

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Adición de microsilice y su influencia en la resistencia
a compresión de concretos estructurales
 $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $F'C = 240 \text{ kg/cm}^2$,
provincia de Cusco, 2021**

Ericcson Fredie Checya Mamani
Werner Palomino Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Cusco, 2021

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	5
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	5
1.1.1 Planteamiento del problema	5
1.1.2 Formulación del problema	10
1.2 Objetivos de la investigación.....	11
1.2.1 Objetivo general	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
1.3 Justificación e importancia	11
1.3.1 Justificación teórica	11
1.3.2 Justificación práctica	12
1.4 Hipótesis y descripción de variables	13
1.4.1 Hipótesis	13
1.4.2 Descripción de variables.....	13
1.5 Delimitaciones de la investigación	16
1.5.1 Delimitación espacial.....	16
1.5.2 Delimitación temporal.....	16
1.5.3 Delimitación muestral	16
1.5.4 Delimitación temática	17
1.6 Limitaciones.....	18
1.6.1 Limitación en cuanto a objetivos.....	18
1.6.2 Limitación presupuestal.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	21
2.1.3 Antecedentes regionales o locales	23
2.2 Bases teóricas	24
2.2.1 Humo de sílice o microsílíce	24

2.2.2 Concreto.....	32
2.2.3 Resistencia a compresión.....	52
2.2.4 Diseño de mezcla.....	55
2.2.5 Preparación de mezcla.....	56
2.3 Marco conceptual.....	61
2.3.1 Concreto estructural.....	61
2.3.2 Asentamiento del concreto fresco.....	61
2.3.3 Adherencia del concreto.....	62
2.3.4 Revenimiento de probetas.....	62
2.3.5 Relación agua/cemento (A/C).....	63
2.4 Marco legal.....	64
2.4.1 Cemento.....	64
2.4.2 Microsílice.....	64
2.4.3 Agregado.....	65
2.4.4 Agua.....	65
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	66
3.1 Método y alcance de la investigación.....	66
3.2 Diseño de investigación.....	66
3.2.1 Enfoque de la investigación o tipo de investigación.....	67
3.2.2 Nivel de investigación.....	67
3.2.3 Según la prolongación del tiempo.....	67
3.3 Población y muestra.....	68
3.3.1 Población.....	68
3.3.2 Muestra.....	69
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	70
3.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	70
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos.....	71
3.5 Técnicas estadísticas de análisis de datos.....	71
3.6 Procedimiento experimental.....	72
3.6.1 Selección de las materias primas.....	73
3.6.2 Caracterización de los materiales.....	74
3.6.3 Diseño de mezclas según el ACI.....	91
3.6.4 Asentamiento de concreto fresco (<i>slump</i>).....	98
3.6.5 Elaboración de probetas y curado de probetas.....	100

3.6.6 Resistencia a compresión en estado endurecido del concreto.....	104
3.6.7 Rotura de probetas cilíndricas	105
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	107
4.1 Resultados del tratamiento y el análisis de la información	107
4.1.1 Caracterización de la materia prima	107
4.1.2 Diseño de mezcla según el ACI.....	115
4.1.3 Asentamiento del concreto en estado fresco	116
4.1.4 Análisis de costos unitarios	117
4.1.5 Resistencia a compresión del concreto endurecido	118
4.1.6 Análisis estadístico de la resistencia a compresión	124
4.2 Discusión de resultados	128
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
5.1 Conclusiones	132
5.2 Recomendaciones	134
Bibliografía	136
ANEXOS	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variable independiente	14
Tabla 2 Variable dependiente.....	15
Tabla 3 Información comercial de Sikafume	26
Tabla 4 Características generales de la aplicación de microsílíce en el concreto	28
Tabla 5 Análisis Químico de Sikafume	32
Tabla 6 Componentes y propiedades del cemento portland	35
Tabla 7 Análisis granulométrico.....	42
Tabla 8 Clasificación del agregado fino según el módulo de finura.....	43
Tabla 9 Volumen de agregado grueso.....	45
Tabla 10 Requisitos para la granulometría del agregado grueso	47
Tabla 11 Sustancia con un máximo aceptable en el agua	50
Tabla 12 Resistencia del concreto a edades tempranas.....	53
Tabla 13 Recomendaciones para el tiempo de mezclado.....	58
Tabla 14 Normas para el uso de cemento	64
Tabla 15 Normas para el aditivo mineral Sikafume.....	64
Tabla 16 Normas para el agregado	65
Tabla 17 Norma para el uso del agua.....	65
Tabla 18 Distribución de la muestra	69
Tabla 19 Normas empleadas en el análisis granulométrico del agregado fino.....	74
Tabla 20 Normas utilizadas para hallar el peso unitario suelto del agregado fino	76
Tabla 21 Normas utilizadas en el peso unitario compacto del agregado fino.....	77
Tabla 22 Normas utilizadas para el peso específico y absorción del agregado fino.....	79
Tabla 23 Normas utilizadas para hallar el contenido de humedad del agregado fino.....	81
Tabla 24 Normas empleadas en el análisis granulométrico	82
Tabla 25 Normas utilizadas para precisar el peso unitario suelto	84
Tabla 26 Normas utilizadas en la determinación del peso unitario compacto	86

