

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PUNO – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

“COMPORTAMIENTO DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN
CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL POR ADICIÓN DE POLÍMEROS
SÚPERABSORBENTES EN LA CIUDAD DE PUNO”

PRESENTADO POR

Bach. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR:

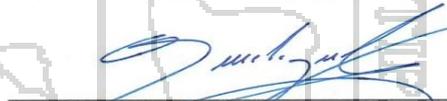
PRESIDENTE:


ING. EDGAR VIDAL HURTADO CHAVEZ

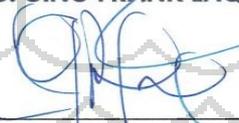
PRIMER MIEMBRO:


ING. NICOLÁS LUZA FLORES

SEGUNDO MIEMBRO:


ING. GINO FRANK LAQUE CÓRDOVA

DIRECTOR DE TESIS:


ING. FÉLIX ROJAS CHAHUARES

ASESOR:


ING. FREDY DIXSON DURAN CHURATA

TEMA: CONCRETO ARMADO

ÁREA: ESTRUCTURAS



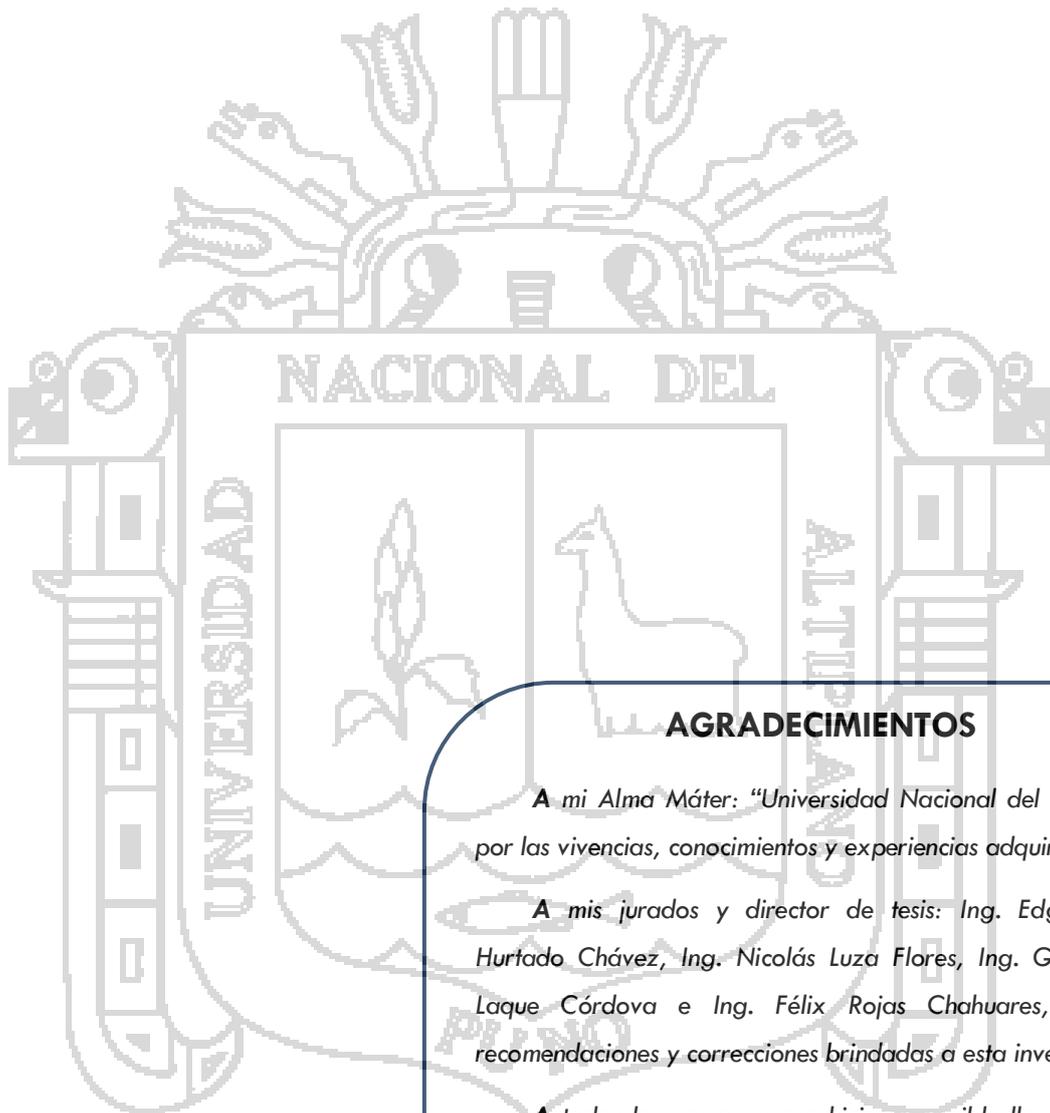
DEDICATORIA

A mis padres: Faustina y Cecilio por su apoyo, sacrificio constante, y por cada día inspirarme a ser una mejor persona.

A mis hermanos por las motivaciones que me brindan con cada uno de sus consejos.

A la vida que me ha permitido conocer buenas personas por lo que aún puedo creer que existirá un mejor mañana.

Ronny Richard



AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Máter: “Universidad Nacional del Altiplano” por las vivencias, conocimientos y experiencias adquiridas.

A mis jurados y director de tesis: Ing. Edgar Vidal Hurtado Chávez, Ing. Nicolás Luza Flores, Ing. Gino Frank Laque Córdova e Ing. Félix Rojas Chahuares, por las recomendaciones y correcciones brindadas a esta investigación.

A todas las personas que hicieron posible llevar a cabo esta investigación con su ayuda: Rosio Coila, Wilfredo Rojas, Paul Quispe, Fredy Duran, Abel Velarde, Nelson Paricahua, Deywid Marron, Alex Álvarez, Enoc Jilaja, Lennie Quispe, Brayan Turpo y entre otros.

ÍNDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
1. CAPÍTULO 1 GENERALIDADES	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	15
1.1.3. PREGUNTAS ESPECÍFICAS.....	15
1.1.4. ANTECEDENTES.....	15
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	18
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4. HIPÓTESIS.....	19
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	19
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	19
2. CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	20
2.1. CONCRETO.....	20
2.1.1. COMPONENTES DEL CONCRETO.....	20
2.1.2. CONCRETO FRESCO	32
2.1.3. CONCRETO ENDURECIDO	33
2.1.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	34
2.2. CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA INICIAL.....	36
2.2.1. MICROSÍLICE	37
2.2.2. LOS ADITIVOS SÚPER PLASTIFICANTES.....	38
2.3. FILOSOFIA DEL CURADO INTERNO.....	39
2.3.1. PRINCIPIOS DEL CURADO INTERNO	41
2.4. CONCRETO CON ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES	43
2.4.1. POLÍMEROS SUPERABSORBENTES (PS).....	43
2.4.2. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA UTILIZACIÓN DE PS EN TECNOLOGÍA DEL CONCRETO	45
2.5. MARCO CONCEPTUAL.....	48
2.5.1. HIDRATACIÓN DEL CONCRETO.....	48
2.5.2. CURADO INTERNO.....	48
2.5.3. TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO.....	48
2.5.4. RESISTENCIA DEL CONCRETO.....	48

3. CAPÍTULO 3 MATERIALES Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	49
3.1. PRUEBAS DE LOS MATERIALES.....	49
3.1.1. ENSAYO DE LOS AGREGADOS	49
3.1.2. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL.....	73
3.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	86
3.2.1. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL CON ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.....	86
3.2.2. FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS	88
3.2.3. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO	94
3.2.4. ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO	101
4. CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS	105
4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS EN CONCRETO FRESCO.....	105
4.1.1. ENSAYO DE ASENTAMIENTO (CONO DE ABRAMS).....	105
4.1.2. TEMPERATURA DEL CONCRETO	107
4.1.3. PESO UNITARIO DEL CONCRETO.....	110
4.2. ANALISIS DE RESULTADOS EN CONCRETO ENDURECIDO.....	111
4.2.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	111
5. CAPÍTULO 5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS	113
5.1. ANALISIS ESTADÍSTICO.....	113
5.1.1. CÁLCULO DE DISTRIBUCIÓN NORMAL.....	114
5.2. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.....	120
6. CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
6.1. CONCLUSIONES	133
6.2. RECOMENDACIONES.....	133
BIBLIOGRAFÍA	
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	135
ANEXOS	
DATOS ADICIONALES	137
ANEXO 3.1	138
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.....	138
ANEXO 3.2	143
RESULTADOS DEL ENSAYOS QUIMICOS DE MATERIALES.....	143
ANEXO 3.3	147
FICHAS TÉCNICAS DE LOS ADITIVOS	147
ANEXO 3.4	154
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN	154
ANEXO 4.1	162
TABLAS ESTADÍSTICAS	162

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: VISTA PANORÁMICA DEL PANTEÓN DE AGRIPA, EN ROMA.....	16
FIGURA 2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CONO DE ABRAMS.....	33
FIGURA 2.2. ESQUEMA PRUEBA DE COMPRESIÓN AXIAL	35
FIGURA 2.4. DOSIFICACIÓN DE SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 306.....	39
FIGURA 2.5. ESTRUCTURA DE LA PASTA DE CEMENTO EN FUNCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO	40
FIGURA 2.6: DIFERENCIA ENTRE CURADO EXTERNO E INTERNO.....	41
FIGURA 2.7: PARTÍCULAS DE SAP EN ESTADO SECO Y DESPUÉS DE LA ABSORCIÓN DE AGUA	42
FIGURA 2.8: MICROSECCIONES (27 X 20 MM ²) DE PASTA DE CEMENTO ENDURECIDA CON DOS TIPOS DE PS	43
FIGURA 2.9: PARTÍCULAS DE GEL POLIMERIZADO (IZQUIERDA), SUSPENSIÓN POLIMERIZADO PARTÍCULAS (DERECHA).	44
FIGURA 2.10: ABSORCIÓN DE AGUA DE UNA PARTÍCULA ESFÉRICA PS Y REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UNA RED DE PS.....	47
FIGURA. 3.1: PLANTA CHANCADORA PIEDRA AZUL KM 16 JULIACA-CABANILLAS.....	49
FIGURA. 3.2: TRASLADO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA CUTIMBO.	50
FIGURA. 3.3: ENSAYO DE AGREGADOS, CUARTEO DE AGREGADO FINO	52
FIGURA. 3.4: ENSAYO DE AGREGADOS, CUARTEO DE AGREGADO FINO	52
FIGURA. 3.5: MUESTRAS DE AGREGADOS FINO PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.....	53
FIGURA. 3.6: MUESTRAS DE AGREGADOS GRUESO PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.....	53
FIGURA. 3.7: ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD INGRESANDO AL HORNO 110°C POR 24 HRS.....	54
FIGURA 3.8: ENSAYO DE GRANULOMETRÍA CON TAMICES NORMALIZADOS ASTM C 136.	57
FIGURA 3.9: AGREGADO SECADO CON FRANELA PARA LOGRAR EL ESTADO SUPERFICIALMENTE SECO.....	61
FIGURA 3.11: AGREGADO GRUESO DESPUES DE SER SUMERGIDO SUPERFICIALMENTE SECO.	61
FIGURA 3.10: PESO DEL AGREGADO GRUESO SUMERGIDO SUPERFICIALMENTE SECO	61
FIGURA 3.12: COMPROBACIÓN DEL AGREGADO FINO EN ESTADO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO, MEDIANTE CONO.....	64
FIGURA 3.15: DETERMINANDO PESO UNIT. COMPACTADO, BALANZA PRECISIÓN ±10 GR.....	65
FIGURA 3.13: ENSAYO PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO.....	66
FIGURA 3.14: ENRASADO AGREGADO GRUESO EN MOLDE, PESO UNIT. COMPACTADO.	68
FIGURA 3.15: PESO CON BALANZA AGREGADO GRUESO PESO UNIT. COMPACTADO.....	69
FIGURA 3.16: ENSAYO DE MÁXIMA COMPACIDAD DE LOS AGREGADOS.....	73
FIGURA 3.17: DOSIFICACIÓN DE LOS MATERIALES POR PESO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN.....	82
FIGURA 3.18. HISTOGRAMA RESISTENCIAS A COMPRESION CON ADICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSILICE.....	84
FIGURA 3.19 Y 3.20: PESANDO POLÍMEROS SUPERABSORBENTES EN UNA BALANZA DE 0.5 GR PRECISIÓN.....	87
FIGURA 3.21 Y 3.22: HIDRATACIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES 10.63 GR POR 1 LITRO DE AGUA.....	87
FIGURA. 3.23: IMPLEMENTOS PARA ELABORACIÓN DEL CONCRETO - COSTANERA PUNO.	89
FIGURA 3.24: ADICIÓN DE MICROSÍLICE CON EQUIPO DE PROTECCIÓN ADECUADO.....	90
FIGURA. 3.25: MEZCLADO DE CONCRETO CON CAPACIDAD DE 14HP	91
FIGURA 3.27: CONTROL DE TEMPERATURA DEL CONCRETO CON 0.2% DE P.S. 17.2 °C.....	92
FIGURA 3.26: CONCRETO DE DISEÑO INICIAL SIN ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.....	92
FIGURA 3.29: ENRASADO DE LAS PROBETAS 4" X 8" CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	92
FIGURA 3.28: ELABORACIÓN DE PROBETAS, COMPACTADO CON VARILLA: 3/8" Ø Y 30 CM DE LARGO.....	92
FIGURA 3.30: ROTULADO DE PROBETAS 4" X 8" PARA SUMERGIR EN POZA DE CURADO CON CAL Y TEMPERATURA CONTROLADA.....	93
FIGURA 3.31: CURADO POR INMERSIÓN DE PROBETAS 4" X 8" POR 3, 7 Y 15 DÍAS EN POZA DE CURADO.....	94
FIGURA 3.32: PRUEBA DE SLUMP: 3" CONCRETO SIN ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.....	96
FIGURA 3.33: PRUEBA DE SLUMP: 4.5" CONCRETO CON 0.1% ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.....	96
FIGURA 3.35: PRUEBA DE SLUMP: 6.5" CONCRETO CON 0.2% ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.....	97
FIGURA 3.34: PRUEBA DE SLUMP: 5.1" CONCRETO CON 0.15% ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.....	97
FIGURA 3.36: CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DURANTE 5 HORAS CONSECUTIVAS	98
FIGURA 3.37: CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA CON TERMOMETRO DIGITAL 0.5 C°	98
FIGURA 3.38: PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON RECIPIENTE NORMALIZADO.....	99
FIGURA 3.39: MEDICIÓN DE DIÁMETROS DE LAS PROBETAS CON VERNIER PRECISIÓN DE ±0.05 MM.....	101
FIGURA 3.41: PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN FALLA POR FISURA CONCRETO CON P.S.	102
FIGURA 3.40: PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN FALLA POR CORTANTE CONCRETO CON P.S.....	102
FIGURA 3.43: EQUIPO CALIBRADO PARA PROBETA DE 4" X 8" LABORATORIO INGENIERÍA DE MINAS UNA PUNO.....	103
FIGURA 3.42: EQUIPO CALIBRADO PARA PROBETA DE 4" X 8" LABORATORIO INGENIERÍA DE MINAS UNA PUNO.....	103
FIGURA 3.44: PROBETAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN LABORATORIO MECÁNICA DE ROCAS ING. MINAS UNA-PUNO.....	103
FIGURA 3.45: PRUEBA DE RESISTENCIA DE COMPRESIÓN REGISTRO DE ROTURA LOS 07 DÍAS.....	104
FIGURA 4.1. HISTOGRAMA ASENTAMIENTOS PROMEDIO PARA DIFERENTES ADICIONES DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.....	107
FIGURA 4.2. TEMPERATURAS INTERNAS DEL CONCRETO CON DIFERENTES ADICIONES DE PS MUESTRA DE 07 DÍAS.....	109
FIGURA 4.3. VARIACIÓN DE LOS PESOS UNITARIOS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE P.S.	110
FIGURA 4.3. HISTOGRAMA DEL PROMEDIO DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	111

