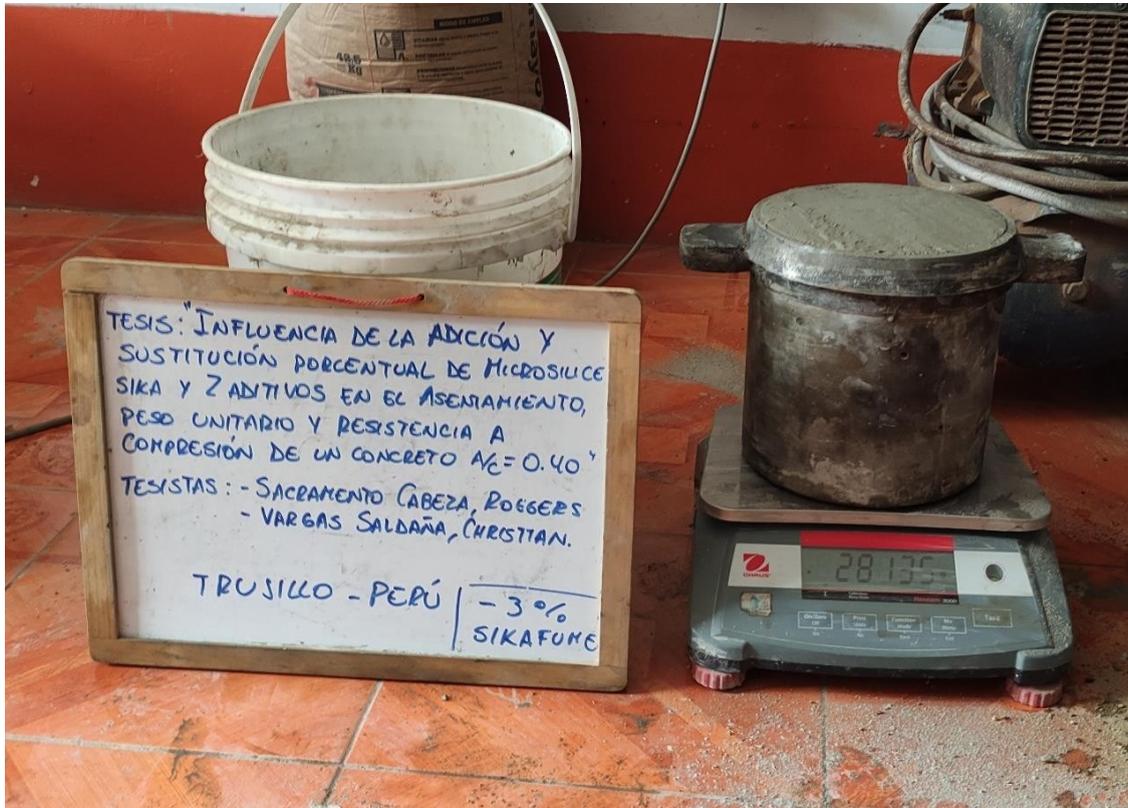


Figura 21. Ensayo de Peso Unitario para Concreto con Sustitución de Sikafume al 3%.



Figura 22. Ensayo de Resistencia a compresión a 07 días de concreto patrón



Figura 23. Ensayo de Resistencia a compresión a 07 días con adición de Sikafume al 3%.

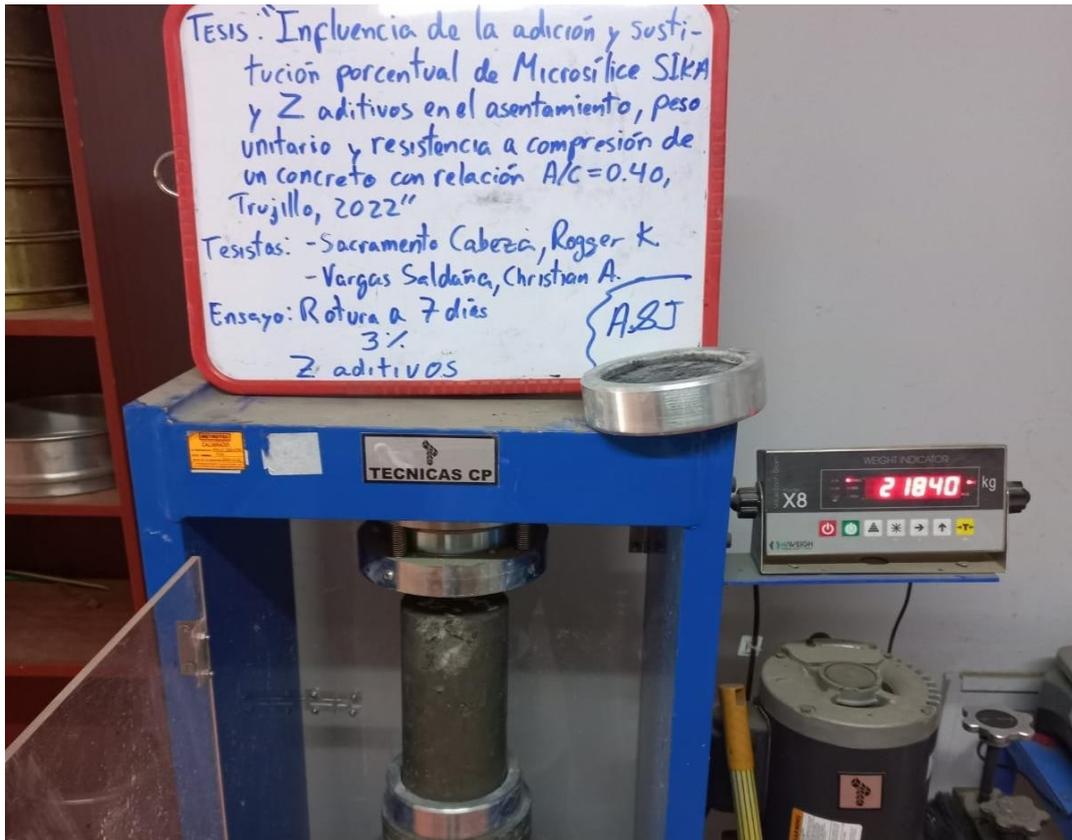


Figura 24. Ensayo de Resistencia a compresión a 07 días con adición de MicroSilica Z al 3%.

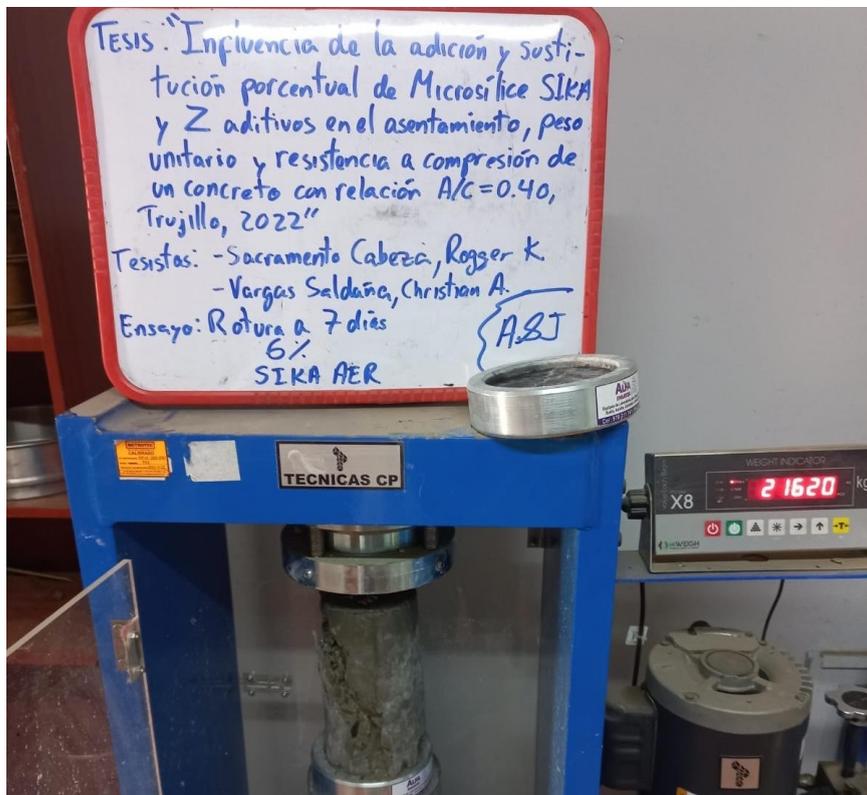


Figura 25. Ensayo de Resistencia a compresión a 07 días con adición de Sikafume al 6%.