Tabla 27 Normas utilizadas para determinar el peso específico y absorción	88
Tabla 28 Normas utilizadas para determinar el contenido de humedad.....	89
Tabla 29 Normas utilizadas en el diseño de mezclas	93
Tabla 30 Información de los materiales	93
Tabla 31 ACI 318-2011 y NTE E-060 de concreto armado.....	94
Tabla 32 Asentamientos recomendados (slump) por el ACI	94
Tabla 33 Volumen de agua unitario recomendado por ACI	95
Tabla 34 Contenido de aire	95
Tabla 35 Relación agua/cemento recomendado por del ACI.....	96
Tabla 36 Peso del agregado grueso.....	97
Tabla 37 Normas a utilizar para medir el asentamiento	98
Tabla 38 Normas utilizadas para la elaboración y curado de probetas	101
Tabla 39 Registro histórico del curado de probetas.....	103
Tabla 40 Normas utilizadas para determinar la resistencia a compresión.....	104
Tabla 41 Análisis granulométrico del agregado fino	107
Tabla 42 Peso unitario suelto	109
Tabla 43 Peso unitario compacto	109
Tabla 44 Peso específico seco del agregado fino.....	110
Tabla 45 Absorción del agregado fino	110
Tabla 46 Contenido de humedad	111
Tabla 47 Análisis granulométrico del agregado grueso	111
Tabla 48 Peso unitario suelto	113
Tabla 49 Peso unitario compacto	113
Tabla 50 Peso específico seco.....	114
Tabla 51 Absorción	114
Tabla 52 Contenido de humedad	115
Tabla 53 Diseño de mezcla de un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	115
Tabla 54 Diseño de mezcla de un $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	116

Tabla 55 Asentamiento del concreto	116
Tabla 56 Resumen de costos unitarios $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	117
Tabla 57 Resumen de costos unitario de $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	118
Tabla 58 Resumen de la resistencia a compresión en kg/cm^2	118
Tabla 59 Resistencia a compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días.....	120
Tabla 60 Resistencia a compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días.....	120
Tabla 61 Resistencia a compresión del concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.....	121
Tabla 62 Resistencia a compresión del concreto de $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días.....	122
Tabla 63 Resistencia a compresión del concreto de $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días.....	122
Tabla 64 Resistencia a compresión del concreto de $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.....	123
Tabla 65 Normas de control de hormigón para $f'c \leq 35 \text{ MPa}$	125
Tabla 66 Varianza y desviación estándar del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	126
Tabla 67 Varianza y desviación estándar del concreto $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Viviendas de la avenida Ejército en el año 1990.....	7
Figura 2 Viviendas de la avenida Ejército en el año 2020.....	7
Figura 3 Avenida 28 de Julio del año 2000.....	9
Figura 4 Avenida 28 de Julio del 2012.....	9
Figura 5 Avenida 28 de Julio del 2020.....	10
Figura 6 Proceso de obtención de microsílíce	25
Figura 7 Presentación de Sikafume.....	26
Figura 8 Imagen microscópica del microsílíce	29
Figura 9 Color del aditivo mineral Sikafume	30
Figura 10 Puzolanas naturales y artificiales.....	39
Figura 11 Temperatura promedio de la estación de Kayra	57
Figura 12 Curado de probetas cilíndricas por inundación superficial	60
Figura 13 Asentamiento del ensayo de Slump	62
Figura 14 Relación agua/cemento.....	63
Figura 15 Secuencia del trabajo de investigación.....	72
Figura 16 Introducción de muestra para el tamizado	75
Figura 17 Enrasado de la muestra.....	77
Figura 18 Varillado de la muestra.....	79
Figura 19 Eliminación de aire	81
Figura 20 Secado al horno de muestras.....	82
Figura 21 Armado de tamices.....	84
Figura 22 Colocación de la muestra suelta.....	85
Figura 23 Apisonamiento del agregado en el molde.....	87
Figura 24 Colocación de la muestra en la canastilla.....	89
Figura 25 Pesado de la muestra en estado natural	90