FIGURA 4.4: COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES 112

FIGURA 5.1. DISTRIBUCIÓN NORMAL: BRIQUETAS, CONCRETO SIN ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES..... 116

FIGURA 5.2. DISTRIBUCIÓN NORMAL 07 DIAS: PROBETAS, CONCRETO CON ADICIÓN AL 0.1% DE PS..... 117

FIGURA 5.3. DISTRIBUCIÓN NORMAL: BRIQUETAS, CONCRETO CON ADICIÓN AL 0.15% P.S. 118

FIGURA 5.4. DISTRIBUCIÓN NORMAL: BRIQUETAS, CONCRETO CON ADICIÓN AL 0.2% DE PS. 119

FIGURA 5.5. DISTRIBUCIÓN NORMAL: PROBETAS, CONCRETO SIN ADICIÓN DE PS Y CON ADICION DE 0.1% DE P.S. 127

FIGURA 5.6. DISTRIBUCIÓN NORMAL: PROBETAS, CONCRETO CON ADICIÓN DE 0.15% DE P.S. Y SIN ADICION DE P.S. 129

FIGURA 5.7. DISTRIBUCIÓN NORMAL: PROBETAS, CONCRETO CON ADICIÓN DE 0.2% DE P.S.Y SIN ADICIÓN P.S. 131



LISTA DE TABLAS

TABLA Nº 2.1. COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO	21
TABLA Nº 2.2. PORCENTAJES DE LOS COMPUESTOS DEL CEMENTO	21
TABLA 2.3. PRINCIPALES TIPOS DE CEMENTO PORTLAND.	24
TABLA 2.4. LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.....	28
TABLA 2.5. REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO	29
TABLA 2.6. LÍMITES PERMISIBLES DE CONTENIDOS Y SUSTANCIAS DISUELTAS.....	30
TABLA 2.7. RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN DIFERENTES ETAPAS.....	35
TABLA 2.8: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE PS INVESTIGADO.....	46
TABLA 3.1. RESULTADOS MÁXIMA COMPACIDAD	74
TABLA 3.2. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES UTILIZADOS PARA DISEÑO DE MEZCLAS	75
TABLA 3.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO	76
TABLA 3.4. VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA	76
TABLA 3.5. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	77
TABLA 3.6. RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA.....	77
TABLA 3.7. RESUMEN CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1M3 DE CONCRETO DE DISEÑO INICIAL.	81
TABLA 3.8. DISEÑO DE MEZCLAS CON ADICIONES DE MICROSÍLICE AL 8 % Y SUPERPLASTIFICANTE AL 1 %.	82
TABLA 3.9. DISEÑO DE MEZCLAS CON ADICIONES DE MICROSÍLICE AL 10 % Y SUPERPLASTIFICANTE AL 0.75 %.	83
TABLA 3.10. RESULTADOS DE DISEÑO DE MEZCLAS CON ADICIONES DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE.	84
TABLA 3.11. PROPORCIONES FINALES DEL DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL POR M3	85
TABLA 3.12. PORCENTAJES DE ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES	86
TABLA 3.13. CANTIDAD DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE 4"X8"	88
TABLA 4.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SLUMP, MUESTRA PARA ROTURA A LOS 15 DÍAS	105
TABLA 4.2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SLUMP, MUESTRA PARA ROTURA A LOS 07 DÍAS	106
TABLA 4.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SLUMP, MUESTRA PARA ROTURA A LOS 03 DÍAS	106
TABLA 4.4. CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO, MUESTRA SIN PS PARA ROTURA 07 DÍAS.....	108
TABLA 4.5. CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO MUESTRA 0.1% DE PS PARA ROTURA 07 DÍAS	108
TABLA 4.6. CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO MUESTRA 0.15% DE PS PARA ROTURA 07 DÍAS	108
TABLA 4.7. CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO MUESTRA 0.2% DE PS PARA ROTURA 07 DÍAS	109
TABLA 4.8. RESUMEN RESULTADOS DE P.U. DEL CONCRETO.....	110
TABLA 4.8. RESUMEN RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A EDADES 03, 07 Y 15 DÍAS	111
TABLA 5.1. DISPERSIÓN TOTAL Y DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS PARA VALIDACIÓN DE DATOS	113
TABLA 5.2. VALIDACIÓN DE DATOS: BRIQUETAS, CONCRETO SIN POLÍMEROS	115
TABLA 5.3. VALIDACIÓN DE DATOS: PROBETAS CON 0.1% DE POLÍMEROS.....	117
TABLA 5.4. VALIDACIÓN DE DATOS: PROBETAS CON ADICIÓN DE 0.15% DE POLÍMEROS	118
TABLA 5.5. VALIDACIÓN DE DATOS: PROBETAS CON ADICIÓN DE 0.2% DE PS	119
TABLA 5.6. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS: RESISTENCIA A COMPRESIÓN 07 DÍAS	124
TABLA 5.7. RESUMEN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PS 0.1%.....	125
TABLA 5.8. TABLA ESTADÍSTICA	126
TABLA 5.9. RESUMEN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PS 0.15%.....	128
TABLA 5.10. RESUMEN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PS 0.2%.....	130

RESUMEN

La presente investigación de tesis se desarrolló en la ciudad de Puno distrito y región de Puno, durante los meses de noviembre y diciembre del año 2014, con el propósito de evaluar la efectividad de la adición de **polímeros superabsorbentes** en un Concreto de Alta Resistencia Inicial, este tipo de concretos presentan deficiencias en el proceso de hidratación de sus componentes debido a la baja relación agua-cemento (0.4 a menos) y se requiere proveer agua desde el interior puesto que se hace difícil el ingreso de agua de curado desde el exterior, debido a que este tipo de concretos son de baja permeabilidad.

Para lograr el diseño del Concreto de Alta Resistencia Inicial, se inició con un diseño de concreto de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ haciendo uso de las tablas que nos proporciona el método del comité 211 del ACI, al cual se le hicieron adiciones de microsilíce y superplastificante. Las proporciones de microsilíce y aditivo elegidos para los diseños de prueba fueron tomadas de las recomendaciones del fabricante en dos rangos para cada producto, estas pruebas de diseño fueron sometidas a ensayos de compresión realizadas a los 7 días, finalmente con la dosis seleccionada se obtuvo el Concreto de Alta Resistencia Inicial con una resistencia promedio de $f'cr = 450 \text{ kg/cm}^2$, relación efectiva de agua-cemento de 0.4 y un asentamiento final de 3 a 4 pulgadas. En el diseño de mezclas, los volúmenes agua y cemento se redujeron cuando se incorporó microsilíce y superplastificante en sustitución por masa, con el fin de compensar el aumento en volumen provocado por estos materiales para mantener los porcentajes de agua y cemento originales.

Una vez obtenido el concreto de diseño inicial, se realizaron las adiciones de **polímeros superabsorbentes** de 0.1%, 0.15% y 0.2% respecto al peso del cemento, con la finalidad de mejorar el comportamiento del Concreto de Alta Resistencia Inicial en dos aspectos importantes del concreto: Trabajabilidad (Asentamiento) y Resistencia a Compresión. Estos **polímeros superabsorbentes** fueron hidratados antes de la adición en la mezcla sin alterar la relación del agua de diseño.

Se realizó las pruebas de Asentamiento y Compresión Simple, del Concreto de Alta Resistencia Inicial, con las tres adiciones de **polímeros superabsorbentes** ya indicadas para determinar el comportamiento de la trabajabilidad y resistencia a compresión.

Al comparar los resultados obtenidos de las muestras de Concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de **polímeros superabsorbentes** y las muestras de

Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición de **polímeros superabsorbentes** al 0.1% del peso de cemento, se concluye que este porcentaje de adición incrementa el asentamiento y la resistencia a compresión . Sin embargo las adiciones de 0.15% y 0.2% a pesar de obtener un mayor incremento en el asentamiento, disminuyen la resistencia a compresión, concluyendo así que las adiciones mayores 0.1% generan un efecto adverso y perjudicial para el concreto planteado en la investigación.



ABSTRACT

This present thesis research was conducted in the city of Puno of district and region Puno, during the months of November and December 2014, with the purpose of evaluating the effectiveness of the addition of **superabsorbent polymers** in Concrete High Initial Resistance, this type of concrete have deficiencies in the process of hydration of its components due to the low water-cement ratio (0.4 less) it required provide water from the inside because it is difficult to get water curing from abroad, because this type of concrete are low permeability.

To achieve the design of high early strength concrete it began with a design of concrete $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ using tables that provides the method 211 of ACI committee, to which additions were made microsilica and superplasticizer. The proportions of microsilica and additives selected for test designs were taken from the manufacturer's recommendations in two ranges for each product, these tests design were subjected to compression tests conducted at 7 days, finally, with the selected It was obtained high early strength concrete with an average resistance $f_c = 450 \text{ kg/cm}^2$, the effective water-cement ratio of 0.4 and slump test a final of concrete of 3 to 4 inch. In the mix design, the volumes of water and cement is reduce for replacing by microsilica and superplasticizer by mass, to offset the increase in volume caused by these materials to maintain the original percentages of water and cement.

Once obtained the concrete initial design, it performed additions of superabsorbent polymers of 0.1%, 0.15% and 0.2% for by weight of the cement, in order to improve the behavior of Concrete High Initial Resistance in two important aspects concrete: workability (slump) and Compressive resistance. These **superabsorbent polymers** were hydrated before adding into the mixture without altering the water-cement ratio of layout.

was performed the slump tests and Compression simple, on the high early strength concrete, with three additions of **superabsorbent polymers** as already indicated to determine the behavior of workability and compressive strength.

when comparing the results obtained from samples of high early strength concrete without adding **superabsorbent polymers** and concrete high early strength with superabsorbent polymers with 0.1% by weight of cement, it concludes that this percentage of addition increases the settlement and the resistance to compression.

However additions of 0.15% and 0.2% despite getting a larger increase in slump concrete, decrease the compressive strength, concluding that older additions 0.1% generate an adverse and detrimental for concrete raised in investigation.

INTRODUCCIÓN

El curado del concreto es un requisito fundamental en la obtención de un concreto de buena calidad. El curado asegura la hidratación de los materiales cementantes y la obtención de la resistencia requerida en el concreto. Más aún, el curado reduce la variabilidad en las propiedades mecánicas y disminuye permeabilidad. Con la producción de concretos de baja relación de agua-cemento muchas de las propiedades del concreto han sido mejoradas de manera importante. Sin embargo, la necesidad de curado se ha hecho más necesaria que antes. Los concretos de baja relación agua-cemento tienen un bajo contenido de agua y relativamente altos volúmenes de materiales cementantes lo que incrementa la necesidad de agua de curado. Usualmente, este tipo de concreto presenta una baja permeabilidad lo que dificulta el ingreso del agua de curado desde el exterior. Un nuevo paradigma ha surgido como respuesta a la necesidad de curado y en especial frente a la dificultad de curar los concretos de baja relación agua-cemento. Este paradigma ha llevado la realización de la presente tesis que tiene como objeto de estudio demostrar la efectividad de almacenar agua en el interior de un Concreto de Alta Resistencia Inicial con el uso de **polímeros superabsorbentes**, agua que no estará disponible durante el mezclado o en las primeras etapas de hidratación pero es liberada más tarde para el curado.

Para un adecuado entendimiento la presente tesis está organizada en función de seis capítulos. **El Capítulo I:** Generalidades, en el cual se aborda los aspectos básicos de la investigación como el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos y la hipótesis de la investigación. **El Capítulo II:** Marco Teórico y Conceptual, donde se describe conceptos generales de la tecnología del concreto y sus variantes en relación al tema de investigación. **El Capítulo III:** Materiales y Procedimiento Experimental, donde se detalla las características de los materiales empleados y el procedimiento experimental utilizado para obtener los resultados de la investigación. **El Capítulo IV:** Análisis de Resultados, donde se detalla los resultados obtenidos de cada una de las pruebas realizadas en laboratorio y su interpretación. **El Capítulo V:** Análisis Estadístico y Validación de Hipótesis, donde se someten los resultados obtenidos a la prueba de hipótesis a través de fórmulas estadísticas elegidas. **Capítulo VI:** Conclusiones y Recomendaciones, donde se da informe sobre las conclusiones obtenidas en la investigación y las recomendaciones para ampliar en un futuro la investigación. **Bibliografía:** donde se describen los textos consultados. Todos estos capítulos son complementados con información incluida en la parte final denominada **Anexos**.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El concreto está evolucionando hacia alternativas en materiales cementantes y tecnologías en producción, transporte, colocación y procesos constructivos orientadas hacia la sostenibilidad, es decir, protección del medio ambiente y reducción de huella de carbono en armonía con la corriente mundial en este campo, pero satisfaciendo además la necesidad obvia de la industria de que el concreto siga siendo el material más usado por el hombre después del agua.

En América Latina, ya se percibe también esta corriente, pero el concreto está evolucionando además en aprovechar las nuevas tecnologías para reducir costos y desarrollar soluciones locales para los retos particulares de la industria de la construcción en nuestros países en rubros como la vivienda masiva, o las obras de infraestructura con características tan particulares de exposición al medio ambiente como por ejemplo las zonas andinas con altitudes sobre los 3.500 m.s.n.m. con problemas muy alejados de las realidades de Estados Unidos y Europa. Innovaciones que se están desarrollando a nivel mundial en tópicos como los concretos con curado interno por adición de polímeros súper absorbentes que compensan la pérdida de agua por secado en concretos de alta resistencia. (Pasquel Carbajal, Nuevas tecnologías de concretos en el mundo-360° en concretos, 2013, págs. 5-6)

En la actualidad en la mayoría de países se vienen implementando el uso de nuevas tecnologías de curado colocadas sobre la superficie de los

elementos de concreto es lo que mayormente se utiliza para lograr un curado eficaz, entre éstas se encuentran el curado húmedo, membranas con mantas de aislamiento o compuestos líquidos formadores de membrana. El método de curado húmedo puede llevarse a cabo por inundación, rociado o en forma de vapor; el objetivo es mantener el agua en la superficie del concreto, lo cual se logra también si se cubre el concreto con yute, plástico o papel humedecido. Decidir qué sistema de curado emplear en obra debe considerar costos tiempo disponible y además en qué condiciones ambientales se encontrará el concreto.

En nuestro país comúnmente dentro de métodos más utilizados para el curado de concretos de alta resistencia se destacan las cubiertas de arpillera, esteras de algodón u otras con capacidad para retener la humedad.

Hay varias soluciones para el curado, de concretos de alta resistencia inicial, las cuales difieren en eficiencia, son difíciles de ejecutar y pocas veces se aplica de forma eficiente; en algunos casos para su aplicación requiere de equipo especial.