Figura 26. Ensayo de Resistencia a compresión a 07 días con adición de MicroSilica Z al 6%.



Figura 27. Ensayo de Resistencia a compresión a 07 días con adición de Sikafume al 9%

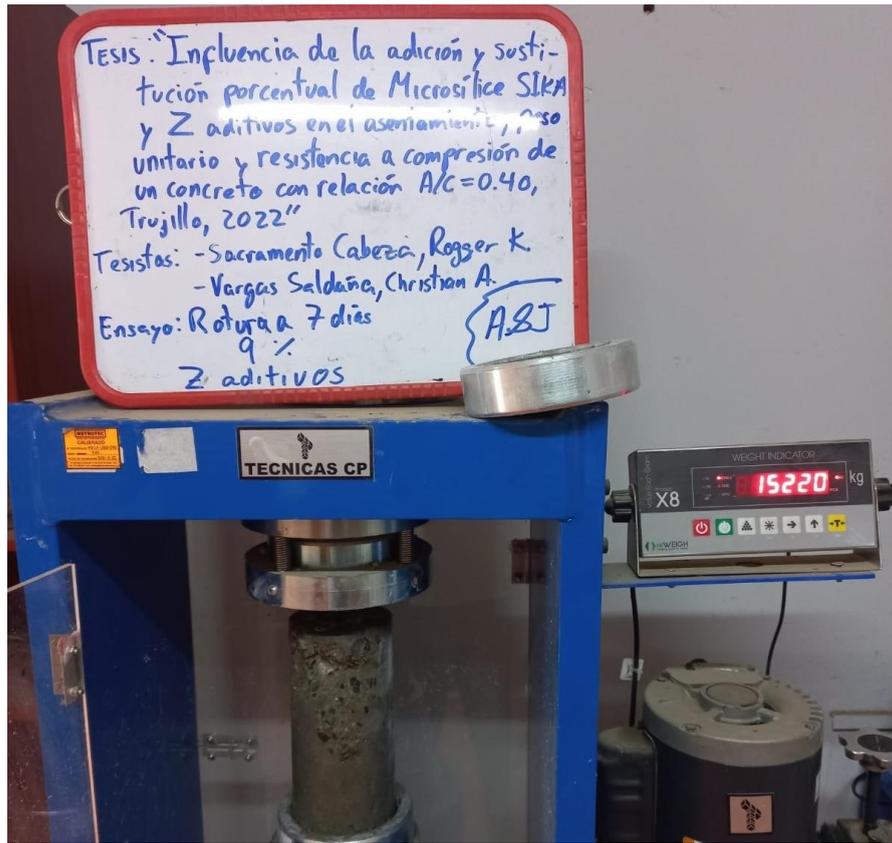


Figura 28. Ensayo de Resistencia a compresión a 07 días con adición de MicroSilica Z al 9%.

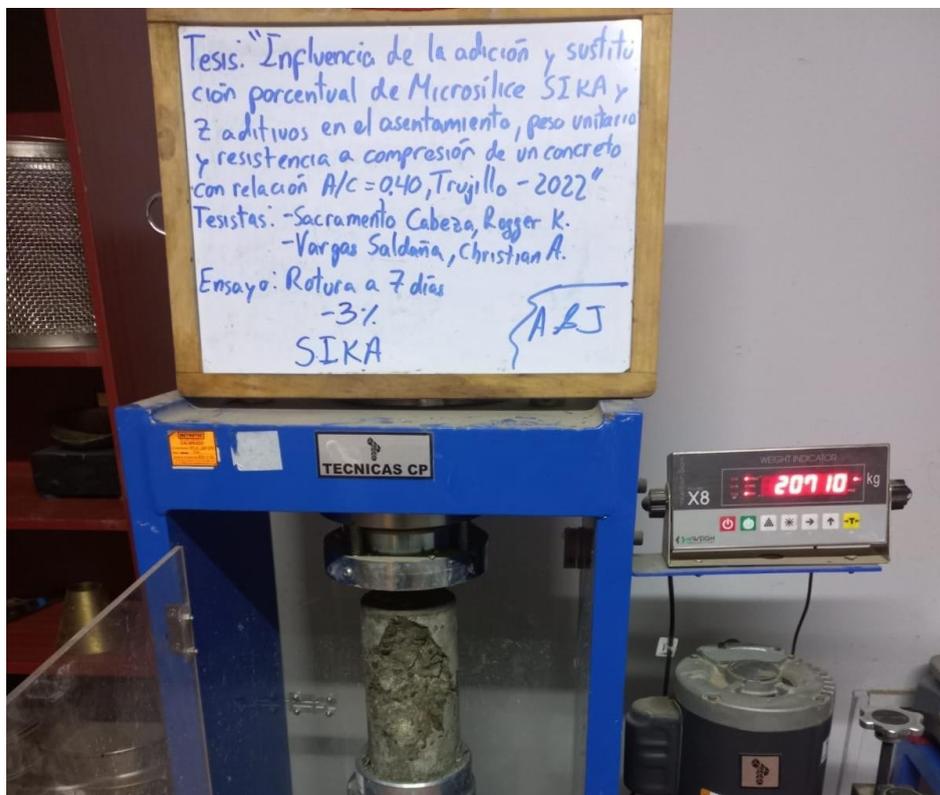


Figura 29. Ensayo de Resistencia a compresión a 07 días con sustitución de Sikafume al 3%



Figura 30. Ensayo de Resistencia a compresión, 07 días con sustitución de MicrosilicaZ al 3%

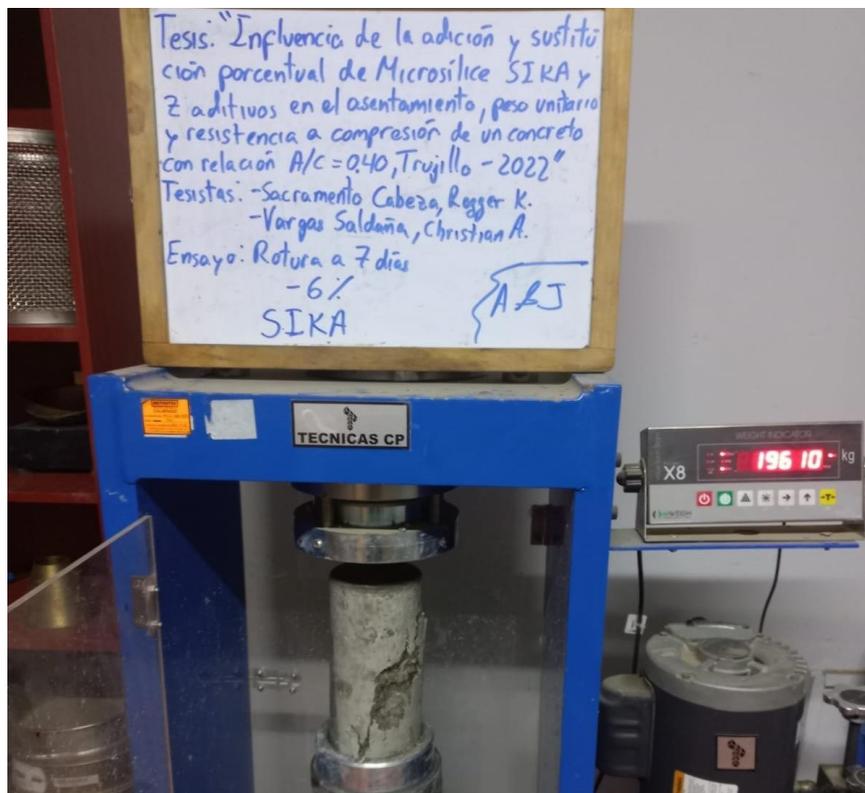


Figura 31. Ensayo de Resistencia a compresión a 07 días con sustitución de Sikafume al 6%



Figura 32. Ensayo de Resistencia a compresión, 28 días Concreto Patrón



Figura 33. Ensayo de Resistencia a compresión a 28 días con adición de Sikafume al 3%



Figura 34. Ensayo de Resistencia a compresión a 28 días con adición de MicroSílica Z al 3%.