Figura 26 Secuencia para el diseño de mezcla y trabajabilidad.....	91
Figura 27 Flujograma del diseño de mezcla por método del ACI.....	92
Figura 28 Procedimiento para medir el asentamiento.....	99
Figura 29 Procedimiento para medir el asentamiento.....	100
Figura 30 Varillado y codificación de muestras.....	102
Figura 31 Curado de probetas.....	102
Figura 32 Probetas cilíndricas para el ensayo a compresión33.....	105
Figura 33 Tipo de fallas en probetas cilíndricas de concreto 35.....	106
Figura 34 Rotura de probeta cilíndrica.....	106
Figura 35 Curva granulométrica del agregado fino.....	108
Figura 36 Curva granulométrica del agregado grueso.....	112
Figura 37 Curva granulométrica de la mezcla de agregados.....	112
Figura 38 Asentamiento del concreto (slump).....	117
Figura 39 Resistencia a compresión para un $f'c=210$ kg/cm ² de diseño.....	119
Figura 40 Resistencia a compresión para un $f'c=240$ kg/cm ² de diseño.....	119

RESUMEN

El estudio, “Adición de Microsílice y su Influencia en la Resistencia a Compresión de Concretos Estructurales $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $F'C=240 \text{ kg/cm}^2$, Provincia de Cusco, 2021”, tiene como propósito principal, determinar la influencia del microsílice en la resistencia a compresión de concretos, cuyo objetivo es, determinar la influencia del microsílice en resistencia a compresión de concretos estructurales en diferentes edades y dosificaciones.

De la misma manera, busca determinar la influencia que tiene sobre la trabajabilidad del concreto. El procedimiento se ha concretado de acuerdo a las normas ACI, ASTM y NTP, tanto para el desarrollo de ensayos del concreto en estado fresco y endurecido como los que incluyen el diseño de mezcla y trabajabilidad; no obstante, se realizaron ocho tipos de dosificaciones con adición de microsílice y dos dosificaciones convencionales. Por otra parte, se pasó a evaluar la resistencia a compresión del concreto con diseños de 210 kg/cm^2 y 240 kg/cm^2 en edades de 7, 14 y 28 días.

Finalmente, los resultados obtenidos demuestran que la sustitución de cierto porcentaje del contenido de cemento por microsílice mejora la resistencia a compresión del concreto en estado endurecido, tal es que, al adicionar 16 % de microsílice alcanzó las resistencias más altas 297.05 kg/cm^2 y 335.83 kg/cm^2 respecto a los diseños 210 kg/cm^2 y 240 kg/cm^2 ; sin embargo, sucede todo lo contrario con la trabajabilidad. En conclusión, la adición de microsílice en reemplazo de un porcentaje de cemento brinda resultados favorables y en gran magnitud.

Palabras clave: Microsílice, Resistencia a compresión, diseño de mezcla, trabajabilidad, probeta cilíndrica.

ABSTRACT

In the research "ADDITION OF MICROSILICA AND ITS INFLUENCE ON THE COMPRESSION RESISTANCE OF STRUCTURAL CONCRETS F'C = 210 KG / CM² AND F'C = 240 KG / CM², CUSCO PROVINCE, 2021", its main purpose is to determine the influence of the microsilica on the compressive strength of concrete. The objective of this research is to determine the influence of the microsilica on compressive strength of structural concrete at different ages and dosages. In the same way, it is sought to determine the influence it has on the workability of concrete.

The procedure of this thesis has been specified according to the ACI, ASTM and NTP rules, and for the development of tests of concrete in a fresh and hardened state such as those that include mixing design and workability, however, 8 types of dosages were carried out with the addition of microsilica and 2 conventional dosages, on the other hand, the compressive strength of concrete was evaluated with designs of 210 kg / cm² and 240 kg / cm² at ages 7, 14 and 28 days.

Finally, the results obtained show that the replacement of a percentage of the cement content with microsilica improves the compressive strength of concrete in a hardened state such as the addition of 16 % microsilica which reached the highest resistances 297.05 kg/cm² and 335. 83 kg/cm² with respect to the 210 kg/cm² and 240 kg/cm², however, the opposite happens with workability. In conclusion, the addition of microsilica to replace a percentage of the cement weight provides favorable and large scale results.

Keywords: Microsilica, Compressive strength, mixing design, workability, cylindrical specimen.