1.1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

¿Cuál es el comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un Concreto de Alta Resistencia Inicial por adición de Polímeros Superabsorbentes en la ciudad de Puno?

1.1.3. PREGUNTAS ESPECÍFICAS

¿Cuál es el comportamiento de la trabajabilidad de un Concreto de Alta Resistencia Inicial por adición de Polímeros Superabsorbentes, en la ciudad de Puno?

¿Cuál es la variación de la resistencia a compresión de un concreto de Alta Resistencia Inicial por la adición de Polímeros Superabsorbentes, en la ciudad de Puno?

1.1.4. ANTECEDENTES

A. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Hace casi 1.900 años, los romanos construyeron lo que sigue siendo la mayor cúpula sólida de concreto no reforzada del mundo, el Panteón de Agripa.

El secreto, probablemente desconocido para los ingenieros del emperador Adriano en el momento, fue el concreto con agregado ligero humedecido utilizado para construir la cúpula que se había puesto y endurecido de adentro hacia afuera. Este proceso de curado interno es el que ha mejorado la resistencia del material, durabilidad, resistencia al agrietamiento, y otras propiedades para que el Panteón se siga utilizando para eventos especiales hasta el día de hoy.

FIGURA 1.1: VISTA PANORÁMICA DEL PANTEÓN DE AGRIPA, EN ROMA



FUENTE: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einblick_Panorama_Pantheon_Rom.jpg?uselang=es

Página Web

Pero es sólo en la última década más o menos que el concreto con curado interno ha comenzado a tener un impacto en la infraestructura mundo moderno. Cada vez más, concreto curado internamente se está utilizando en la construcción de tableros de puentes, aceras, estacionamientos, depósitos de agua, y los patios de ferrocarril, de acuerdo con una publicación del estado actual de la nueva (o antigua) tecnología del hormigón recién publicado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de los E.E.UU.

B. INVESTIGACIONES RELACIONADAS

- ❖ En el Instituto de Materiales de Construcción de la Universidad de Stuttgart Alemania (Backnang) se realizó una investigación

denominada: “Propiedades Físicas de Concreto con Polímeros Superabsorbentes Modificados”. Los polímeros superabsorbentes examinados se probaron con respecto a su eficacia para el curado interno en pastas de cemento Portland y humo de sílice, morteros de alto rendimiento modificados. Dentro de una de las conclusiones se demostró la influencia del agua de curado interno en el desarrollo de la resistencia a compresión. Sólo en el caso de las mezclas producidas a baja relación agua-cemento se pudo demostrar que el curado interno conduce a un ligero aumento de resistencia a la compresión en comparación con mezclas sin curado interno pero el mismo contenido total de agua. (Assmann, 2013, pág. 158)

❖ En un artículo científico publicado por la Agencia Estatal de Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) la mayor institución pública dedicada a la investigación en España y la tercera de Europa, presenta: “El efecto de las condiciones de curado sobre las propiedades mecánicas de los concretos a los que se han añadido Polímeros Superabsorbentes como agentes de curado interno”. Los concretos se curaron a dos temperaturas, 20 y 40 °C, y a varios valores de la humedad relativa entre el 30% y el 95%. Se estudió asimismo dicho efecto en función de la relación agua/cemento en adelante (a/c). Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y a la tracción a distintas edades. Los resultados incluyen la evolución de la pérdida de masa y su relación tanto con las condiciones ambientales como con el comportamiento resistente de los morteros. El curado interno de estos con Polímeros Superabsorbentes permitió el mantenimiento de sus propiedades mecánicas en condiciones de curado extremas. (L.P. Esteves, H. Paiva, V.M. Ferreira, P. Cachim., 2010, págs. 61-72)

❖ En el Perú uno de los investigadores que más ha desarrollado la introducción de curado interno es el Ing. Enrique Pasquel Carbajal, especialista en Investigación Experimental en Concreto de la Universidad Tecnológica de Delft (Holanda), tomando como base los artículos de Mateusz Wyrzykowsky, Pietro Lura, Darius Gawin, “Modelling Internal Curing in Concrete” EMPA–Paris-2011, respecto a Curado Interno con Polímeros Superabsorbentes dichos agentes almacenan el agua en un comienzo por lo que la relación a/c

permanece inalterada. Una vez que la humedad relativa dentro del concreto disminuye, estos comienzan a liberar agua de curado. Si el agente está homogéneamente distribuido y su capacidad de retener agua es suficiente, el agua de curado puede incrementar el grado de hidratación de manera uniforme dentro del concreto (Pasquel Carbajal, Curado interno con Polímeros Super Absorbentes, 2014, pág. 50)

1.2. JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad las construcciones modernas (edificios, puentes de mucha luz, pisos industriales) cada vez se realizan con mayor rapidez, los elementos de concreto de estas estructuras demandan mayores exigencias para su diseño y elaboración, como por ejemplo: reducción de sección de vigas y columnas, pronta puesta en servicio de las estructuras reduciendo así los tiempos de desencofrado, mayor durabilidad, etc. Este tipo de construcciones es posible con el uso de concretos de alta resistencia inicial o alta resistencia en edad temprana y debido a su baja relación de a/c, adición de aditivos químicos y agregados con características específicas, estos concretos requieren un curado continuo durante las primeras horas una vez vaciado los elementos estructurales, además de ser impermeables lo que dificulta un curado externo. Es por ello importante encontrar nuevas tecnologías que posibiliten en forma eficiente soluciones del curado de concretos de Alta Resistencia Inicial, motivo de la presente investigación.

La investigación es conveniente desde el punto de vista técnico y contribuirá al conocimiento del comportamiento Concreto de Alta Resistencia Inicial en la ciudad de Puno, con adición de Polímeros Superabsorbentes. La investigación permitirá brindar información de los datos obtenidos de trabajabilidad y la evolución en su resistencia a compresión, teniendo en cuenta las condiciones propias que imperan en nuestro medio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un Concreto de Alta Resistencia Inicial por adición de Polímeros Superabsorbentes en la ciudad de Puno, a través de pruebas de laboratorio.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Determinar el comportamiento de la trabajabilidad mediante la prueba de Cono de Abrams de un Concreto de Alta Resistencia Inicial por adición de Polímeros Superabsorbentes, en la ciudad de Puno.
- B. Determinar la variación de la resistencia a compresión de un Concreto de Alta Resistencia Inicial por la adición de Polímeros Superabsorbentes, en la ciudad de Puno.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

La adición de Polímeros Superabsorbentes en un Concreto de Alta Resistencia Inicial mejoran el comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión, en la ciudad de Puno.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- A. La adición de Polímeros Superabsorbentes en un Concreto de Alta Resistencia Inicial mejoran en el comportamiento de la trabajabilidad, en la ciudad de Puno.
- B. La adición de Polímeros Superabsorbentes en un Concreto de Alta Resistencia Inicial mejoran en el comportamiento de la resistencia a compresión, en la ciudad de Puno.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. CONCRETO

“El concreto es un material constituido en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados, aire y opcionalmente de aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción”. (Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1998, pág. 11).

2.1.1. COMPONENTES DEL CONCRETO

Para poder dominar el uso del concreto no solo hay que conocer las manifestaciones del producto resultante sino también de los componentes y su interrelación, ya que son en mayor instancia los que le confieren su particularidad.

A. CEMENTO

Se define como cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. (Rivva Lopez, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2004, pág. 30)

α.) Principales Compuestos

Durante el proceso de fusión de la materia prima que ha de dar origen al Clinker se forman silicatos cálcicos, aluminatos cálcicos y ferritos de composición compleja de ellos los componentes básicos del cemento son los silicatos cálcicos. La fórmula de composición de los cuatro compuestos principales, así como la forma abreviada de los mismos se ve en la Tabla N° 2.1.

El porcentaje relativo de los cuatro compuestos principales norma las propiedades del cemento portland. Dicho porcentaje depende de la proporción relativa entre la cal y los componentes ácidos – sílice, alúmina y óxido férrico – también conocidas como factores hidráulicos.

TABLA N° 2.1. COMPUESTOS PRINCIPALES DEL CEMENTO

COMPUESTO	FÓRMULA
SILICATO TRICALCICO :	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_3\text{S}$
SILICATO BICALCICO :	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$
ALUMINATO TRICALCICO :	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$
FERRROALUMINATO TRICALCICO :	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF}$

FUENTE: E. RIVVA (2004), "NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO", PAG.50

Normalmente se acepta que los porcentajes límites de los compuestos principales estén dentro de los siguientes valores: TABLA N° 2.2. Porcentajes de los compuestos del cemento

TABLA N° 2.2. PORCENTAJES DE LOS COMPUESTOS DEL CEMENTO

FÓRMULA	PORCENTAJE
C_3S :	30% a 60%
C_2S :	15% a 37%
C_3A :	7% a 15%
C_4AF :	8% a 10%

FUENTE: E. RIVVA (2004), "NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO", PAG.50

Estos compuestos, denominados potenciales, no son verdaderos compuestos en el sentido químico pues no se encuentran aislados sino en fases las que contienen algunas impurezas, sin embargo las proporciones calculadas de estos compuestos revelan valiosa información en cuanto a las propiedades del cemento.

❖ **Silicato Tricálcico (C₃S).**

También denominado Alita, es la fase principal en la mayoría de los clinker Portland, y se compone de 73.7% de cal y 26.3% de ácido silícico. Este compuesto presenta cristales poligonales bien formados, con dimensiones que varían según el grado de cristalización, siendo bien desarrollados cuando la cocción ha tenido lugar a temperatura suficientemente elevada y durante bastante tiempo, así como en presencia de una cantidad adecuada de fase líquida.

El Silicato Tricálcico contribuye de manera muy importante a las resistencias iniciales, siendo su velocidad de hidratación alta, así también desarrolla un alto calor de hidratación, se estima que su calor de hidratación completa en 120 cal/gr.

Experimentalmente se ha comprobado que los concretos elaborados con cementos con mayor porcentaje de Silicato Tricálcico presentan una mejor acción a los ciclos de hielo deshielo. Se recomienda su uso en zonas de climas fríos dado su alto calor de hidratación, sin embargo no en construcciones masivas por la baja estabilidad volumétrica que pueden producir.

❖ **Silicato Bicálcico (C₂S)**

También denominado Belita, es la segunda fase en importancia en el Clinker, y se compone de 65.1% de cal y 34.9% de ácido silícico. Este compuesto presenta cristales relativamente anchos, de contornos redondeados y tamaño variable.

El Silicato Bicálcico tiene una lenta velocidad de hidratación y desarrollo de calor bajo 62 cal/gr, dada su lenta velocidad de endurecimiento, la contribución del silicato bicálcico a las resistencias iniciales es muy pequeña, siendo su efecto posterior la fuente principal de resistencia. Su estabilidad química es bastante buena.

Por lo que el uso de cementos con alto contenido de Silicato Bicálcico para producir concretos resistentes al ataque de sulfatos es muy recomendable.

❖ **Aluminato Tricálcico (C_3A).**

El Aluminato Tricálcico se compone de 62.3% de cal y 37.7% de alúmina. Este compuesto presenta un color oscuro ante el examen microscópico del Clinker, después de los álcalis, los aluminatos son los compuestos del cemento que primero reaccionan con el agua. Su fraguado ocurre a una velocidad de hidratación muy alta, hasta el punto de ser casi instantáneo, es por esta razón que la adición de sulfato de calcio se hace necesaria para controlar esta velocidad de hidratación.

Tanto la resistencia del concreto a ciclos de hielo y deshielo así como su resistencia al ataque de sulfatos tiende a disminuir conforme se incrementa el contenido de Aluminato Tricálcico en el cemento. El Aluminato Tricálcico es muy sensible a la acción de sulfatos y cloruros, debido a la formación de sales del tipo sulfoaluminatos y cloroaluminatos, la formación de estas sales es de carácter expansivo, pudiendo originar agrietamiento y desintegración del concreto. La forma de ataque es por reacción del sulfato de calcio con el Hidroaluminato Tricálcico resultante de la hidratación del Aluminato Tricálcico, favoreciendo la formación del llamado bacilo del cemento químicamente sulfoaluminato de calcio hidratado, este compuesto es la causa de las formas más peligrosas de corrosión del concreto. Se recomienda un contenido máximo de Aluminato Tricálcico es del orden de 7%.

❖ **Ferroaluminato Tetracálcico (C_4AF)**

El Ferroaluminato Tetracálcico se compone de 46.1% de cal, 21% de alúmina y 32.9% de óxido de hierro. También es denominado Celita clara o Ferrito. Este compuesto presenta un calor de hidratación de 100 cal/gr y una alta estabilidad química.

Los cementos ricos en este compuesto tienen condiciones de empleo específicas en todos aquellos casos en que importe más la durabilidad frente a los agresivos químicos que las resistencias mecánicas.

b.) Tipos de Cemento:

Cuando las proporciones de los componentes del cemento se varían, el comportamiento del concreto hidratado también, es por eso que se genera diversos tipos de cemento para necesidades específicas. La siguiente tabla da un resumen de los tipos de cemento portland existentes.

TABLA 2.3. PRINCIPALES TIPOS DE CEMENTO PORTLAND.

TIPO	ASTM	DESCRIPCIÓN
Tipo I	C 150 – 84	Pórtland común.
Tipo II	C 150 – 84	Pórtland con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
Tipo III	C 150 – 84	Pórtland de endurecido rápido.
Tipo IV	C 150 – 84	Pórtland de bajo calor de hidratación.
Tipo V	C 150 – 84	Pórtland resistente al sulfato.
Tipo IP	C 595 – 83 a	Pórtland puzolánico de 15 a 40 % de puzolana.

FUENTE: NORMAS ASTM, 150

❖ Cemento Portland

El cemento Portland se define en la norma como el producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Admitiéndose 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.

❖ Cemento Portland Puzolánico

El cemento Portland Puzolánico se define según la norma, como el cemento que se obtienen por la pulverización conjunta de una mezcla de Clinker Portland y puzolana con la adición eventual de sulfato de calcio.

La puzolana empleada en la fabricación de cementos es aquel material que posee propiedades puzolánicas es decir como aptitud para fijar hidróxido de calcio a la temperatura ambiente, formando en

presencia de agua, compuestos que poseen propiedades hidráulicas. Debe cumplir con los requisitos de la Norma NTP 334.090:2013 ó ASTM C 595.

Las puzolanas pueden ser naturales (tierra de acaloraras, rocas opalinas, esquistos, cenizas volcánicas, pumitas, etc.), material calcinado (los anteriormente nombrados y algunos como las arcillas y esquistos más comunes) y material artificial (óxido de silicio precipitado y cenizas volantes).

B. AGREGADOS

Los agregados representan la mayor cantidad en volumen del concreto, debe ser seleccionada adecuadamente y debe tener una granulometría uniforme, se clasifican en agregados gruesos y agregados finos, son obtenidos generalmente en forma natural y artificial.

Los agregados como los elementos inertes del concreto son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total, luego la calidad de estos tienen una importancia primordial en el producto final. La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente así como la trabajabilidad adecuada (Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1998, pág. 69)

a.) Propiedades Físicas de los Agregados:

❖ Granulometría

Es la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas. El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33.

❖ Módulo de Fineza

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, estas divididas entre 100.

Los agregados que presentan un módulo de fineza bajo indican una preponderancia de las partículas más finas con un área superficial total muy alta, la que será necesario para cubrir con pasta.

❖ **Tamaño Máximo**

Según Norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.