Figura 35. Ensayo de Resistencia a compresión a 28 días con adición de Sikafume al 6%



Figura 36. Ensayo de Resistencia a compresión a 28 días con adición de MicroSilica Z al 6%



Figura 37. Ensayo de Resistencia a compresión a 28 días con adición de Sikafume al 9%



Figura 38. Ensayo de Resistencia a compresión a 28 días con adición de MicroSílca Z al 9%



Figura 39. Ensayo de Resistencia a compresión a 28 días con sustitución de Sikafume al 3%



Figura 40. Ensayo de Resistencia a compresión, 28 días con sustitución de MicrosílicaZ al 3%



Figura 41. Ensayo de Resistencia a compresión a 28 días con sustitución de Sikafume al 6%



Figura 42. Ensayo de Resistencia a compresión, 28 días con sustitución de MicrosílicaZ al 6%



Figura 43. Ensayo de Resistencia a compresión, 56 días Concreto Patrón



Figura 44. Ensayo de Resistencia a compresión a 56 días con adición de Sikafume al 3%



Figura 45. Ensayo de Resistencia a compresión a 56 días con adición de MicroSílica Z al 3%



Figura 46. Ensayo de Resistencia a compresión a 56 días con adición de Sikafume al 6%



Figura 47. Ensayo de Resistencia a compresión a 56 días con adición de MicroSílica Z al 6%



Figura 48. Ensayo de Resistencia a compresión a 56 días con adición de Sikafume al 9%

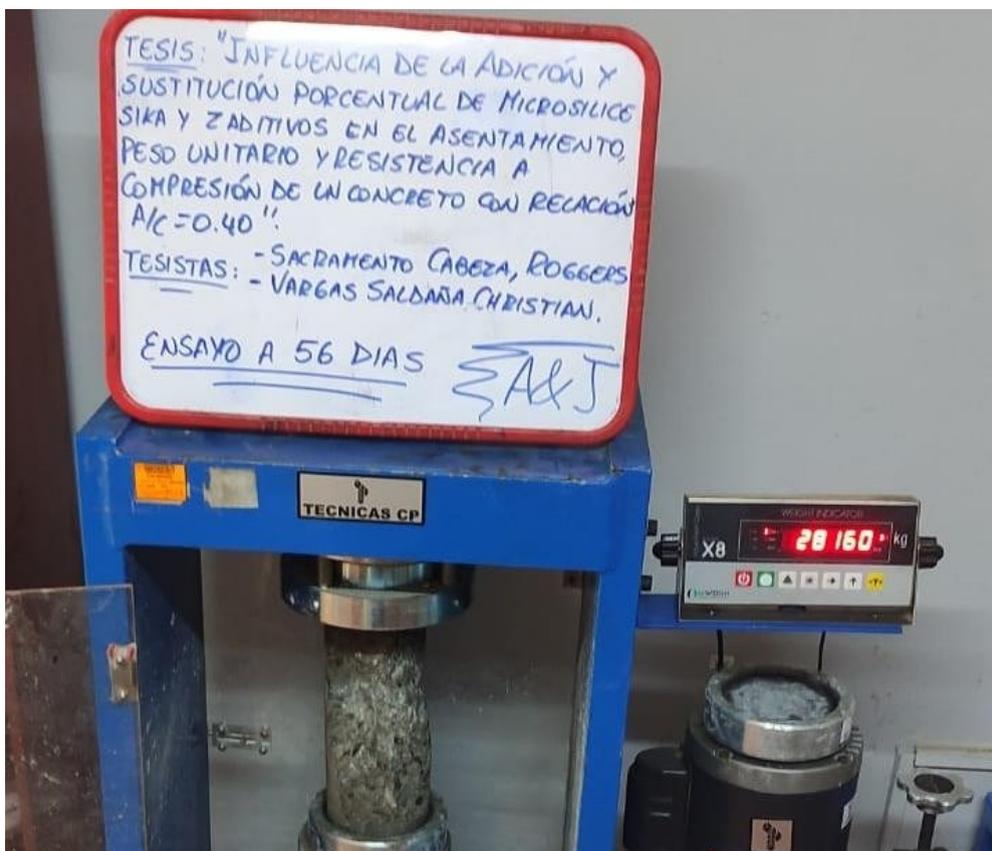


Figura 49. Ensayo de Resistencia a compresión a 56 días con adición de MicroSílca Z al 9%



Figura 50. Ensayo de Resistencia a compresión a 56 días con sustitución de Sikafume al 3%



Figura 51. Ensayo de Resistencia a compresión, 56 días con sustitución de MicrosílicaZ al 3%



Figura 52. Ensayo de Resistencia a compresión a 56 días con sustitución de Sikafume al 6%



Figura 53. Ensayo de Resistencia a compresión, 56 días con sustitución de MicrosilicaZ al 6

ANEXO N°02: CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



CERTIFICADO DE ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS CON FINES DE DISEÑO DE MEZCLA

1. DATOS DEL SOLICITANTE

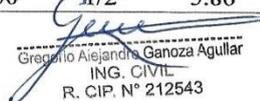
- SOLICITANTE: SACRAMENTO CABEZA, R./ VARGAS SALDAÑA, C.

2. DIAGNÓSTICO:

CORPORACIÓN A&J SAC, EMITE EL SIGUIENTE CERTIFICADO EL CUAL EVIDENCIA LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS PETREOS CON FINES DE DISEÑO DE MEZCLA, PARA LO CUAL SE REALIZARON ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD, PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO, GRANULOMETRIA O TAMIZADO EN SECO, PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS, PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN Y SUTITUCIÓN PORCENTUAL DE MICROSÍLICE SIKA Y Z ADITIVOS EN EL ASENTAMIENTO, PESO UNITARIO Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON RELACIÓN A/C= 0.40".

TABLA 01. RESUMEN DE LOS VALORES DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS.

Material	Contenido de humedad (%)	Absorción (%)	Peso unitario (Kg/m ³)		Peso específico (Kg/m ³)	Tamaño Máximo Nominal	Módulo de finura
			Suelto	Compacto			
A.F	1.57	1.29	1,633	1,803	2,699	N°04	2.68
AG.	0.6	1.58	1,432	1,570	2,630	1/2"	5.86


Gregorio Alejandro Ganoza Agullar
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

CERTIFICADO DE ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO

1. DATOS DEL SOLICITANTE

- SOLICITANTE: SACRAMENTO CABEZA, R./ VARGAS SALDAÑA, C.

2. DIAGNÓSTICO:

CORPORACIÓN A&J SAC, EMITE EL SIGUIENTE CERTIFICADO EL CUAL EVIDENCIA LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN DISEÑOS DE MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO, SE REALIZARON ENSAYOS DE PESO UNITARIO, ASENTAMIENTO O SLUMP Y TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO PARA CADA DISEÑO DE MEZCLA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN Y SUTITUCIÓN PORCENTUAL DE MICROSÍLICE SIKA Y Z ADITIVOS EN EL ASENTAMIENTO, PESO UNITARIO Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON RELACIÓN A/C= 0.40".

TABLA 01. RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS EN ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

DISEÑO DE MEZCLA	Temperatura (°C)	Asentamiento (plg)	Peso unitario (Kg/m³)
PATRON	22.60	5 1/4	2,325
SIKA FUME AL 3.00%	22.70	4 1/2	2,316
SIKA FUME AL 6.00%	22.70	4	2,299
SIKA FUME AL 9.00%	23.00	3 1/2	2,292
SIKA FUME SUST AL 3.00%	23.40	4	2,297
SIKA FUME SUST AL 6.00%	23.50	4	2,297
Z ADITIVOS AL 3.00%	23.60	3 1/2	2,324
Z ADITIVOS AL 6.00%	23.70	3	2,322
Z ADITIVOS AL 9.00%	22.60	2 1/4	2,299
Z ADITIVOS SUST. AL 3.00%	22.80	5	2,338
Z ADITIVOS SUST. AL 6.00%	23.00	3 3/4	2,325

[Firma]
Ing. Alejandro Cabeza Aguilar
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

1. DATOS DEL SOLICITANTE

- SOLICITANTE: SACRAMENTO CABEZA, R./ VARGAS SALDAÑA, C.