El tamaño máximo del agregado grueso se determina a partir de un análisis por tamices y generalmente, se acepta que es el que corresponde al tamiz inmediatamente superior a aquel en el cual queda 15% o más de material acumulado retenido.

❖ **Tamaño Máximo Nominal**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. El tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor de:

- ✓ Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; ó
- ✓ Un tercio del peralte de las losas; ó
- ✓ Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo.

❖ **Peso Específico**

El peso específico de los agregados que se expresa también como densidad, según la norma NTP 400.022:2002 se define como la relación de la masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, expresada en las siguientes tres formas:

- ✓ Peso específico de masa. Se refiere al volumen del material sólido, incluidos todos los poros.
- ✓ Peso específico de masa saturado superficialmente seco. Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

- ✓ Peso específico aparente. Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares.

❖ **Absorción**

Se denomina así a la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, se determina midiendo la disminución de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

❖ **Peso Unitario**

Se denomina peso unitario del agregado al peso que alcanza un determinado volumen unitario, ya sea suelto o compactado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado.

El peso unitario varía con el contenido de humedad. En el agregado grueso los incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario. En el agregado fino los incrementos más allá de la condición de saturado superficialmente secos pueden disminuir el peso unitario debido a que la película superficial de agua origina que las partículas estén juntas facilitando la compactación con incremento en el volumen y disminución del peso unitario. La importancia es mayor si el diseño de mezclas se realizara por volumen.

La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos grados: suelto y compactado.

❖ **Contenido de Humedad**

Cantidad de agua absorbida más la cantidad de agua superficial con que cuenta el agregado en un momento dado. Permite controlar la cantidad de agua requerida por el diseño de mezclas.

El estado de humedad de un agregado puede estar comprendido dentro de las 04 condiciones que tenemos a continuación:

- ✓ Seco, que es aquella condición en la que toda la humedad, tanto interna como externa, ha desaparecido, generalmente por calentamiento a 100°C .

- ✓ Semi seco o secado al ambiente, que es aquella condición en la cual no hay humedad superficial sobre las partículas, pero todos los poros dentro de ellas están llenos de agua.
- ✓ Saturado o húmedo, que es aquella condición en que el agregado se encuentra saturado y con agua libre o superficial sobre las partículas.

El contenido de humedad o agua total del agregado es la diferencia entre el estado actual de humedad del mismo y el estado seco.

b.) Clasificación de los Agregados por su Gradación:

❖ Agregados Finos

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 3/8" (9.5mm) y que cumplen con los límites establecidos con la norma de: AGREGADOS; Especificaciones normalizadas para agregados en concreto NTP 400.037.

TABLA 2.4. LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

MALLA	% QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 85
N° 30	25 – 60
N° 50	10 – 30
N° 100	2 – 10

FUENTE: NORMA NTP 400.037

❖ Agregados Gruesos.

Es el agregado que queda retenido en el tamiz N° 4 (4.75 mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 ó ASTM C 33. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

TABLA 2.5. REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO

N° ASTM	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	% QUE PASA LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100 mm. (4")	90 mm. (3 1/2")	75 mm(3")	63 mm. (2 1/2")	50 mm. (2")	37.5 mm. (1 1/2")	25. mm. (1")	19 mm. (3/4")	12.5 mm. (1/2")	9.5 mm. (3/8")	4.75 mm. (N° 4)	2.36 mm. (N° 8)	1.18 mm. (N° 16)
1	90 a 37.5 mm. (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5 mm. (2 1/2" a 1 1/2")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25 mm. (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50 a 4.75 mm. (2" a NO 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19 mm. (1 1/2" a 3/4")						90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm. (1 1/2" a NO 4)						90 a 100		35 a 70	10 a 30	0 a 5			
5	25 a 12.5 mm. (1" a 1/2")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25 a 9.5 mm. (1" a 3/8")						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	25 a 4.75 mm. (1" a NO 4)						100	90 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6"	19 a 9.5 mm. (3/4" a 3/8")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19 a 4.75 mm. (3/4" a NO 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75 mm. (1/2" a NO 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36 mm. (3/8" a NO 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

FUENTE: RIVVA LÓPEZ "DISEÑO DE MEZCLAS". TABLA.3.5.3

*NOTA. PARA ESTA INVESTIGACIÓN SE UTILIZÓ N° ASTM: 6

C. AGUA

El agua se constituye como el elemento preponderante en la elaboración de concreto, gracias a la importante función que cumple durante el estado plástico, el proceso de fraguado y el estado endurecido. Su referencia en la mezcla para concreto no solo es importante en cuanto a la relación a/c, dependiendo de las necesidades de resistencia y trabajabilidad, también es de vital importancia tomar en consideración la calidad química y física del agua a utilizar en la mezcla. (García Calderon, 2010, pág. 19)

La Norma Peruana NTP 339.088:2014.Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Considera aguas aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas cuyos contenidos y sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

TABLA 2.6. LÍMITES PERMISIBLES DE CONTENIDOS Y SUSTANCIAS DISUELTAS

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLES
Sólidos en suspensión	5 000 ppm máximo
Materia Orgánica	3 ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	100 ppm máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (ión Cl)	1000 ppm máximo
PH	5 a 8 máximo

FUENTE: NORMA PERUANA NTP 339.088.2014

a.) Agua de Mezclado

Se define como la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento, contenido en este volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, con una fluidez que permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico. (Sánchez de Guzman , 1987, pág. 73)

El agua de mezclado es aquella que se adiciona junto con los agregados y el cemento, y dependiendo de su cantidad, será posible obtener una fluidez determinada de la pasta de cemento. Al endurecerse la pasta de cemento, una parte del agua quedara fija como parte de la estructura, y otra parte permanecerá como agua

libre, en términos generales, estas dos formas básicas de agua presentes en la pasta hidratada se conocen como Agua de Hidratación, la cual forma parte químicamente del gel de cemento; y Agua Evaporable, correspondiente al agua restante que existe en la pasta, evaporable a 0% de humedad relativa del ambiente y a 110°C. En estudios más profundos, normalmente se mencionan: las Aguas de Absorción, conocida como agua activa debido a su influencia directa en el comportamiento del concreto bajo carga; el Agua Capilar, la cual ocupa los poros capilares de la pasta; y el Agua Libre, la cual puede evaporarse con facilidad.

b.) Agua de Curado

Por definición, el proceso de curado hace referencia al conjunto de condiciones como humedad temperatura, requeridas para la hidratación no interrumpida de la pasta hasta que la totalidad del cemento se hidrate permitiendo así que el concreto alcance sus propiedades potenciales. El objetivo principal del proceso de curado es entonces el de mantener el concreto lo más próximo posible a la saturación, permitiendo que los espacios inicialmente saturados por agua, sean ocupados por los productos derivados de la hidratación del cemento, conocido comúnmente como “gel”. (García Calderon, 2010, pág. 20)

La pureza del agua de curado debe ser considerada con el fin de evitar impurezas que puedan eventualmente atacar o deteriorar el concreto.

c.) Ensayos del agua

Se cuentan con ensayos ya estandarizados para medir y determinar la calidad del agua a utilizarse en una mezcla de concreto, y son los siguientes:

- ✓ Calcio y Magnesio en el Agua. NTP. 339.088.2014 Norma ASTM D-15
- ✓ Cloruros. Norma NTP. 339.076.2009 ASTM D-512
- ✓ Sulfatos. Norma NTP. 339.076.2009 ASTM D-516
- ✓ pH del Agua. Norma NTP. 339.088.2014 ASTM D-1239

- ✓ Acidez y alcalinidad. NTP. 339.088.2014 Norma ASTM D- 1067
- ✓ Partículas y materia disuelta en el agua. NTP.339.071.2009 ASTM D-1888.

2.1.2. CONCRETO FRESCO

Es aquel concreto recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable, en el cual no se produce el fraguado ni el endurecimiento y adopta la forma del encofrado.

Las propiedades a largo plazo del concreto (la resistencia, estabilidad de volumen, durabilidad) son severamente afectadas por el grado de compactación, es esencial que la consistencia o manejabilidad del concreto fresco sean tales que pueda compactarse adecuadamente, ser transportado, colocado y acabado con la facilidad suficiente para que no segregue, lo cual perjudica la compactación.

A. TRABAJABILIDAD.

Se define a la mayor o menor dificultad de mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, ya que un concreto que puede ser manejable bajo ciertas condiciones de colocación, no necesariamente resulta así si dichas condiciones cambian (Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1998, pág. 131)

El método tradicional de medir la manejabilidad ha sido desde hace muchos años el “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams,¹ ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse una idea clara, que es más una prueba de uniformidad que de manejabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concreto con igual Slump pero manejabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.

a.) Pruebas de Trabajabilidad.

Desafortunadamente no existe una prueba aceptable para medir la manejabilidad tal como ha sido definida. Los métodos proporcionan una medida aplicable sólo en referencia al método específico que se emplee. Sin embargo tienen una aceptación y su mérito principal reside en la sencillez de la operación, con una capacidad para detectar variaciones en la uniformidad

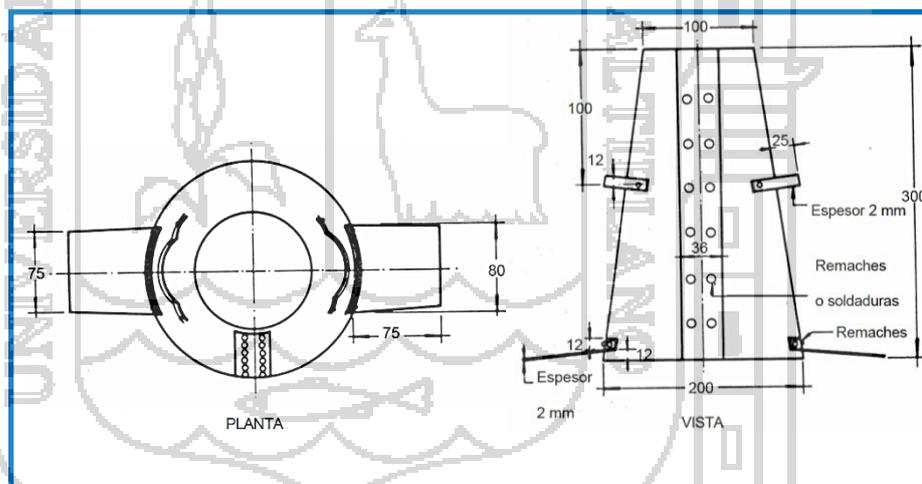
¹ Esta prueba desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978 ASTM.

de una mezcla de proporciones nominales específicas. Dentro de estas pruebas tenemos: Prueba de revenimiento o slump test (utilizada en esta investigación), prueba del factor de compactación, prueba de la mesa de flujo y la prueba de penetración de la esfera de Kelly.

❖ **Prueba de Revenimiento o Slump Test (NTP 339.035:2009 ó ASTM C 143-78):**

El molde para la prueba de revenimiento es un cono truncado de 305 mm. (12") de altura, La base de 203 mm. (8") y la abertura superior de un diámetro de 102 mm. (4") que se le coloca sobre una superficie plana. El recipiente se llena con concreto en tres capas, cada una de ellas apisonada 25 veces con una varilla de acero estándar de 16 mm. (5/8") de diámetro redondeada en el extremo. En la superficie superior se va eliminando enrasando y haciendo rodar una varilla por encima. El molde debe quedar firmemente sujeto a su base durante toda la operación; esto se facilita colocando unas abrazaderas soldadas.

FIGURA 2.1. CARACTERÍSTICAS DEL CONO DE ABRAMS



FUENTE: INSTITUTO DEL CONCRETO ASOCRETO, 1997. "TECNOLOGÍA Y CONCRETO" PAG.111

En una mezcla pobre con tendencia a la aspereza, el desplome puede cambiar fácilmente al cortante o incluso colapsarse, y puede obtenerse valores muy diferentes de revenimiento en varias muestras de la misma mezcla; por lo tanto, la prueba no es confiable con mezclas pobres. (Neville A.M. & Brooks J.J., 1998)

2.1.3. CONCRETO ENDURECIDO

La resistencia del concreto a la compresión es comúnmente considerada como la característica más valiosa aunque en muchos casos son otras, como la durabilidad, impermeabilidad y estabilidad de volumen, las que pueden ser importantes. Sin embargo, la resistencia a la compresión suele dar un panorama general de calidad del concreto, por estar directamente relacionada con la estructura de la pasta del cemento. (Neville A.M. & Brooks J.J., 1998, pág. 77)

2.1.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

A. FACTORES QUE AFECTAN A LA RESISTENCIA.

La resistencia del concreto depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar principalmente en términos de la relación a/c en peso.

La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado² ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llega a desarrollar completamente las características resistentes del concreto. (Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1998, pág. 141).

² El reglamento Nacional de Construcciones en la Norma E-60, indica: "El concreto deberá ser curado y mantenido sobre los 10°C por lo menos los 7 primeros días después de su colocación; en el caso de concreto con alta resistencia inicial este tiempo podrá reducirse a 3 días. Si se usa cemento tipo IP o IPM el curado deberá mantenerse como mínimo los primeros 10 días."

a.) Desarrollo de la Resistencia a la Compresión.

Para obtener un concreto de buena calidad, después del mezclado le sigue un curado adecuado durante las primeras etapas de su endurecimiento. En la siguiente tabla se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días.

TABLA 2.7. RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN DIFERENTES ETAPAS

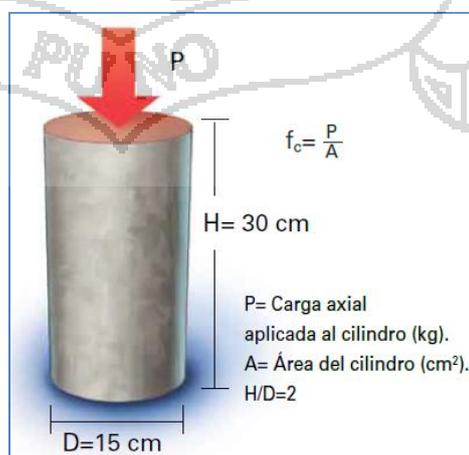
Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'_c(t)/f'_c28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

FUENTE: TEODORO E. HARMSÉN "DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO" PÁG. 22

b.) Pruebas de resistencia a la compresión.