2. DIAGNÓSTICO:

CORPORACIÓN A&J SAC, EMITE EL SIGUIENTE CERTIFICADO EL CUAL EVIDENCIA LOS RESULTADOS DE LA ROTURA DE TESTIGOS CILINDRICOS, LOS CUALES DETERMINARON VALORES DE RESISTENCIA A DIVERSOS DIAS DE CONFECCIÓN Y CURADO, LOS CUALES COMO SE INDICA EN EL CUADRO RESULTADOS CORRESPONDEN A LA RESISTENCIA A COMPRESION DE CONCRETO DE PROBETAS CILINDRICAS (VER TABLA 01, 02 y 03), EN LOS DIVERSOS DISEÑOS DE MEZCLA DESCRITOS PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN Y SUTITUCIÓN PORCENTUAL DE MICROSÍLICE SIKA Y Z ADITIVOS EN EL ASENTAMIENTO, PESO UNITARIO Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON RELACIÓN A/C= 0.40" EN ADICIÓN SE INDICA QUE LOS VALORES OBTENIDOS CORRESPONDEN A PROBETAS REALIZADAS DENTRO DE NUESTRAS INSTALACIONES CON FINES DE INVESTIGACIÓN, SIGUIENDO LA NORMATIVA VIGENTE Y LOS ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD QUE CORRESPONDEN.


Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar
ING. CIVIL
R. C.I.P. N° 212543

TABLA 01. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DE 07 DÍAS

Diseño de Mezcla	Ítem	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga Máx. (kg)	F ['] c (Kg/ cm ²)	f ['] c prom. (kg/cm ²)	Fecha de elaboración	Fecha de rotura
PATRÓN	1	10.05	79.33	20580.00	259.43	253.70	7/04/2022	14/04/2022
	2	10.15	80.91	20120.00	248.66			
	3	10.10	80.12	20270.00	253.00			
SIKA FUME AL 3%	1	10.20	81.71	22830.00	279.39	273.98	7/04/2022	14/04/2022
	2	10.15	80.91	21720.00	268.43			
	3	10.15	80.91	22180.00	274.12			
Z MICRO SILICA AL 3%	1	10.05	79.33	21840.00	275.32	269.71	7/04/2022	14/04/2022
	2	10.10	80.12	21580.00	269.35			
	3	10.20	81.71	21610.00	264.46			
SIKA FUME AL 6%	1	10.15	80.91	21450.00	265.10	267.17	7/04/2022	14/04/2022
	2	10.15	80.91	21620.00	267.20			
	3	10.10	80.12	21570.00	269.23			
Z MICRO SILICA AL 6%	1	10.05	79.33	22700.00	286.16	279.61	8/04/2022	15/04/2022
	2	10.05	79.33	21960.00	276.83			
	3	10.10	80.12	22100.00	275.84			
SIKA FUME AL 9%	1	10.15	80.91	19370.00	239.39	243.14	8/04/2022	15/04/2022
	2	10.20	81.71	19970.00	244.39			
	3	10.10	80.12	19680.00	245.64			
Z MICRO SILICA AL 9%	1	10.05	79.33	15220.00	191.86	190.67	8/04/2022	15/04/2022
	2	10.15	80.91	14640.00	180.93			
	3	10.10	80.12	15960.00	199.21			
SUST. SIKA FUME AL 3%	1	10.15	80.91	20710.00	255.95	255.18	8/04/2022	15/04/2022
	2	10.20	81.71	20690.00	253.20			
	3	10.10	80.12	20540.00	256.37			
SUST. Z MICRO SILICA AL 3%	1	10.05	79.33	20560.00	259.18	256.82	9/04/2022	16/04/2022
	2	10.05	79.33	20370.00	256.78			
	3	10.10	80.12	20390.00	254.50			
SUST. SIKA FUME AL 6%	1	10.15	80.91	18330.00	226.54	234.27	9/04/2022	16/04/2022
	2	10.15	80.91	19610.00	242.36			
	3	10.10	80.12	18740.00	233.90			
SUST. Z MICRO SILICA AL 6%	1	10.05	79.33	18450.00	232.58	229.18	9/04/2022	16/04/2022
	2	10.10	80.12	18260.00	227.91			
	3	10.10	80.12	18190.00	227.04			

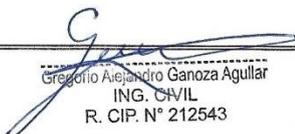

Gregorio Ajeandro Ganoza Agullar
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

TABLA 02. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DE 28 DÍAS

Diseño de Mezcla	Item	D (cm)	Área (cm ²)	Carga Máx. (kg)	F'c (Kg/ cm ²)	f'c prom. (kg/cm ²)	Fecha de elaboración	Fecha de rotura
PATRÓN	1	10.05	79.33	27880.00	351.46	351.09	7/04/2022	5/05/2022
	2	10.15	80.91	28560.00	352.97			
	3	10.10	80.12	27950.00	348.86			
SIKA FUME AL 3%	1	10.20	81.71	28840.00	352.94	356.84	7/04/2022	5/05/2022
	2	10.10	80.12	28410.00	354.60			
	3	10.15	80.91	29370.00	362.98			
Z MICRO SILICA AL 3%	1	10.00	78.54	28970.00	368.86	362.60	7/04/2022	5/05/2022
	2	10.10	80.12	28950.00	361.34			
	3	10.20	81.71	29220.00	357.59			
SIKA FUME AL 6%	1	10.15	80.91	29450.00	363.97	364.04	7/04/2022	5/05/2022
	2	10.20	81.71	29280.00	358.33			
	3	10.10	80.12	29630.00	369.83			
Z MICRO SILICA AL 6%	1	10.05	79.33	29460.00	371.37	373.49	8/04/2022	6/05/2022
	2	10.05	79.33	29810.00	375.79			
	3	10.10	80.12	29910.00	373.32			
SIKA FUME AL 9%	1	10.15	80.91	27780.00	343.33	354.60	8/04/2022	6/05/2022
	2	10.20	81.71	29020.00	355.15			
	3	10.10	80.12	29270.00	365.33			
Z MICRO SILICA AL 9%	1	10.05	79.33	23460.00	295.74	297.15	8/04/2022	6/05/2022
	2	10.05	79.33	23920.00	301.54			
	3	10.10	80.12	23570.00	294.19			
SUST. SIKA FUME AL 3%	1	10.15	80.91	27270.00	337.03	347.12	8/04/2022	6/05/2022
	2	10.20	81.71	28140.00	344.38			
	3	10.10	80.12	28840.00	359.97			
SUST. Z MICRO SILICA AL 3%	1	10.05	79.33	21990.00	277.21	314.93	9/04/2022	7/05/2022
	2	10.05	79.33	26560.00	334.82			
	3	10.10	80.12	26660.00	332.76			
SUST. SIKA FUME AL 6%	1	10.15	80.91	25600.00	316.39	327.94	9/04/2022	7/05/2022
	2	10.20	81.71	27000.00	330.43			
	3	10.10	80.12	27000.00	337.00			
SUST. Z MICRO SILICA AL 6%	1	10.05	79.33	23300.00	293.72	283.39	9/04/2022	7/05/2022
	2	10.05	79.33	22280.00	280.86			
	3	10.10	80.12	22080.00	275.59			

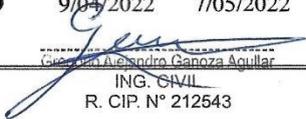

 Alejandro Ganoza Aguilar
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 212543

TABLA 03. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DE 56 DÍAS.

Diseño de Mezcla	Item	D (cm)	Área (cm ²)	Carga Máx. (kg)	F'c (Kg/ cm ²)	f'c prom. (kg/cm ²)	Fecha de elaboración	Fecha de rotura
PATRÓN	1	10.05	79.33	30370.00	382.84	380.94	7/04/2022	2/06/2022
	2	10.15	80.91	30740.00	379.91			
	3	10.10	80.12	30450.00	380.06			
SIKA FUME AL 3%	1	10.20	81.71	31240.00	382.31	390.23	7/04/2022	2/06/2022
	2	10.10	80.12	31300.00	390.67			
	3	10.15	80.91	32180.00	397.71			
Z MICRO SILICA AL 3%	1	10.00	78.54	32330.00	411.64	396.05	7/04/2022	2/06/2022
	2	10.10	80.12	31670.00	395.29			
	3	10.20	81.71	31150.00	381.21			
SIKA FUME AL 6%	1	10.15	80.91	31830.00	393.38	394.59	7/04/2022	2/06/2022
	2	10.20	81.71	32010.00	391.74			
	3	10.10	80.12	31940.00	398.66			
Z MICRO SILICA AL 6%	1	10.05	79.33	32980.00	415.75	414.05	8/04/2022	3/06/2022
	2	10.05	79.33	33110.00	417.39			
	3	10.10	80.12	32770.00	409.02			
SIKA FUME AL 9%	1	10.15	80.91	29910.00	369.65	371.90	8/04/2022	3/06/2022
	2	10.20	81.71	29620.00	362.49			
	3	10.10	80.12	30730.00	383.56			
Z MICRO SILICA AL 9%	1	10.05	79.33	27510.00	346.79	348.88	8/04/2022	3/06/2022
	2	10.05	79.33	28160.00	354.99			
	3	10.10	80.12	27630.00	344.86			
SUST. SIKA FUME AL 3%	1	10.15	80.91	28580.00	353.22	355.14	8/04/2022	3/06/2022
	2	10.20	81.71	28630.00	350.37			
	3	10.10	80.12	28990.00	361.84			
SUST. Z MICRO SILICA AL 3%	1	10.05	79.33	28990.00	365.45	365.48	9/04/2022	4/06/2022
	2	10.05	79.33	29580.00	372.89			
	3	10.10	80.12	28690.00	358.09			
SUST. SIKA FUME AL 6%	1	10.15	80.91	28470.00	351.86	350.24	9/04/2022	4/06/2022
	2	10.20	81.71	28050.00	343.28			
	3	10.10	80.12	28490.00	355.60			
SUST. Z MICRO SILICA AL 6%	1	10.05	79.33	27900.00	351.71	345.26	9/04/2022	4/06/2022
	2	10.05	79.33	27780.00	350.20			
	3	10.10	80.12	26750.00	333.88			

Gregorio Alejandro Canozo Aguilar
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

ANEXO N°03: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

SERVICIOS DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES Y DE LABORATORIO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 280 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	210690	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CORPORACIÓN A & J CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA S.A.C.	
3. Dirección	Av. Sanchez Camión N° 1154, El Porvenir - Trujillo - LA LIBERTAD	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emita. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRESA DE CONCRETO	
Capacidad	100000 kN	
Marca	TECNICAS	
Modelo	TCP341	
Número de Serie	747	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIWEIGH	
Modelo	XB	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	10 kN	
5. Fecha de Calibración	2021-11-22	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-11-23



Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2021.11.23 09:54:14
-05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
 Av. San Diego de Alcalá Mc. P1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
 Tel: (511) 540-0642
 Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com
 metrologia@metrologiatecnicas.com
 www.metrologiatecnicas.com

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 242 - 2021

Página 1 de 6

1. Expediente	210690
2. Solicitante	CORPORACIÓN A&J CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA S.A.C.
3. Dirección	Av. Sanchez Carrión N° 1154, El Porvenir - Trujillo - LA LIBERTAD
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De -50 °C a 300 °C
Marca	A&A INSTRUMENTS
Modelo	STHX-2A
Número de Serie	190522
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	-50 °C a 300 °C	-50 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	CONTROLADOR DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración **2021-11-22**

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-11-23



Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2021.11.23 09:51:23
-05'00'



Área de Metrología
Laboratorio de Masa

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 555 - 2021**

Página 1 de 4

1. Expediente	210690	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CORPORACIÓN A&J CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA S.A.C.	
3. Dirección	Av. Sanchez Carrión N° 1154, El Porvenir - Trujillo - LA LIBERTAD	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	8 000 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	1 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	WT80001CFEJ	
Número de Serie	130420036	
Capacidad mínima	2 g	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2021-11-22	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-11-23

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2021.11.23 09:56:43
-05'00'



Área de Metrología
Laboratorio de Masa

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 554 - 2021**

Página 1 de 4

1. Expediente	210690
2. Solicitante	CORPORACIÓN A&J CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA S.A.C.
3. Dirección	Av. Sanchez Carrión N° 1154, El Porvenir - Trujillo - LA LIBERTAD
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30 000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	10 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	R31P30
Número de Serie	8335440441
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2021-11-22

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-11-23

Firmado digitalmente por

Williams Pérez

Fecha: 2021.11.23 09:57:57 -05'00'



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 5/30/2019

2"BS8F890070



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 6/3/2019

1.5"BS8F892050



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 6/3/2019

1.0"BS8F888900



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 6/4/2019

3/4"BS8F891578



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials
ANSI – American National Standards Institute
ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 8/3/2019
1/2"BS8F891768



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials
ANSI – American National Standards Institute
ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 10/22/2019
3/8"BS8F904132



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 10/22/2019

4883P904056



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 10/22/2019

8883P903923



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 10/22/2019

10B58F005830

CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 10/22/2019

10B58F000230

CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 10/23/2019

30BS0P903404

CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 10/23/2019

40BS0P906802

CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 10/23/2019

60B98F906863



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 5/30/2019

60B98F890177



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 5/29/2019

100BS8F889613



CERTIFICATE OF COMPLIANCE
to specifications of

ASTM – American Society for Testing and Materials

ANSI – American National Standards Institute

ISO – International Standards Organization

We certify that this test sieve has been manufactured with sieve cloth and component parts that have been inspected and found to be in compliance with the requirements of Specification ASTM E11 – 15



ISSUE DATE: 10/22/2019

200BS8F906336

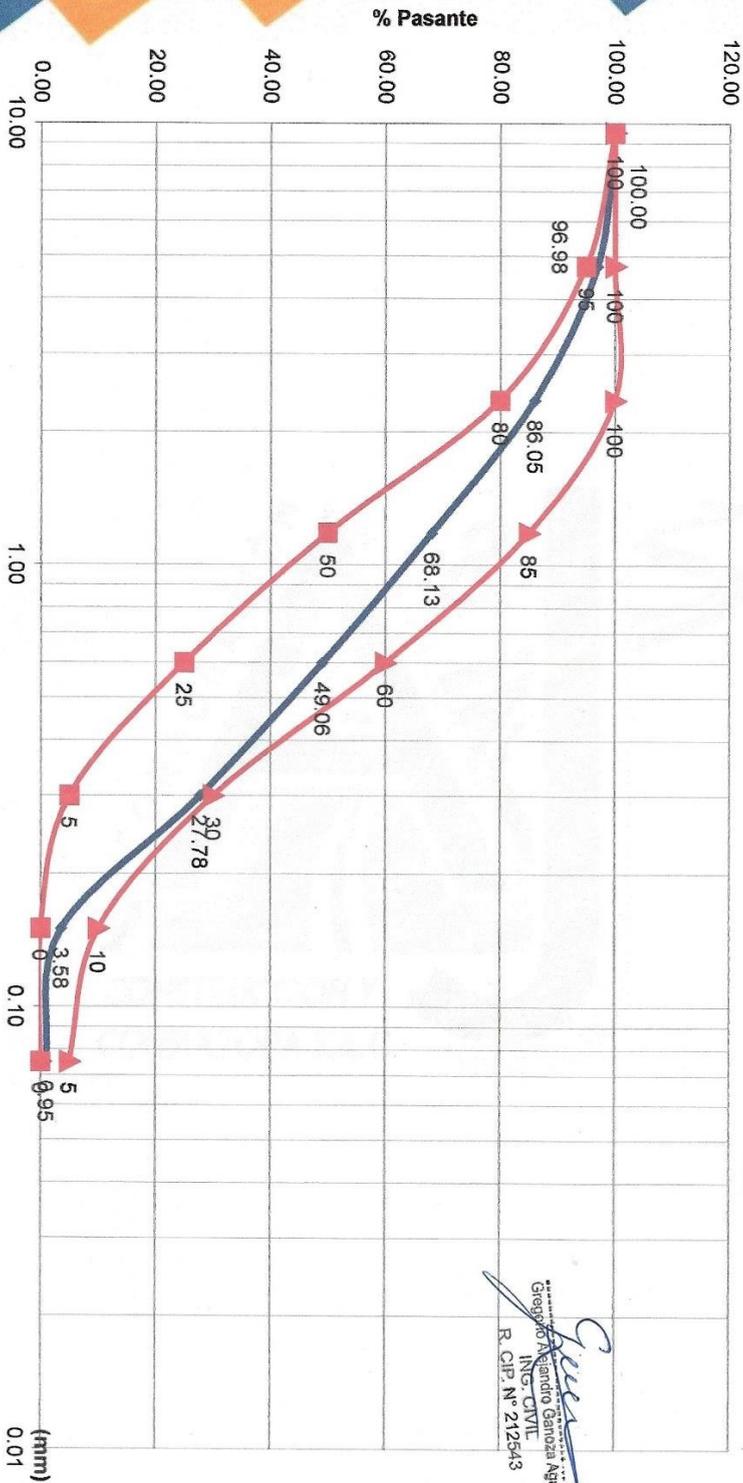


ANEXO N°04: HOJAS DE CÁLCULO DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS



ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO EN SECO															
TESIS: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN Y SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DE MICROSILICE SIKA Y Z ADITIVOS EN EL ASENTAMIENTO, PESO UNITARIO, Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO CON RELACION A/C=0.40" UBICACIÓN: CANTERA EL MILAGRO, TRUJILLO- LA LIBERTAD SOLICITANTE: SACRAMENTO CABEZA, ROGGER/S/ VARGAS SALDAÑA CHRISTIAN PROFUNDIDAD: MUESTRA 01 TIPO MATERIAL: ARENA GRUESA															
SEDIMENTACIÓN N°	TAMIZADO CON FRACCIÓN MENOR Q' P.T.M.					TAMIZADO USANDO EL P.T.M.									
	ARENA FINA		MEDIA	GRUESA	PIEDRA O CANTOS	GRAVA FINA		GRUESA	Tamiz US	Peso del Tamiz (g.)	Peso del Tamiz+ material retenido (g.)	Peso retenido de muestra (g.)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	% QUE PASA
VIA SECA <input checked="" type="checkbox"/> POR LAVADO <input type="checkbox"/>	CARACTERÍSTICAS DE MUESTRA ENSAYADA	N° 200							4						
									3						
										2 1/2					
										2					
										1 1/2					
										1					
										3/4					
										1/2					
										3/8					
										1/4					
								N° 4	482.90	523.10	30.20	3.02	3.02	96.98	
								N° 8	452.50	561.80	109.30	10.93	13.95	86.05	
								N° 10							
								N° 16	395.90	575.10	179.20	17.92	31.87	68.13	
								N° 30	379.40	570.10	190.70	19.07	50.94	49.06	
								N° 40							
								N° 50	344.80	557.40	212.80	21.28	72.22	27.78	
								N° 60							
								N° 80							
								N° 100	321.60	563.60	242.00	24.20	96.42	3.58	
								N° 140							
								N° 200	312.80	339.10	26.30	2.63	99.05	0.95	
								P N° 200	349.5	359.00	9.50	0.95	100.00	0.00	
											1000.00				
												100.00			
PESO TOTAL DE LA MUESTRA MATERIAL INICIAL SECO ANTES DE LAVAR 1000 gr. MATERIAL PERDIDO EN LAVADO 0 gr.										CLASIFICACION DE SUELO SEGÚN AASHTO A-1-B SEGÚN SUCS SP		COEFICIENTES DE SUELO D60 = 0.87 D30 = 0.36 D10 = 0.18 Cu = 4.8333 Cc = 0.83			
Cálculo de M.F. 100 M.F. = 2.68															

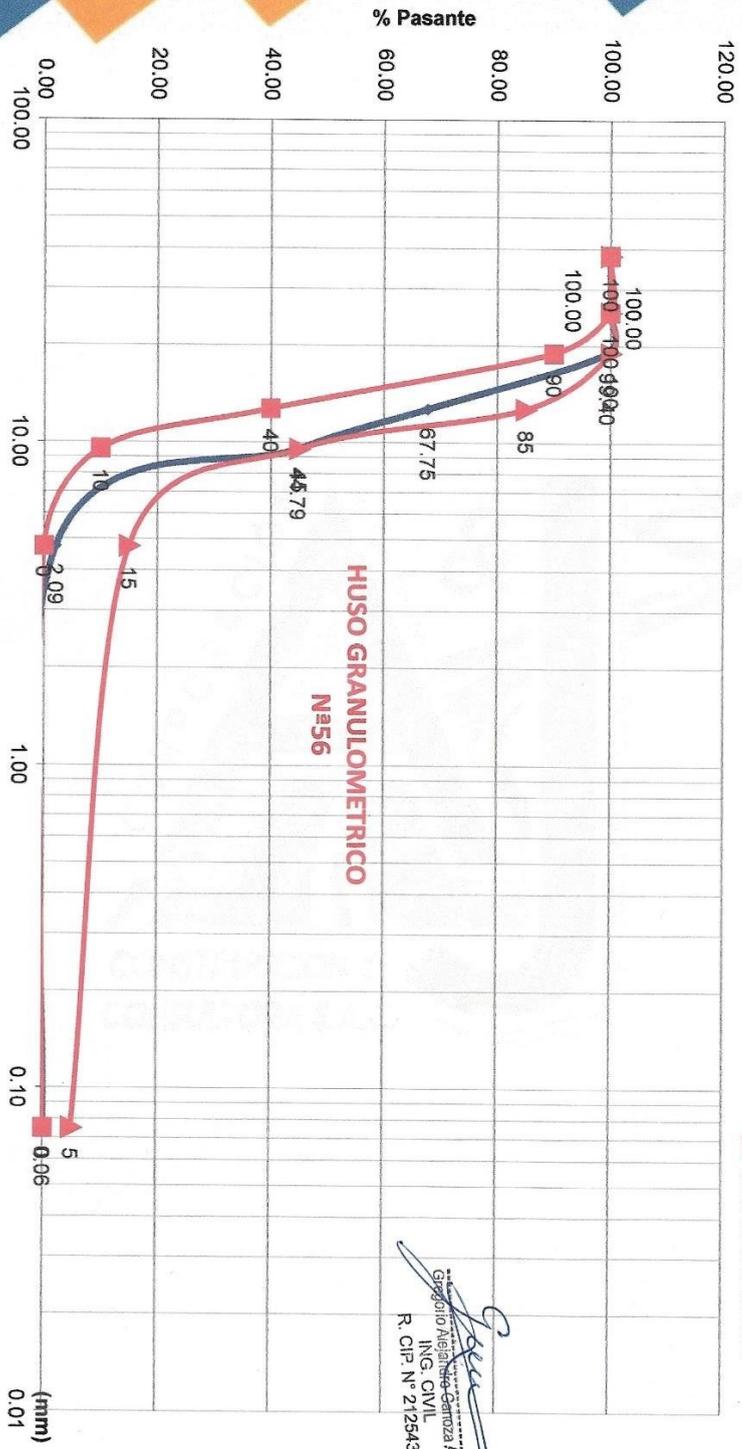
Gerardo Ganzo Aguilera
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 212543



CURVA GRANULOMÉTRICA

—●— ANALISIS GRANULOMÉTRICO
 —■— LIMITE INFERIOR
 —▲— LIMITE SUPERIOR

Geotecnia
 Inge. Ricardo Ganoza Aguilera
 INGS. CIVIL
 R. CIP. N° 212543



[Signature]
 Gerardo Alejandro García Aguilera
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 212543

CURVA GRANULOMÉTRICA

- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
- LIMITE INFERIOR
- ▲— LIMITE SUPERIOR

AGREGADO FINO

Contenido de humedad 1.57

Peso natural de la muestra (gr) 986
 Peso de la muestra seca (gr) 970.60

Peso especifico 2.70 **Absorción** 1.29

Peso de la fiola + agua + muestra (gr) 922.9
 Peso de la fiola + agua (gr) 699.6
 Peso de la muestra s.s.s. (gr) 362.0
 Peso de la muestra seca (gr) 357.4