Se realiza a través del ensayo de un cilindro estándar, cuya altura deberá ser siempre el doble del diámetro. El espécimen debe permanecer en el molde 20 +/- 4 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo. El procedimiento estándar requiere que la probeta tenga 28 días de vida para ser ensayada, sin embargo este periodo puede alterarse si se especifica, durante la prueba el cilindro es cargado a un ritmo uniforme de 2.45 Kg./cm²/s. La resistencia a la compresión (f'_c) se define como el promedio de la resistencia de, como mínimo, dos probetas tomadas de la misma muestra probadas a los 28 días. NTP 339.034. CONCRETO. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

FIGURA 2.2. ESQUEMA PRUEBA DE COMPRESIÓN AXIAL



FUENTE: FERNANDO GASTAÑADÚJ RUIZ, 2010

2.2. CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA INICIAL

El concreto de alta resistencia inicial, también llamado de concreto de alta resistencia en edad temprana o fast track, logra su resistencia especificada más rápido que el concreto convencional. El periodo de tiempo en el cual la resistencia especificada se debe desarrollar puede variar de unas pocas horas (o hasta mismo minutos) hasta varios días. Se puede lograr la alta resistencia en edades tempranas con la utilización de ingredientes y prácticas de vaciado convencionales, a pesar de que en algunos casos se hacen necesarios materiales y técnicas especiales. (Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese & Jussara Tanesi, 2004, pág. 174)

La alta resistencia inicial se puede obtener con el uso de una o la combinación de varias de las siguientes recomendaciones, dependiendo de la edad en la cual se debe alcanzar la resistencia especificada y las condiciones de la obra:

- ❖ Cemento de alta resistencia inicial, tales como ASTM tipo III o HE
- ❖ Alto contenido de cemento (400 a 600 kg/m³)
- ❖ Baja relación a/c (0.20 a 0.45 en masa)
- ❖ Temperatura más elevada del concreto fresco
- ❖ Mayor temperatura de curado
- ❖ Aditivos químicos
- ❖ Humo de sílice (u otro material cementante suplementario)
- ❖ Curado a vapor o en autoclave
- ❖ Aislamiento para retener el calor de hidratación
- ❖ Cementos especiales de endurecimiento rápido

Al diseñarse el concreto de alta resistencia inicial, el desarrollo de la resistencia no es el único criterio que se debe evaluar. Otras propiedades, tales como durabilidad, endurecimiento rápido, contracción autógena, retracción por secado y aumento de temperatura, también se deben evaluar cuanto a su compatibilidad con el proyecto. Pueden ser necesarios procedimientos especiales de curado, tales como rociado, para prevenirse el agrietamiento plástico.

2.2.1. MICROSÍLICE

El comité 116 de American Concrete Institute (ACI) define a la microsíllice como a “Una sílice no cristalina muy fina producida por hornos de arco eléctrico como un subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferro silicio”.

La microsíllice es un polvo muy fino, obtenido por decantación del humo de chimeneas de altos hornos de aleaciones metálicas de la industria del ferrosilicón, el cual está compuesto del 90% al 95% de dióxido de sílice amorfo, y que tiene propiedades puzolánicas que le permiten reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio para formar un gel con notable incremento en las propiedades positivas del concreto, especialmente su resistencia a la compresión y durabilidad. (Rivva Lopez, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2004, pág. 374)



FIGURA 2.3. MICROSÍLICE UTILIZADA EN LA INVESTIGACION, SIKA FUME

A. NORMALIZACIÓN

La microsíllice utilizada en la presente tesis fue Sika Fume, el uso de microsíllice está normalizada en Perú por la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.087 que tiene como antecedente la norma ASTM C 1240. Las características químicas y técnicas están detalladas en el Anexo 3.3.

B. REACCIÓN DE LA MICROSÍLICE CON EL CONCRETO

La Microsílice, debido a su extrema finura además de su contenido de sílice, tiene un importante papel en las reacciones internas de la pasta de concreto. Al ser tan pequeñas las partículas, estas actúan como un filler llenando los espacios vacíos en la pasta haciendo que el concreto tenga mayores propiedades adherentes, creando mayor compacidad a la vez que brinda más fluidez a la mezcla. Además ayuda a reducir la exudación de agua en la superficie y proporciona reducciones significativas en la permeabilidad del concreto y al ser menos permeable, incrementa también la durabilidad del mismo.

Otra de las propiedades que brinda el uso de Microsílice como adición, es el incremento de la resistencia al ataque de sulfatos y cloruros, reduce casi hasta eliminar una probable reacción álcali-sílice. Todo esto se traduce en mayor durabilidad en los elementos en los cuales se emplee esta adición y que estén sometidos a climas extremos y efectos de fenómenos tales como hielo y deshielo, etc.

2.2.2. LOS ADITIVOS SÚPER PLASTIFICANTES

Son reductores de agua-plastificantes especiales en que el efecto aniónico³ se ha multiplicado notablemente.

En la actualidad existen los llamados de tercera generación, que cada vez introducen mejoras adicionales en la modificación de las mezclas de concreto con reducciones de agua que no se pensaba fueran posible de lograrse unos años atrás.

Los aditivos superplastificantes se aplican diluidos en el agua de mezcla dentro del proceso de dosificación y producción del concreto, pero también se pueden añadir a una mezcla normal en el sitio de obra un momento antes del vaciado, produciendo resultados impresionantes en cuanto a la modificación de la trabajabilidad.

³ Aniónico, que al reaccionar con el cemento inducen iones cargados negativamente que se repelen causando la dispersión y separación entre partículas sólidas y un efecto lubricante muy importante al reducirse la fricción interna.



FIGURA 2.4. DOSIFICACIÓN DE SUPERPLASTIFICANTE SIKAMENT 306

La dosificación usual es del 0.2% al 2% del peso del cemento, debiendo tenerse cuidado con las sobredosificaciones pues pueden producir segregación si las mezclas tienen tendencia hacia los gruesos o retardos en el tiempo de fraguado, que obligan a prolongar e intensificar el curado, algunas veces durante varios días, aunque después se desarrolla el comportamiento normal. (Pasquel Carbajal, Tópicos de Tecnología de Concreto, 1998, pág. 120)

A. NORMALIZACIÓN

El aditivo superplastificante que se empleó en la presente tesis es el Sikament 306 un aditivo tipo G, reductor de agua de alto poder que mantiene la trabajabilidad en climas fríos y calurosos que cumple con los requerimientos para superplastificantes según la norma ASTM C-494 ó NTP 334.088.2006. Las características físicas y químicas de este superplastificante se encuentran detalladas en el Anexo 3.3.

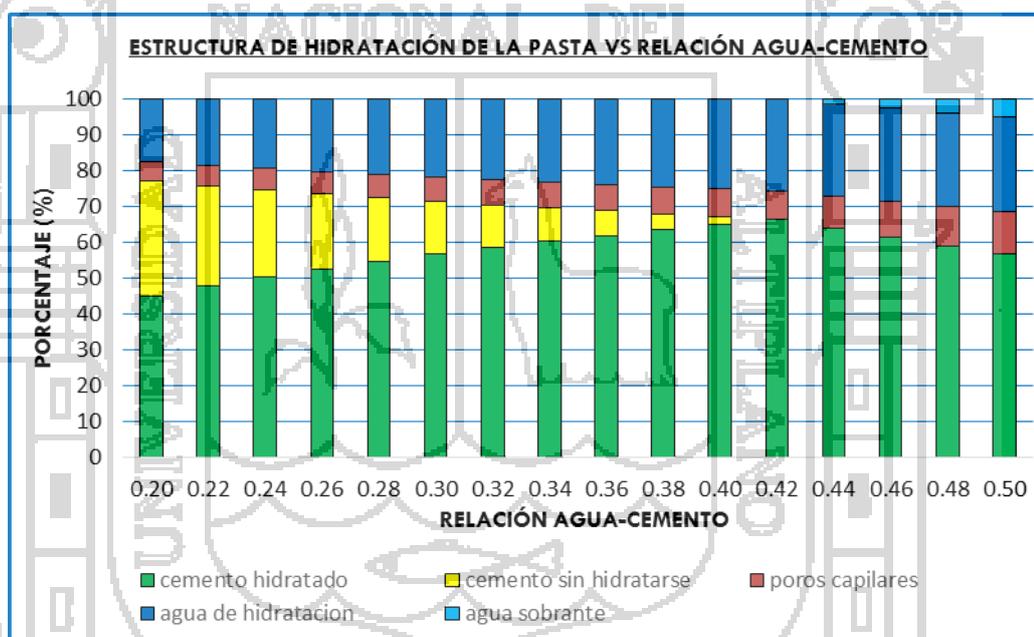
2.3. FILOSOFIA DEL CURADO INTERNO

Powers (1947) desarrolló un simple grupo de ecuaciones empíricas para modelar las diferentes fases presentes en un sistema que contiene cemento portland y agua. En su modelo Powers define 5 entidades: (a) cemento sin hidratar, (b) agua, (c) productos de hidratación, (d) porosidad de los productos de hidratación y (e) porosidad capilar. El volumen ocupado por cada una de estas fases depende del grado de hidratación del cemento. (Mauricio López, Lawrence F. Kahn, Kimberly E. Kurtis, 2005, págs. 120-121)

Por ejemplo para un grado de hidratación igual a cero, hay solamente cemento y agua, y su volumen está dado por el volumen de cada uno de ellos adicionado originalmente. Para un grado de hidratación completo (100 %), el volumen de cemento es cero, y el volumen de productos de hidratación es aproximadamente 0.68 cm³ por gramo de cemento originalmente adicionado y el volumen de porosidad (en los productos de hidratación y capilares) está dado por la razón a/c. Dicha razón determina el espaciamiento inicial entre las partículas de cemento y por lo tanto el espaciamiento dentro de la pasta de cemento (porosidad) después de que el cemento se ha hidratado.

La formación de los silicatos de calcio hidratados y del hidróxido de calcio puede llevarse a cabo sólo si se reúnen dos requisitos: (a) si hay suficiente espacio para que los productos de hidratación se formen y (b) si hay suficiente agua para ser usada durante la hidratación.

FIGURA 2.5. ESTRUCTURA DE LA PASTA DE CEMENTO EN FUNCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO



FUENTE: ENRIQUE PASQUEL. "TOPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO" PAG.36

El espacio disponible para los productos de hidratación disminuye a medida que la hidratación progresa, en este sentido se puede alcanzar cierto punto donde el espacio no es suficiente para continuar la hidratación. Utilizando las ecuaciones propuestas por Powers, se puede demostrar que esto ocurre para a/c bajo 0.36. Como consecuencia, en sistemas bajo ese límite no ocurrirá hidratación completa, incluso entregando agua externamente. Cuando la a/c está ligeramente sobre 0.36, si bien se tiene espacio suficiente para los productos de hidratación, no se cuenta con el agua

suficiente para hidratarlos. En un sistema cerrado en el que no se pierde agua al ambiente ni se recibe agua desde el ambiente, la a/c debe ser mayor a 0.42 para poder alcanzar una hidratación del 100 %. Podemos describir esto en la siguiente figura 2.3 estructura pasta cemento, donde señala que para relaciones mayores a 0.42 existe agua sobrante por consiguiente ocurre una hidratación completa.

Basado en lo anterior cualquier sistema con relación a/c entre 0.36 y 0.42 requiere de agua adicional para alcanzar el 100 % de hidratación. De la misma manera, mezclas con relaciones de a/c menores a 0.36 requieren del suministro de agua externa para alcanzar el máximo grado de hidratación que no será 100 % por no contar con el espacio suficiente.

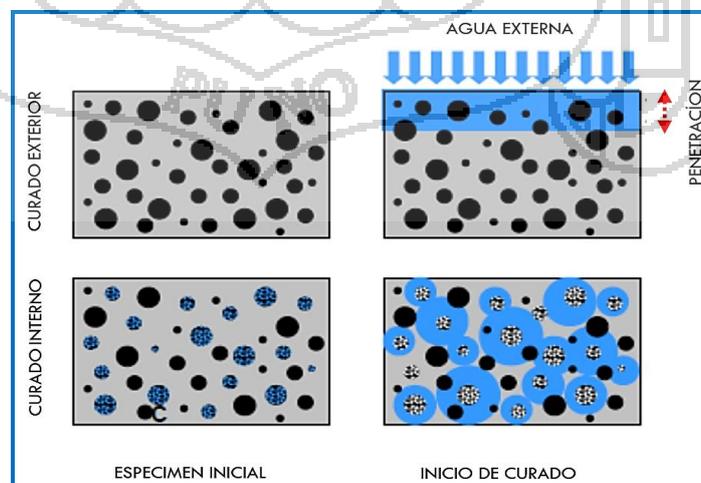
En realidad puede haber pérdidas importantes al ambiente debido a diferencias en temperatura, viento, diferencias en humedad relativa, y radiación solar (Neville, 1996).

Tomando en cuenta dichas pérdidas, se requiere suplir aún una mayor cantidad de agua para alcanzar el máximo grado de hidratación. Si bien las ecuaciones desarrolladas en el modelo de Powers se aplican sólo a sistemas de cemento portland y agua, las conclusiones respecto a la necesidad de agua de curado pueden ser extendidas a sistemas más complejos.

2.3.1. PRINCIPIOS DEL CURADO INTERNO

Dada la importancia del agua de curado y la dificultad de proveerla desde el exterior en concretos de alto desempeño, la idea de proveer agua desde el interior del concreto cobra una especial importancia (Weber S. y Reinhardt H.W., 1997).

FIGURA 2.6: DIFERENCIA ENTRE CURADO EXTERNO E INTERNO



FUENTE: DALE P. BENTZ, W. JASON WEISS, INTERNAL CURING: A 2010

A partir del Modelo de Powers se concluye que a menor a/c , menor es la porosidad capilar. Por otro lado, del mismo modelo se puede observar que a/c bajas puede no existir suficiente agua para hidratar todo el cemento. De lo anterior se tiene que al momento de mezclado se requiere de una a/c lo más baja posible, pero al cabo de un tiempo cuando el agua se ha acabado se requiere de agua adicional para continuar con la hidratación.

Así, el principio fundamental del curado interno es el incorporar agua en la mezcla que no está disponible para la hidratación al comienzo (baja a/c), pero que es liberada más tarde cuando es requerida para continuar la hidratación.

(Assmann, 2013)

❖ CURADO INTERNO DEBIDO A SAP

Inclusiones macroporos con partículas de SAP proporcionan "arrastre de agua en su forma más pura" [Jensen y Hansen 2001b]. SAP se añade secamente a la mezcla o en las condiciones agua saturada.

En esta tesis, se realizó la segunda aproximación, es decir, SAP eran previamente saturados con agua. Al hacerlo, la hinchazón, como se ilustra en la Figura 2.7 se inicia tan pronto como SAP están poniéndose en contacto con el agua. Debido a la alta alcalinidad de la solución de los poros.

FIGURA 2.7: PARTÍCULAS DE SAP EN ESTADO SECO Y DESPUÉS DE LA ABSORCIÓN DE AGUA

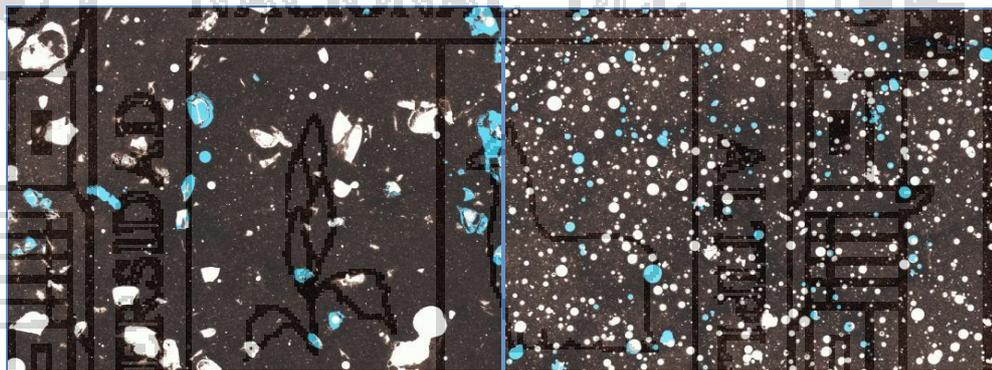


FUENTE: (ASSMANN, 2013, PÁG. 18)

2.4. CONCRETO CON ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES

Los polímeros se incorporan en estado hidratado a la mezcla como un aditivo más. Su tamaño promedio en estado seco puede estar entre 0.1 y 0.25 mm lo que puede aumentar hasta 3 veces después que han absorbido el agua (Jensen y Hansen 2002). Una vez que el polímero súper absorbente ha entregado el agua a la pasta cementante, deja una porosidad que según Jensen y Hansen (2003), puede ser comparada a la porosidad de un aditivo incorporador de aire. La principal ventaja que estos polímeros presentan por sobre los agregados livianos es la mayor absorción que resulta en el uso de menores cantidades en el concreto para incorporar el mismo volumen de agua de curado. A continuación se presentan los detalles de dos micro secciones en la Figura 2.8. La comparación de las dos imágenes se visualiza claramente diferencias en el tamaño y el espaciamiento de los poros de dos tipos de SAP.