Peso unitario suelto 1,633

	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m3)	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.094	12.094	12.094
Peso del agregado + tara (kg)	23.55	23.44	23.51
Peso unitario bruto (kg/m3)	1,640	1,625	1,634

Peso unitario compactado 1,803

	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m3)	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.094	12.094	12.094
Peso del agregado + tara (kg)	24.69	24.67	24.69
Peso unitario bruto (kg/m3)	1,804	1,802	1,804

Granulometría


 Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 212543

Tamiz	Abertura (mm)	Peso de la malla (gr)	Peso de la malla + muestra (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante
3/8"	9.500	520.5	520.5	0.0	0.0	100.0
#4	4.750	492.9	523.1	3.0	3.0	97.0
#8	2.360	452.5	561.8	10.9	14.0	86.1
#16	1.180	395.9	575.1	17.9	31.9	68.1
#30	0.600	379.4	570.1	19.1	50.9	49.1
#50	0.300	344.6	557.4	21.3	72.2	27.8
#100	0.150	321.6	563.6	24.2	96.4	3.6
#200	0.075	312.8	339.1	2.6	99.1	0.9
fondo	-	349.5	359.0	1.0	100.0	0.0
				100		

Modulo de finura 2.68

AGREGADO GRUESO

Contenido de humedad	0.60		
Peso natural de la muestra (gr)	1,222.9		
Peso de la muestra seca (gr)	1,215.6		
Peso específico	2.63	Absorción	1.58
Peso de la muestra s.s.s. (gr)	1,307.5		
Peso de la muestra seca (gr)	1,287.2		
Peso de la muestra sumergida (gr)	818.0		

Peso unitario suelto	1,432		
	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m3)	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.094	12.094	12.094
Peso del agregado + tara (kg)	22.25	21.96	22.06
Peso unitario bruto (kg/m3)	1,455	1,413	1,428

Peso unitario compactado	1,570		
	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m3)	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.094	12.094	12.094
Peso del agregado + tara (kg)	22.98	23.08	23.12
Peso unitario bruto (kg/m3)	1,559	1,573	1,579


 Gregorio Alejandro Ganoza Agullar
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 212543

Granulometría

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.20	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	12.0	0.6	0.6	99.4
1/2"	12.70	633.0	31.7	32.3	67.8
3/8"	9.53	459.2	23.0	55.2	44.8
# 4	4.75	854.1	42.7	97.9	2.1
#200	0.075	40.6	2.0	99.9	0.1
fondo	-	1.1	0.1	100.0	0.0
		2000	100		

Modulo de finura	5.86
-------------------------	------

ANEXO N°05: HOJAS DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Fecha: 4 de Abril de 2022

Propiedades Físicas de los Materiales							
Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Modulo de Finura	TMN A. G	PUS (kg/m ³)	PROCEDENCIA
Cemento Tipo Ico Mochica	3150						Fabricante: PACASMAYO
Microsilica							Fabricante: -
Filler							Fabricante: -
Agua	1000						Proveedor: Red Publica
Agregado Fino - El Milagro	2699	1.29	1.57	2.68	4.75	1803	Cantera: EL MILLAGRO
Agregado Grueso - El Milagro	2630	1.55	0.6	5.86	1/2	1570	Cantera: EL MILLAGRO

[Firma]
Gerente: **Andrés Garzoza Aguilar**
R. CIP. N° 212543

CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES

Fecha : 4 de Abril de 2022 **Concreto Patrón**

Consideraciones - Requisitos del Concreto																								
C400	Desviación Estándar (kg/cm ³)	n	For Criterio ACI 318	f'cr (kg/cm ²)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (Kg)	Módulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump min LAB (pulg)	4	220	Tabla 5.3.2.1	420	220	0.39	564	4.43	0.550	0.450	A4	4

Disminución Relación A/C		
Agua Sin Aditivo (lbs)	Reducción de agua (lbs)	Reducción de agua (%)
220	0	0.0%

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS

Materiales	%	Dosificación del Concreto					Corrección Por Peso Unitario C/F				
		Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)	
Cemento Tipo Ioc Mochila	1	564	0.1790	564	564	16.82					
Microsilice	0										
Material Cementante :											
Agua		220	0.2200	226	220	6.60					
Agregado Fino - Agregado Fino- Cantera El Milagro		706	0.2614	717	715	21.50					
Agregado Grueso - Agregado Grueso- Cantera El Milagro		840	0.3195	845	853	25.36					
Sikacem Plastificame	0.850%			4.79	4.79	0.144					
Aire Atmósfero	2.00%		0.0200		0.00						
Total	1.00	2330	1.0000	2357	2357	70.708					

TABLA 05
RELACION AJUSTAMIENTO POR RESISTENCIA
Fórmula: $f'_{cr} = f'_{ci} + k \cdot \sigma$
Donde: f'_{cr} = Resistencia característica (kg/cm²)
 f'_{ci} = Resistencia promedio (kg/cm²)
 k = Coeficiente de variación (kg/cm²)
 σ = Desviación estándar (kg/cm²)
Nota: Verificar siempre para el control 2' del ACI

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	0.40	bolsa
Arena	0.8	baldes
Grava	0.8	baldes
Agua	6.60	lts
Sikacem Plast	143.8	ml
Microsilice:	0	kg

CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES

Fecha : 4 de Abril de 2022 Concreto con adición al 3% de Microsilíce

Consideraciones - Requisitos del Concreto											
Desviación Estándar (kg/cm ³)	f _{cr} Criterio ACI 318	f _{cr} (kg/cm ³)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (Kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg.)	Slump min. LAB (pulg.)	
C400	20	Tabla 5.3.2.1	420	220	0.39	564	4.43	0.550	0.450	A4	4

Dieminución	Relación A/C	Relación A/C	Reducción de agua (%)
Agua Sin Aditivo (lts)	220	0	0.0%

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS

Mfg DISEÑO ==> 4.48 (Definido luego las pruebas de laboratorio)
EVALUACIÓN Mfg ==> Conforme

Materiales	%	Dosificación del Concreto					Corrección Por Peso Unitario C.F.				
		Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda (kg)	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)	
Cemento Tipo Ico Mochica	1	564	0.1844	564	564	16.92					
Microsilíce	0.03	17	0.0220	17	17	0.51					
Material Cementante :		581	0.1844	581	581	17.43					
Agua		220	0.2200	228	220	6.80					
Agregado Fino - Agregado Fino- Cantera El Millagro		899	0.2590	710	708	21.30					
Agregado Grueso - Agregado Grueso- Cantera El Millagro		833	0.3166	838	846	25.13					
Sikacem Plastico	0.850%			4.79	4.79	0.144					
Aire Atrapado	2.00%		0.0200		0.00						
Total		2333	1.0000	2359	2359	70.781					

TABLA 05
RELACION AJUSTAMIENTO POR RESISTENCIA

f _{cr} (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	Relación agua/cemento en peso	Relación agua/cemento en peso
	Concreto sin microsilíce	Concreto con microsilíce	Concreto con microsilíce
150	0.80	0.71	0.81
200	0.70	0.61	0.53
250	0.62	0.55	0.46
300	0.55	0.46	0.40
350	0.46	0.43	
400	0.43		
450	0.38		

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	0.40	bolsa
Arena	0.8	balde
Grava	0.8	balde
Agua	6.60	lts
Sikacem Plast	143.8	ml
Microsilíce:	0.408	kg

Gregorio Alejandro Sandoza Aguilera
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN Y AJUSTES

Fecha : 4 de Abril de 2022 Concreto con adición al 6% de Microsilice

Consideraciones - Requisitos del Concreto											
Desviación (cm ³)	Estándar (kg/cm ³)	For Criterio ACI 318	f cr (kg/cm ²)	Agua x TM	Relacion a/c	Cemento (kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump min LAB (pulg)
C400	20	Tabla 5.3.2.1	420	220	0.39	564	4.43	0.550	0.450	AA	4

Disminución Relación A/C		
Agua Sin Aditivo (lts)	Reducción de agua (lts)	Reducción de agua (%)
220	0	0.0%

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS

Mfg DISEÑO ==> 4.46 (Definido luego las pruebas de laboratorio)
EVALUACIÓN Mfg ==> Conforme