FIGURA 2.8: MICROSECCIONES (27 X 20 MM²) DE PASTA DE CEMENTO ENDURECIDA CON DOS TIPOS DE PS



FUENTE: (ASSMANN, 2013, PÁG. 104)

2.4.1. POLÍMEROS SUPERABSORBENTES (PS)

Los polímeros súper absorbentes (en inglés Super Absorbent Polymers o SAP) también llamado nieve en polvo, y en que en adelante abreviaremos como PS, son polímeros que pueden absorber y retener cantidades extremadamente grandes de un líquido en relación a su propia masa.

Los polímeros absorbentes de agua, los cuales se clasifican como hidrogeles cuando reticulan, absorben soluciones acuosas a través de enlaces de puente de hidrógeno con las moléculas de agua. La capacidad de un PS para absorber el agua es un factor de la concentración iónica de la solución acuosa. En agua desionizada y destilada, un PS pueden absorber 500 veces su peso (30 a 60 veces su propio volumen) y puede llegar a ser

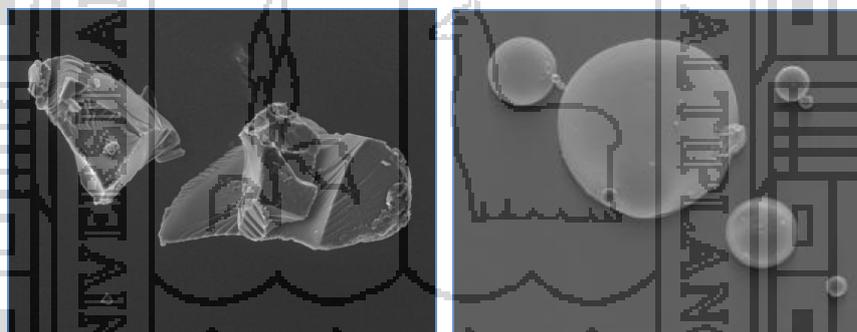
hasta 99,9% de líquido, pero cuando se colocan en una solución salina al 0,9%, la capacidad de absorción baja a quizás 50 veces su peso. La presencia de cationes en la solución impide la capacidad del polímero para el enlace con la molécula de agua. (Kiatkamjornwong, 2007, págs. 39-43).

A. MORFOLOGÍA DE LAS PARTÍCULAS

Un aspecto interesante es el que se refiere al tamaño y la forma de las partículas de los Polímeros Superabsorbentes, puesto que influyen directamente en la rapidez con la que son capaces de absorber el fluido.

En general los granos de Polímeros Superabsorbentes se obtienen moliendo el polímero una vez seco y son granos irregulares, con excepción de los polímeros obtenidos por polimerización en suspensión que tienen forma esférica, tal y como ha sido observado por algunos autores mediante microscopía de barrido electrónico. Figura 2.9 presenta las imágenes de las partículas secas de PS granulado y esféricas registrados por microscopio electrónico de barrido ambiental.

FIGURA 2.9: PARTÍCULAS DE GEL POLIMERIZADO (IZQUIERDA), SUSPENSIÓN POLIMERIZADO PARTÍCULAS (DERECHA).



FUENTE: (ASSMANN, 2013, PÁG. 35)

B. PROPIEDADES

Los polímeros súper absorbentes son un grupo de materiales con unas exigencias muy concretas en sus prestaciones, y es necesario que cumplan determinadas características específicas para ajustarse a sus diferentes aplicaciones. Es evidente la dificultad para la determinación química estructural directa de los entrecruzados, por lo que para obtener información sobre la estructura de estas redes poliméricas es necesario analizar las relaciones entre la capacidad de hinchamiento y las propiedades mecánicas.

Otras propiedades decisivas para determinadas aplicaciones son la velocidad de absorción, absorción bajo presión, densidad de entrecruzamiento y fracción soluble del material entrecruzado.

2.4.2. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA UTILIZACIÓN DE PS EN TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

A. LA ADICIÓN DE PS EN CONCRETO

En los últimos años, las investigaciones realizadas por la aplicación de SAP en la construcción han hecho popular entre los expertos de todo el mundo. Mayoría de la investigación está en marcha con el fin de seguir el objetivo general de obtener el control sobre el balance de agua en el concreto. Sin embargo, existe una amplia gama de métodos de aplicación para PS en materiales de cemento para ser investigado en el futuro.

En la actualidad, dos prometedoras aplicaciones para PS en la construcción de concreto destacan:

- ❖ Arrastre de agua para el propósito de curado interno.
- ❖ La redistribución del agua capilar para inclusiones macroporos llenos de agua artificiales de tamaño prediseñado, la forma, el espacio y el volumen.

El primer objetivo tiene como objetivo en la mitigación de la auto-desección y la contracción de auto-desección.

Utilizando PS parece ser la tecnología más sencilla de aplicar al curado interno del concreto. Los segundos objetivos de propósito en la manipulación de la estructura de poros con el fin de mejorar la durabilidad del concreto.

A más tardar cuando los poros de PS se vacían debido a la hidratación o secado, macroporos llenas de aire que actúan permanecen similares a los poros de aire generadas por los tradicionales aditivos incorporadores de aire. Desde este punto de vista, la aplicación de PS puede ser visto como un nuevo método para el arrastre de aire en el concreto.

B. DURABILIDAD DEL MATERIAL DE PS

El desarrollo de calor debido a la hidratación no afecta el funcionamiento de PS, ni temperaturas bajo cero. Sólo cuando la temperatura supera los 200 ° C, la hidrólisis dará lugar a la descomposición de poliacrilatos. Fractura de cadenas de polímero también puede ser causada por la exposición a largo plazo a la radiación ultravioleta. SAP embebido en el concreto está a salvo de ese riesgo. Pero se prevé que incluso tipos de sales estables de PS se verán afectados por la alta alcalinidad de la solución de poros en el tiempo. Esta influencia aún no se cuantifica en detalle.

C. CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE PS UTILIZADO

En esta sección se muestra la caracterización del material PS utilizado. Se centra en la determinación de las propiedades principales de PS, que son la capacidad de hinchamiento. La estimación de la capacidad de absorción de agua bajo entre otras propiedades del polímero fueron obtenidas de la ficha técnica del producto que provee el fabricante, que a continuación se detalla:

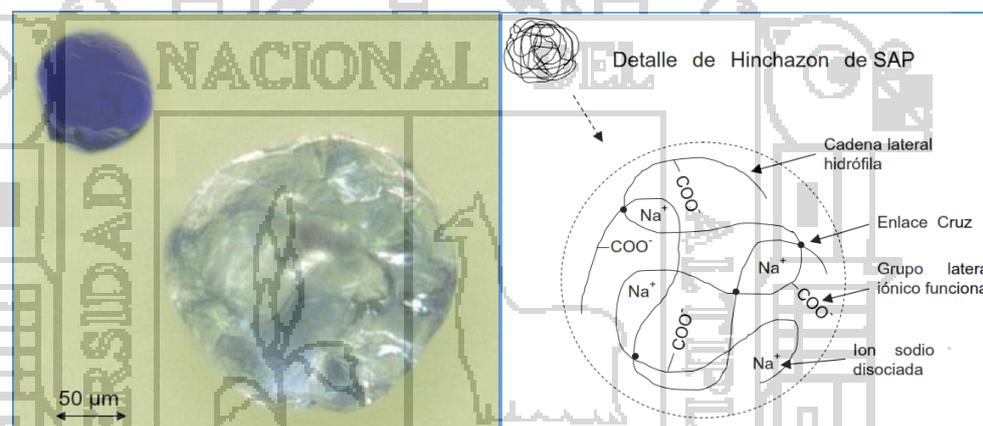
TABLA 2.8: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE PS INVESTIGADO

ITEM	ESPECIFICACIONES DE SAP: TAISAP BC 283FA		
	Gránulos Blancos		
Forma Física	MIN	MAX	METODO DE PRUEBA
Densidad aparente (g/l)	560	700	12C00.sap.017
Capacidad de retención (0.9%NaCL) (g/g)	32		12C00.sap.013
pH0.1% en 0.9%NaCl	5.6	6.5	12C00.sap.008
AAP (g/g) 0.3psi in 0.9%NaCl Absorción Bajo Presión	26		12C00.sap.014
AAP (g/g) 0.7psi in 0.9%NaCl Absorción Bajo Presión	14		12C00.sap.015
Distribución de tamaño de partícula >850µm/ malla 20		1	12C00.sap.010
>600µm/ malla 30		30	
>300µm/ malla 50	30	70	
>150µm/ malla 100	5	30	
>106µm/ malla 140		5	
> 90µm/ malla 170		1	
< 90µm/ malla 170		1	
Contenido de agua (IR)		7	12C00.sap.011
Anti sedimentación	bueno	3	12C00.sap.028

❖ POLIACRILATO DE SODIO

Como se ha mencionado, uno de los polímeros súper absorbentes más utilizados es el poliacrilato de sodio. Es un polímero formado por monómeros $\text{—CH}_2\text{CH}(\text{CO}_2\text{Na})\text{—}$ inventado por Robert Niles Bashaw, Bobby Leroy Atkins y Billy Gene Harper en el Basic Research Laboratory de la Dow Chemical Company. Es un polvo blanco y sin olor. Puede aumentar su volumen hasta mil veces si se le agrega agua destilada. Debido a sus cualidades es utilizado en pañales, toallas higiénicas o procesos químicos que requieran la absorción de agua. A continuación en la figura 2.8 se muestra una comparación de una partícula de poliacrilato de sodio en estado sólido y una vez hidratado.

FIGURA 2.10: ABSORCIÓN DE AGUA DE UNA PARTÍCULA ESFÉRICA PS Y REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UNA RED DE PS.



FUENTE: (ASSMANN, 2013, PÁG. 34)

La capacidad de absorber grandes cantidades de agua se debe a que en su estructura molecular existen grupos de carboxilatos de sodio que cuelgan de la cadena de composición principal del compuesto. Estos grupos, al entrar en contacto con el agua desprenden el sodio, dejando libres iones negativos de carboxilo. Los iones negativos se repelen, estirando la cadena principal y provocando el aumento de volumen. Para que el compuesto vuelva a ser estable y neutro, los iones captan las moléculas de agua.

2.5. MARCO CONCEPTUAL.

Se van a utilizar con regularidad algunos términos cuyo significado es vital para la comprensión del tema de tesis, los cuales se conceptúan a continuación:

2.5.1. HIDRATACIÓN DEL CONCRETO.

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. Los componentes ya mencionados al reaccionar con el agua forman hidróxidos e hidratos de calcio complejos. Que dependen directamente de la temperatura, el tiempo y la relación a/c.

2.5.2. CURADO INTERNO.

El objetivo principal del curado interno es brindar otra fuente de agua para mantener la saturación de la pasta cementante y evitar su auto desecación. El curado interno puede aumentar considerablemente la vida útil del concreto aumentando la hidratación del cemento, lo que brinda una reacción más completa de los materiales cementantes complementarios y reduce la contracción química y por desecación.

2.5.3. TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO.

Se define a la trabajabilidad como a la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto; y luego este puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad.

2.5.4. RESISTENCIA DEL CONCRETO.

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación a/c en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo aunados a un elemento adicional constituidos por la calidad de los agregados que complementan la estructura del concreto.

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1. MATERIALES.

En esta sección de la investigación se ha analizado los componentes que intervienen en la elaboración del concreto, a continuación se presentan las pruebas realizadas en laboratorio de acuerdo a las normas técnicas peruanas vigentes y características obtenidas de los materiales.

3.1.1. ENSAYO DE LOS AGREGADOS

Todos los ensayos referidos a hallar las propiedades físicas necesarias para realizar el diseño y la elaboración del concreto, fueron realizados en el laboratorio de materiales y construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano con la supervisión del personal técnico.



FIGURA. 3.1: PLANTA CHANCADORA PIEDRA AZUL KM 16 JULIACA-CABANILLAS.

A. MUESTREO DE LOS AGREGADOS

Realizar un adecuado muestreo es importante para el ensayo de los agregados en la elaboración del concreto, por lo tanto se deberá tener siempre la precaución de obtener muestras lo más representativas posibles.



FIGURA. 3.2: TRASLADO DE AGREGADO FINO DE LA CANTERA CUTIMBO.

a.) Norma

- ❖ NTP 400.010, ASTM D-75

b.) Fuentes de abastecimientos de agregados

Las fuentes de abastecimiento de agregados son los depósitos fluviales, eólicos, lacustres, canteras y almacenes de plantas de procesamiento o fabricación de agregados artificiales.

- ❖ **Depósitos fluviales:** Se localizan en los playones o cauces de los ríos. Proporcionan agregados redondeados de fácil y económica explotación, generalmente puede contener elevados porcentajes de materia orgánica, limos y arcillas que pueden afectar la calidad del material.
- ❖ **Canteras:** En estas fuentes de abastecimiento se obtienen agregados por trituración que generalmente son de buena calidad, pero que deben extraerse de yacimiento parcial o totalmente abierto, eligiendo zonas sanas de estructuras uniformes, debiendo eliminarse rocas

foliadas, tales como las pizarras, los esquistos y otras, a fin de evitar que al triturarse se produzcan partículas lajeadas o alargadas.

Los agregados que se utilizó en la investigación fueron traídas de la Cantera Cutimbo (agregado fino) y de planta chancadora Piedra Azul km 16 + 000 de Juliaca – Cabanillas (agregado grueso) se protegió estos agregados almacenándolos en un lugar seguro.

c.) Equipos

✓ Plancha

✓ Pala

✓ Bandejas

✓ Brocha

d.) Muestreo

Para realizar el muestreo del agregado grueso, se obtiene porciones de material aproximadamente iguales, se tomó la muestra de la parte inferior, media y superior de la pila. Estas porciones se combinaran para formar una muestra de campo.

En el caso del agregado fino, deben eliminarse las capas superficiales, porque puede haber segregaciones, se debe tomar muestras representativa de la pila también al igual que el caso de agregado grueso.

Se almacena el material muestreado de manera que se evite la perdida de finos durante el transporte hacia el lugar donde será cuarteado y posteriormente ensayado.

e.) Cuarteo

Para lograr uniformidad en la muestra deberá removerse bien la muestra, luego se procede a realizar la reducción o cuarteo del material, la cual se hace sobre una lona esto para evitar la pérdida de finos además que se contamine la muestra.

Con el total de material se forma una pila cónica y con la plancha se quita el material de la misma y se forma otra pila, este proceso se repite tres veces. Luego se aplana cuidadosamente con la plancha hasta que su espesor sea uniforme.

Se trazan dos diámetros perpendiculares quedando la muestra dividida en cuatro partes, se desechan dos opuestas y se seleccionan las restantes, las cuales de deben ser nuevamente mezcladas y reducidas de la forma explicada hasta obtener la muestra de ensayo.