Dosificación del Concreto						Corrección Por Peso Unitario C.F.					
Material	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda (kg)	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)	
Cemento Tipo Ico Mochica	1	564	0.1988	598	598	16.92	564	598	598	0.1988	
Microsilice	0.06	34	0.2200	226	220	1.02	34	226	220	0.006	
Material Cementante :											
Agregado Fino - Agregado Fino- Cartera El Milagro		693	0.2566	703	702	17.94	693	703	702	0.2566	
Agregado Grueso - Agregado Grueso- Cartera El Milagro	0.350%	825	0.3136	830	838	6.80	825	830	838	0.3136	
Sikacem Plastificante				4.79	4.79	0.144					
Agre Agregado	2.00%		0.0200		0.00						
Alite Atrapado		2335	1.0000	2362	2362	70.853					
Total		1.00		2362	2362	70.853					

TABLA 03

RELACION AGUACEMIENTO POR RESISTENCIA

f'c (kg/cm ²)	Relacion agua/cemento en agua	Relacion agua/cemento en agua
150	0.80	0.71
200	0.79	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	0.40	bolsa
Arena	0.8	baldes
Grava	0.8	baldes
Agua	6.80	lts
Sikacem Plast	143.8	ml
Microsilice	1.015	kg

Georgio Alejandro Sarmiento Aguilan
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

CALCULO DE DOSIFICACION Y AJUSTES

Fecha : 4 de Abril de 2022 Concreto con adición al 9% de Microsilíce

Consideraciones - Requisitos del Concreto											
Desplazamiento (kg/cm ³)	Estándar (kg/cm ³)	f _{cr} Criterio ACI 318	f _{cr} (kg/cm ³)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump min. LAB (pulg)
C400	20	Tabla 5.3.2.1	420	220	0.39	564	4.43	0.550	0.450	A4	4

Disminución Relación A/C		
Agua sin Aditivo (lts)	Reducción de agua (lts)	Reducción de agua (%)
220	0	0.0%

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS

Mfg DISEÑO ==>	4.46	(Definido luego las pruebas de laboratorio)
EVALUACIÓN Mfg ==>		Conforme

Dosificación del Concreto						Corrección Por Peso Utilizado C.F.								
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda (kg)	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)				
Cemento Tipo Ica Mochica	1	564	51	0.1962	615	16.92								
Microsilíce	0.09	51	615	0.2200	220	1.52								
Materiales Cementante :														
Agua		220	0.2542	697	830	18.44								
Agregado Fino - Agregado Fino- Carrera El Milagro		686	0.3107	822	4.79	6.60								
Agregado Grueso - Agregado Grueso- Carrera El Milagro	0.850%	817				20.91								
Sikacem Plastificante						24.66								
Aire Atrapado	2.00%		0.0200			0.144								
Total	1.00	2338	1.0000	2364	2364	70.926								

TABLA 03

RELACION AGUAJEMENTO POR RESISTENCIA

f _{cr} (kg/cm ²)	Relación agua-cemento en peso	Constante con agua reducida
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.48
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	0.40	bolsa
Arena	0.8	balde
Grava	0.8	balde
Agua	6.60	lts
Sikacem Plast	143.8	ml
Microsilíce:	1.523	kg

[Firma]
 Gerardo Alejandro Saenzá Aguilera
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 212543

CALCULO DE DOSIFICACION Y AJUSTES
Concreto con sustitución al 3% de Microsilice

Fecha : 4 de Abril de 2022

Consideraciones - Requisitos del Concreto											
Desviación Estándar (kg/cm ²)	Fer Criterio ACI 318	Fer (kg/cm ³)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg.)	Slump min. LAB (pulg.)	
C400	20	Tabla 5.3.2.1	420	220	0.39	564	4.43	0.550	0.450	A4	4

Disminución Relación A/C		
Agua Sin Aditivo (lts)	Reducción de agua (lts)	Reducción de agua (%)
220	0	0.0%

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS

Mfg DISEÑO ==> 4.46 (definido luego las pruebas de laboratorio)
EVALUACIÓN Mfg ==> Conforme

Materiales	%	Dosificación del Concreto				Corrección Por Peso Unitario C/F				
		Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda (kg)	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento Tipo Ico Modifica	0.97	547	0.2614	547	564	16.41				
Microsilice	0.03	17	0.1790	17	564	0.51				
Materiales Cementante :		564	0.2200	564	564	16.92				
Agua		220		226	220	6.80				
Agregado Fino - Agregado Fino - Carriera El Millagro		709	0.2614	717	716	21.50				
Agregado Grueso - Agregado Grueso - Carriera El Millagro	0.850%	840	0.3195	845	853	25.36				
Sikaem Plastificante				4.79	4.79	0.144				
Aire Atmado	2.00%		0.0200		0.00					
Total		1.00	1.0000	2357	2357	70.708				

TABLA 55
RELACION AVANCEMENTO POR RESISTENCIA

f _c (kg/cm ²)	Relación agua-cemento en peso	Relación agua-cemento en partes
150	0.47	1: 2.13
200	0.70	1: 1.43
250	0.82	1: 1.22
300	0.95	1: 1.05
350	0.48	1: 2.08
400	0.43	1: 2.33
450	0.37	1: 2.70

Tabla con valores sugeridos para el concreto de 21' x 28' x 42"

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	0.39	bolsa
Arena	0.8	baldes
Grava	0.8	baldes
Agua	6.60	lts
Sikaem Plast	143.8	ml
Microsilice	0.508	kg

Gregorio Alejandro Sandoza Aguilera
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

CALCULO DE DOSIFICACION Y AJUSTES

Fecha : 4 de Abril de 2022
 Concreto con sustitución al 6% de Microsilíce

Consideraciones - Requisitos del Concreto											
Desviación Estándar (kg/cm ³)	Fer Criterio ACI 318	f'ci (kg/cm ³)	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (Kg)	Modulo de Finura Global (Migi)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido (pulg)	Slump min LAB (pulg)	
C400	20	Tabla 5.3.2.1	420	220	0.39	564	4.43	0.550	0.450	A4	4

Disminución Relación A/C		
Agua Sin Activo (lit)	Reducción de agua (lit)	Reducción de agua (%)
220	0	0.0%

EVALUACION Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS	Mig DISEÑO ==>	4.46 (Definido luego las pruebas de laboratorio)
EVALUACION Mig ==>	Conforme	

Materiales	%	Dosificación del Concreto					Corrección Por Peso Unitario C/F				
		Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda (m ³)	Peso Seco (kg/m ³)	Peso Humedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Volumen (m ³)	
Cemento Tipo Ica Mochica	0.94	530		530		15.90					
Microsilíce	0.06	34		34		1.02					
Materiales Cementante :		564	0.1790	564	564	16.92					
Agua		220	0.2200	226	220	6.60					
Agregado Fino - Agregado Fino- Cantera El Millagro		706	0.2614	717	715	21.50					
Agregado Grueso - Agregado Grueso- Cantera El Millagro		840	0.3195	845	853	25.96					
Sikaem Plastificante	0.980%			4.79	4.79	0.144					
Aire Atrapado	2.00%				0.00						
Total		1.100	0.0200	2357	2357	70.708					

[Firma]
 R. GIP. N° 212543

TABLA 55
 RELACION AGUA/CEMENTO POR RESISTENCIA

f'c (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en partes	Relación agua/cemento en partes
160	0.60	0.71
200	0.72	0.84
250	0.82	0.96
300	0.95	1.10
350	1.08	1.25
400	1.25	1.43

TANDA POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	0.37	bolsa
Arena	0.8	baldes
Grava	0.8	baldes
Agua	6.80	lit
Sikaem Plast	143.8	ml
Microsilíce:	1.015	kg

ANEXO N°06: Cuadro de Husos Granulométricos

HUSO	Tamaño Máximo Nominal	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 1/2 pulg)	25 mm (1 pulg)	19 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N°04)	2.36 mm (N°08)	1.18 mm (N°06)	300 um (N°50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 pulg)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 pulg a N°04)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 mm a 19 mm (1 1/2 a 3/4 pulg)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-	-
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 pulg a N°04)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 pulg)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1 pulg a N°04)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 pulg a N°04)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 pulg)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 pulg a N°04)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 pulg a N°04)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 mm a 2.56 mm (3/8 pulg a N°08)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 pulg a N°16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N°04 a N°16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5