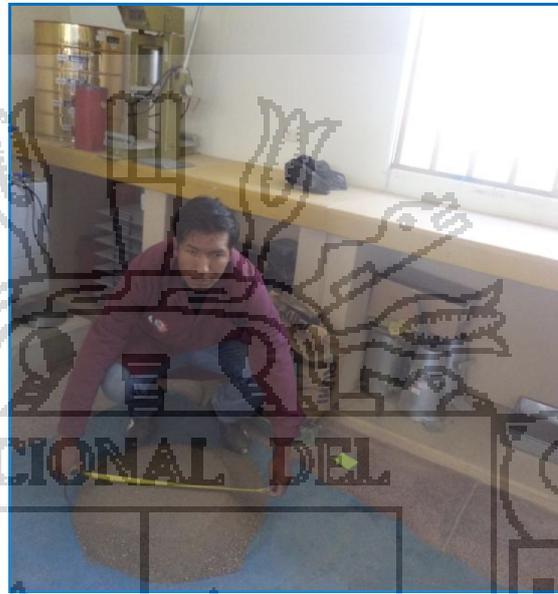


FIGURA. 3.3: ENSAYO DE AGREGADOS, CUARTEO DE AGREGADO FINO.



FIGURA. 3.4: ENSAYO DE AGREGADOS, CUARTEO DE AGREGADO FINO.

B. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

a.) Norma

- ❖ NTP 339.185, ASTM C 566

b.) Método

La norma técnica establece el procedimiento para determinar el porcentaje de humedad en una muestra por secado.

c.) Equipo

- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Taras
- ✓ Bandeja



FIGURA. 3.5: MUESTRAS DE AGREGADOS FINO PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.



FIGURA. 3.6: MUESTRAS DE AGREGADOS GRUESO PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.

d.) Procedimiento

- ❖ Realizar el muestreo y extraer la muestra a ensayar.
- ❖ El tamaño de la muestra para agregados fino y agregados gruesos de $TM = 1''$ será aproximadamente 500gr.
- ❖ Pesar la muestra húmeda, secar la muestra en el horno a temperatura $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta obtener una masa constante, luego dejar enfriar el agregado en estado seco.

e.) Cálculos:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seca}}{\text{peso muestra seca}} * 100\%$$



FIGURA. 3.7: ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD INGRESANDO AL HORNO 110°C POR 24 HRS.

- ❖ A continuación se muestran los resultados obtenidos del contenido de humedad del agregado fino y del agregado grueso, agregados empleados en la elaboración de concreto de la presente tesis con el uso de la fórmula antes mencionada.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES Y MATERIALES



**CONTENIDO DE HUMEDAD
AGREGADOS FINO Y GRUESO**

PROYECTO : TESIS
SOLICITADO POR : BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
CANtera : RIO CUTIMBO Y CABANILLAS
FECHA : DICIEMBRE 2014

AGREGADO GRUESO

Nro. De Tara	B-2	A-7	A-9
Peso de Tara	27.79	30.08	31.73
Peso de Tara + M. Humedad	264.43	318.25	255.71
Peso de Tara + M. Seca	263.1	316.6	254.55
Peso de Agua	1.33	1.65	1.16
Peso Muestra Seca	235.31	286.52	222.82
Contenido de humedad W%	0.57	0.58	0.52
Promedio cont. Humedad W%	0.55		

AGREGADO FINO

Nro. De Tara	A-13	A-14	A-15
Peso de Tara	30.84	31.06	32.27
Peso de Tara + M. Humedad	273.32	270.66	297.62
Peso de Tara + M. Seca	268.02	265.76	292.17
Peso de Agua	5.3	4.9	5.45
Peso Muestra Seca	237.18	234.7	259.9
Contenido de humedad W%	2.23	2.09	2.10
Promedio cont. Humedad W%	2.14		

C. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

a. Norma

- ❖ NTP 400.012, ASTM C 136

b. Método

Como se mencionó con anterioridad. La granulometría se define como la distribución del tamaño de las partículas de los agregados a ser ensayados.

Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor.

Los tamices son básicamente unas mallas de aberturas cuadradas, que se encuentran estandarizadas por la Norma Técnica Peruana.

La operación de tamizado debe realizarse de acuerdo con la Norma Técnica Peruana 400.012 sobre una cantidad de material seco.

c. Equipo

- ✓ Balanza.- Si se va a pesar agregados finos se debe utilizar una balanza con aproximación de 0.1gr, en el caso de agregado grueso, una balanza con aproximación al 0.5gr.
- ✓ Tamices.- La serie de tamices para agregados gruesos son: 3", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", ⅜", # 4 y para agregados finos son #4, # 8, # 16, #30, #50, #100, #200.
- ✓ Horno.

d. Procedimiento

❖ Agregado Grueso

Con respecto al agregado grueso se tomó cantidades de muestra aproximada según al T. M. del agregado, para $T_M = 1"$ se tomó aproximadamente 6 kg. Para este ensayo, la muestra de agregado grueso tiene que estar seca; por lo cual se lleva al horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Luego de que el agregado este completamente seco, se procede a colocar el material en la tamizadora, donde ya deben estar colocados los tamices, de mayor a menor abertura.

Una vez finalizado el tamizado, se pesa los retenidos de cada malla, comenzando de la malla superior.

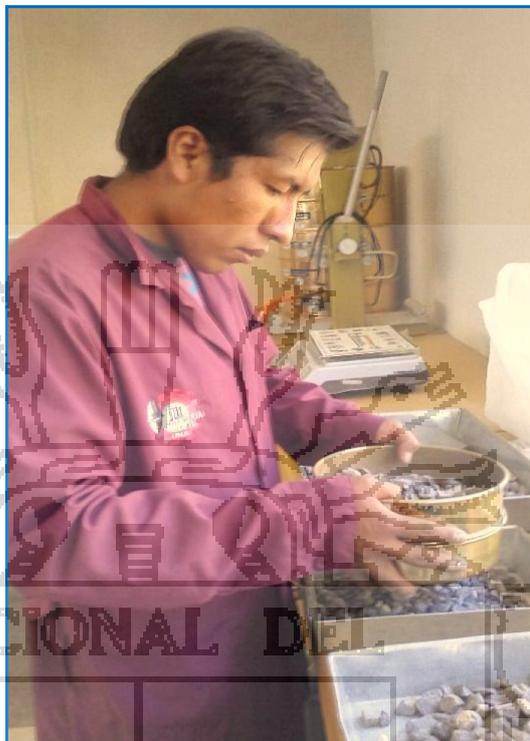


FIGURA 3.8: ENSAYO DE GRANULOMETRÍA CON TAMICES NORMALIZADOS ASTM C 136.

❖ Agregado Fino

En el caso del agregado fino, la muestra aproximada para el ensayo de granulometría debe ser 1500gr, la cual debe estar totalmente seca. Luego de que el agregado este completamente seco, se procede a colocar el material en los tamices, de mayor a menor abertura. Una vez que el material ha sido colocado en la tamices, el zarandeo debe durar por lo menos 2 min.

❖ A continuación se muestran los resultados obtenidos del análisis granulométrico del agregado fino y del agregado grueso. Para el tamizado del agregado grueso se utilizó clasificación granulométrica con uso ASTM N° 6, ya que el análisis granulométrico se encuentra dentro de estos límites.



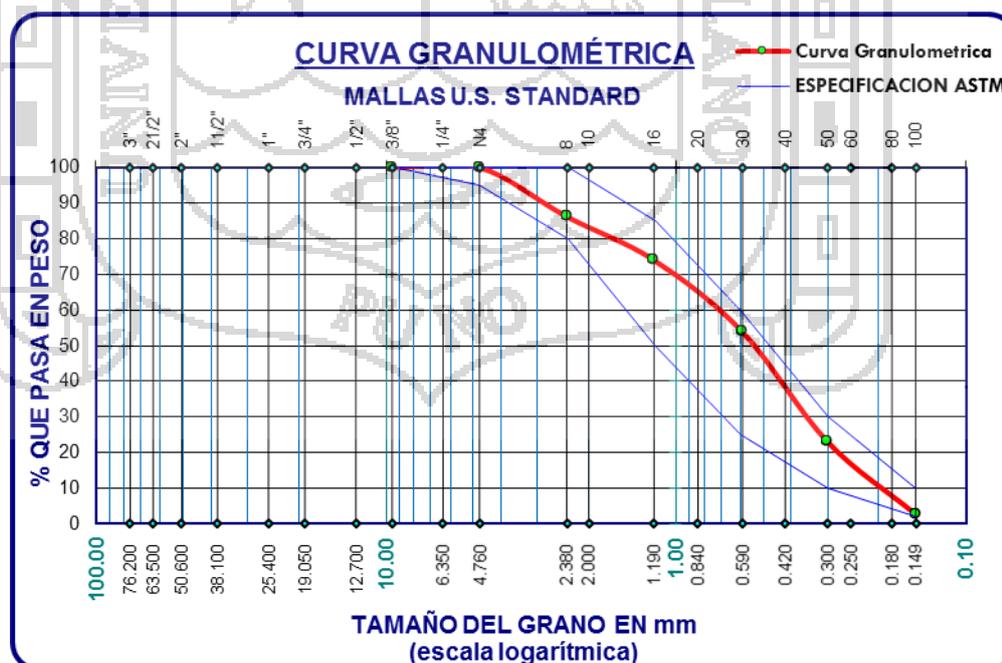
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES Y MATERIALES**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)**

PROYECTO : TESIS
LUGAR : PUNO
FECHA : DICIEMBRE 2014
SOLICITADO: BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
MUESTRA : AGREGADO FINO
CANTERA : RIO CUTIMBO

TAMICES ASTM	ABERTURA Mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM	TAMAÑO MÁXIMO: N°4
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: P.S. 2315.77 kg P.L. 2315.69 kg % FINOS 0.00 %
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						Cont. de Humedad: 2.14
1"	25.400						Peso unitario suelto : 1474 kg/m ³
3/4"	19.050						Peso Unit. Compactado: 1538 kg/m ³
1/2"	12.700						CHARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= 0.20 Cu= 3.80 D30= 0.37 Cc= 0.85 D60= 0.77
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100	100	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100	100	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100	95 100	MODULO DE FINEZA : 2.60
No8	2.380	319.49	13.80	13.80	86.20	80 100	
No10	2.000						
No16	1.190	282.72	12.21	26.00	74.00	50 85	OBSERVACIONES: El módulo de fineza debe de estar dentro de los límites de 2.35 - 3.15, no debiendo excederse el límite en más o menos 0.2 - Max 3.35
No20	0.840						
No30	0.590	465.99	20.12	46.13	53.87	25 60	
No40	0.420						
No50	0.300	714.22	30.84	76.97	23.03	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	470.92	20.34	97.30	2.70	2 10	
No200	0.074	62.34	2.69	100.00	0.00		
BASE		0.08	0.00	100.00	0.00		
TOTAL		2315.77	100.00				
% PERDIDA							





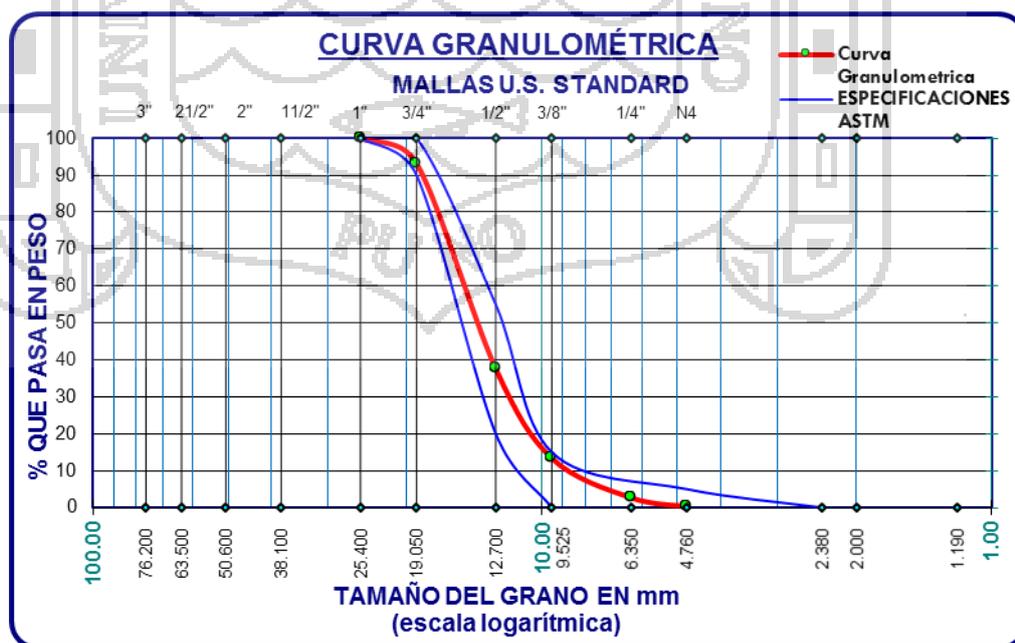
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES Y MATERIALES**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)**

PROYECTO : TESIS
LUGAR : PUNO
FECHA : DICIEMBRE 2014
SOLICITADO: BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
MUESTRA : AGREGADO GRUESO
CANTERA : RIO CUTIMBO

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. 1" ASTM C-33-6	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL: 3/4"
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: P.M 6428.58 kg
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						Contenido de Humedad 0.55
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	Peso Unif. suelto: 1305.71 kg/m ³
3/4"	19.050	437.50	6.81	6.81	93.19	90 100	Peso Unif. Compactado: 1482.49 kg/m ³
1/2"	12.700	3571.75	55.56	62.37	37.63	20 55	CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= 8.53 Cu= 1.79 D30= 11.70 Cc= 1.05 D60= 15.26
3/8"	9.525	1562.05	24.30	86.66	13.34	0 15	
1/4"	6.350	684.96	10.65	97.32	2.68	0 5	MODULO DE FINEZA: 6.93 OBSERVACIONES: MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
No4	4.760	149.49	2.33	99.64	0.36		
No8	2.380						
No10	2.000						
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420						
No50	0.300						
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.074						
BASE		22.83	0.36	100.00	0.00		
TOTAL		6428.58	100.00				
% PERDIDA							



- ❖ Los resultados del análisis granulométrico se utilizan para lo siguiente:
 - ✓ Verificar que los materiales cumplan con las especificaciones.
 - ✓ Seleccionar el agregado más adecuado
 - ✓ Detectar variaciones en la granulometría y poder ajustar el proporcionamiento de la mezcla.
 - ✓ Cabe indicar que debe existir un ensamble casi total entre partículas, es decir, que las partículas más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y todo el conjunto este unido por la pasta de cemento.

D. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

a. Norma

- ❖ NTP 400.021, ASTM C 127

b. Método

Este método establece el procedimiento para determinar el peso específico en sus tres estados y la absorción del agregado grueso, después de ser sumergido en agua por 24 horas.

c. Equipo

Tamiz Balanza, con aproximación al 0.5gr y con capacidad de 5000gr o más, la balanza estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente de agua desde el centro de la plataforma de pesado.

- ✓ Tamiz normalizado N° 4
- ✓ Depósito de agua.
- ✓ Cesta con malla de alambre, con abertura correspondiente al tamiz N° 6.
- ✓ Horno



FIGURA 3.9: AGREGADO SECADO CON FRANELA PARA LOGRAR ESL ESTADO SUPERFICIALMENTE SECO.



FIGURA 3.10: PESO DEL AGREGADO GRUESO SUMERGIDO SUPERFICIALMENTE SECO.



FIGURA 3.11: AGREGADO GRUESO DESPUES DE SER SUMERGIDO SUPERFICIALMENTE SECO.

d. Procedimiento

Antes de realizar el ensayo de peso específico y absorción, es necesario hacer el muestreo y el cuarteo del agregado a ser usado, para poder tener una muestra representativa.

Tamizamos el material por la malla N° 4 descartar la totalidad del pasante de esta malla.

La muestra aproximadamente es de 5000gr de agregado grueso, el cual debe de ser seco.

Se procedió a sumergir el material en agua por 24 horas, pasando este tiempo, se removió el material del agua, para hacerla rodar sobre un paño de gran absorbencia(franela), hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible, hasta que podamos visualizar que el material a perdido el brillo superficial.

Se pesó la muestra obteniéndose entonces el peso de la muestra bajo condiciones de saturación con superficie seca, se determinó este y todo lo demás con aproximación de 0.5gr.

Se pesó la canastilla completamente sumergida en el depósito de agua, marcar hasta donde se sumerge la canastilla, además de colocar en cero el peso de la canastilla sumergida en agua.

Colocamos la muestra saturada superficialmente seca en la canastilla y sumergirla completamente de tal manera que llegue a la marca anterior descrita, luego este es el peso de la muestra saturada en agua.

Una vez retirada la muestra de la cesta de alambre, esta se lleva al horno a una temperatura entre 100 ± 5 °C para obtener el peso de la muestra seca.

e. Cálculos

Su importancia radica en que influye en el concreto reduciendo el agua de mezcla, modificando propiedades resistentes y la trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla en cuenta para hacer las correcciones necesarias.

Según ASTM C – 127 y 128 la metodología para obtener la capacidad de adsorción se determina por la siguiente expresión.

Peso Específico de la masa seca (Gb):

$$G_b = \frac{A}{B - C}$$

Peso Específico saturado superficialmente seco (G_{ss})

$$G_{ss} = \frac{B}{B - C}$$

Peso Específico Aparente (G_a)

$$G_a = \frac{A}{A - C}$$

Absorción

$$\% \text{Absorción} = \frac{B - A}{A}$$

Dónde:

A: Peso de la muestra seca en el aire

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca

C: Peso de la muestra saturada



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES Y MATERIALES



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

PROYECTO : TESIS
 LUGAR : PUNO
 FECHA : DICIEMBRE 2014
 SOLICITADO: BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO
 CANTERA : RIO CABANILLAS

<u>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</u>		
I.- DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	5878.15
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	5987.45
3	PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA	3683.04
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE MASA: P.E.M. 1/(2-3)	2.55
2	P.E. DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.(2/(2-3))	2.60
3	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : 1/(1-3)	2.68
4	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS((2-1)/1)*100	1.86

E. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

a. Norma

- ❖ NTP 400.022, ASTM C 128

b. Método

El método determina el peso del agregado por unidad de volumen sin considerar sus vacíos, también se determina el porcentaje de absorción o contenido de agua que el agregado fino requiere para saturar sus vacíos.

c. Equipo

- ✓ Balanza, con aproximación al 0.5gr
- ✓ Pícnómetro (fiola), con capacidad 500 ml.
- ✓ Moldes cónicos metálicos, de 40 ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 ± 3 mm de altura. Confeccionado por una plancha metálica de un espesor igual o superior a 0.8 mm.
- ✓ Apisonador de metal, la cual es una varilla metálica con uno de sus extremos de sección plana y circular, de 25 ± 3 mm de diámetro. Debe tener una masa de 340 ± 15 gr.
- ✓ Horno.



FIGURA 3.12: COMPROBACIÓN DEL AGREGADO FINO EN ESTADO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO, MEDIANTE CONO.

d. Procedimiento

Antes de realizar el ensayo de peso específico y absorción, es necesario hacer el muestreo y el cuarteo del agregado a ser usado, para poder tener una muestra representativa.

La muestra aproximadamente es de 1500gr de agregados fino, el cual debe de estar seco.

Se procedió a sumergir el material en agua por 24 horas, pasado este tiempo, se remueve el material del agua, se coloca en una bandeja para hacerla secar al aire, hasta que la muestra este en estado saturado superficialmente seca.

Para poder determinar que la muestra está en el estado saturado superficialmente seco se utiliza un molde, con forma tronco – cónico, al cual se le llena la muestra en solo una capa que con la ayuda del pistón, se va compactando haciendo caer el pistón aproximadamente de 5mm de altura, al término de la compactación se alisa la superficie de la muestra y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre el cono conserva su forma. En este caso se repite en intervalos frecuentes, hasta que la muestra quede en forma cónico, terminada en punta sin desmoronarse. Esto indica que se ha alcanzado la condición de saturado superficialmente seco (SSS).

Inmediatamente después se pesa 500gr, para el ensayo de peso específico y otro 500gr para el ensayo de absorción, este último se lleva al horno para obtener su peso seco.

Luego en un recipiente (fiola) de 500 cm³, se introduce una cantidad de agua y luego la muestra de agregado fino saturado superficialmente seca que se pesó anteriormente (500gr), teniendo cuidado de no perder material, posteriormente se llena de agua a la fiola hasta una altura que al inclinar nos permita inclinarla y poder expulsar las burbujas de aire contenidas, Luego se debe colocar la fiola en baño María e ir rodando cada 10 min, aproximadamente, hasta haber eliminado las burbujas.

Una vez terminado se llena la fiola con agua hasta el marcado y se le hace reposar por 24 horas hasta que toda la muestra este a temperatura ambiental. Luego se procede a colocar el agua hasta una marca en la fiola, se toma el valor de este peso.

Se retiró todo el contenido de la fiola, se le coloca agua hasta la marca anterior y se vuelve a pesar y finalmente se pesa la fiola vacía.



FIGURA 3.13: ENSAYO PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO.

e. Cálculos

❖ **Peso Específico:**

$$P. E. = \frac{w_{sss}}{w_a + w_{sss} - w_p}$$

Dónde:

w_{sss} : Peso de la muestra saturada superficialmente seca

w_a : Peso de la fiola con agua hasta la marca de calibración.

w_p : Peso de la fiola con agua más la muestra hasta la marca de calibración.

❖ **Absorción:**

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B - A}{A}$$

Dónde:

A: Peso de la muestra seca en el aire.

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

PROYECTO : TESIS SOLICITADO: BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
LUGAR : PUNO MUESTRA : AGREGADO GRUESO
FECHA : DICIEMBRE 2014 CANTERA : RIO CUTIMBO

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO		
I.- DATOS		
1	PESO DEL PICNOMETRO.	388.63
2	PESO DEL ENRASADOR	164.67
3	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SSS	499.06
4	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (Enrasada).	1353.51
5	PESO DEL PICNOMETRO + ARENA SSS + AGUA (Enrasada).	1627.41
6	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO.	489.66
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE MASA: $P.E.M. \frac{6}{(4+3-5)}$	2.17
	Promedio	2.17
2	P.E. DE MASA SATURADA SSS $P.E.M.S.S.S. \frac{(3)}{(4+3-5)}$	2.22
	Promedio	2.22
3	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : $\frac{6}{(4+6-5)}$	2.27
	Promedio	2.27
4	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS \frac{(3-6)}{6}$	1.92
	Promedio	1.92

F. PESO UNITARIO DEL AGREGADO

a. Norma

- ❖ NTP 400.017, ASTM C 29

b. Método

La norma técnica establece el procedimiento para determinar el peso unitario del agregado en condición compactada, suelta y calcular los vacíos entre las partículas en los agregados finos, gruesos y mezcla.

c. Equipo

- ✓ Balanza
- ✓ Martillo de goma
- ✓ Varilla metálica lisa con punta semiesférica
- ✓ Recipiente metálico
- ✓ Pala, bandeja, brochas.
- ✓ Horno.

d. Procedimiento

- ❖ **Peso Unitario Compactado**

Se realizó el muestreo y cuarteo del material.

Se secó el material.

Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie.

Se apisonó la capa de agregado con la varilla 5/8" compactado, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie en forma helicoidal para posteriormente con el martillo de goma dar 12 golpes al recipiente metálico para el acomodo del material. Se llena hasta las dos terceras partes del envase, se repite el compactado para acomodo de partículas. Finalmente se llena el recipiente metálico con agregado hasta rebosar, se vuelve a apisonar con la varilla también con 25 golpes, para finalizar golpear con el martillo de goma 12 veces y luego enrasar con una regla metálicas o en su defecto con la misma varilla.



FIGURA 3.14: ENRASADO AGREGADO GRUESO EN MOLDE, PESO UNIT. COMPACTADO.



FIGURA 3.15: PESO CON BALANZA AGREGADO GRUESO PESO UNIT. COMPACTADO.

Al compactar la primera capa se procura que la varilla no golpee el fondo con fuerza, al compactar las últimas dos capas la varilla debe penetrar solo la última capa de agregado colocado.

Se determinó el peso del recipiente de medida más su contenido, peso y volumen de recipiente, se registran estos datos.

❖ **Peso Unitario Suelto**

Realizamos el muestreo y cuarteo del material y secar el material.

El recipiente a medida se llenó con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor a 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente. El agregado sobrante se eliminó cuidadosamente con una regla evitando cualquier compactación.

Se determinó el peso del recipiente de medida más su contenido, peso y volumen del recipiente, se registraron estos datos.

e. Cálculos❖ **Peso Unitario Compactado**

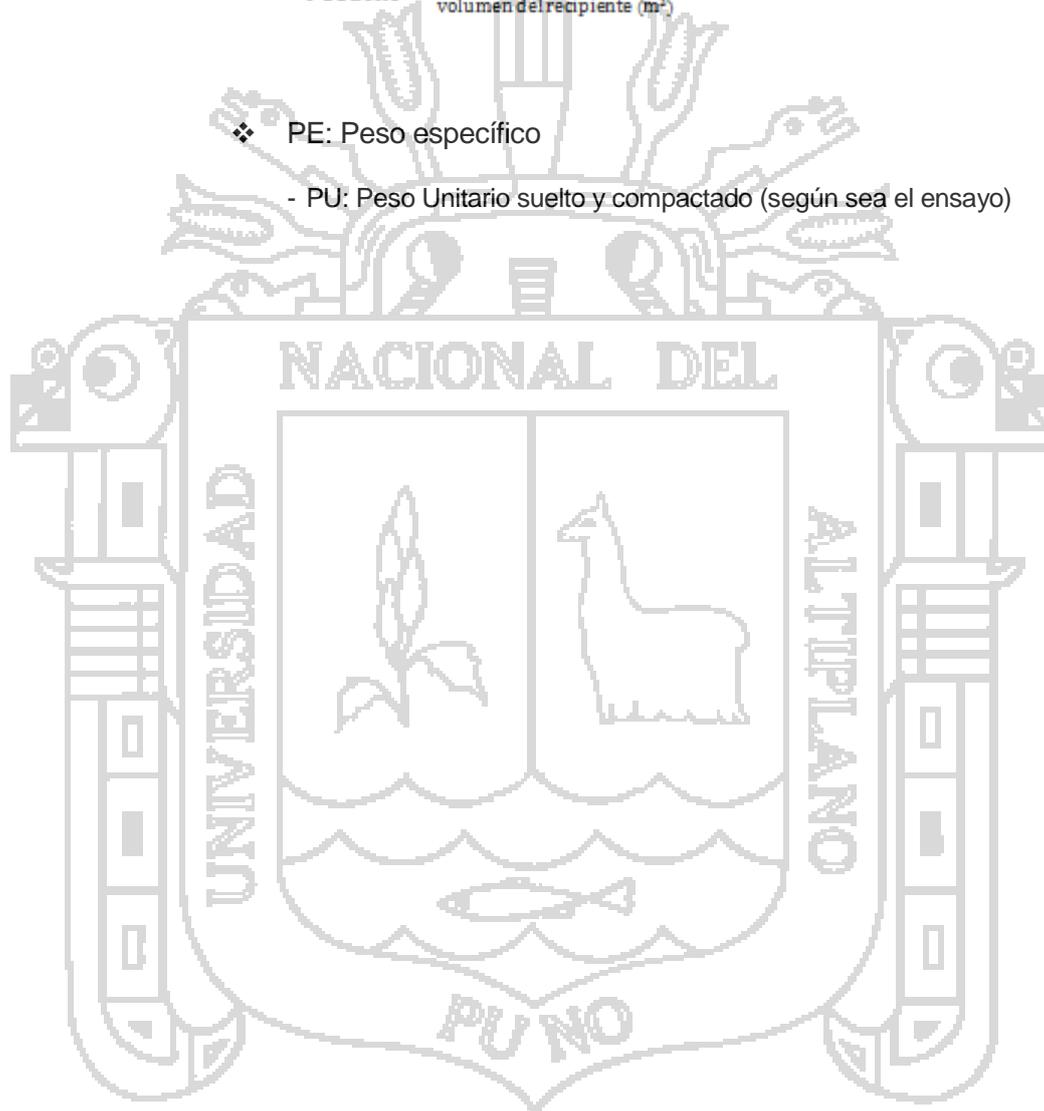
$$- \text{PUCompactado} = \frac{\text{peso de la muestra compactada (kg)}}{\text{volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

❖ **Peso Unitario Suelto**

$$- \text{PUSuelto} = \frac{\text{peso de la muestra suelta (kg)}}{\text{volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

❖ **PE: Peso específico**

- PU: Peso Unitario suelto y compactado (según sea el ensayo)





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES Y MATERIALES**



PESO ESPECÍFICO UNITARIO

PROYECTO : TESIS
LUGAR : PUNO
FECHA : DICIEMBRE 2014

SOLICITADO: BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
MUESTRA : AGREGADO FINO
CANTERA : RIO CUTIMBO

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	10015.000	10015.000	10015.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	18215.000	18215.000	18205.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8200.000	8200.000	8190.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm3,	5560.013	5560.013	5560.013
PESO UNITARIO KG/M3,	1.506	1.506	1.505
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M3,	1506		
PESO UNITARIO SECO KG/M3.	1474		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	10015.000	10015.000	10015.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	18720.000	18715.000	18820.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8705.000	8700.000	8805.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm3,	5560.013	5560.013	5560.013
PESO UNITARIO KG/M3,	1.566	1.565	1.584
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M3,	1571		
PESO UNITARIO SECO KG/M3.	1538		



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES Y MATERIALES**



PESO ESPECÍFICO UNITARIO

PROYECTO : TESIS
LUGAR : PUNO
FECHA : DICIEMBRE 2014

SOLICITADO: BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
MUESTRA : AGREGADO GRUESO
CANTERA : RIO CUTIMBO

PESO UNITARIO SUELTO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	10015.000	10015.000	10015.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	17385.000	17305.000	17255.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7370.000	7290.000	7240.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5560.013	5560.013	5560.013
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.326	1.311	1.302
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ ,	1313		
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .	1306		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	10015.000	10015.000	10015.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	18315.000	18285.000	18310.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8300.000	8270.000	8295.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5560.013	5560.013	5560.013
PESO UNITARIO KG/M ³ ,	1.493	1.487	1.492
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ ,	1491		

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El procedimiento experimental fue en base a un enfoque cuantitativo, puesto que se recolecta datos para probar la hipótesis, con la base en la medición numérica y análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento, para lo cual realizamos los siguientes procedimientos.

3.1.2. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL

El método del ACI data del año de 1944, habiendo experimentado pocas variantes sustantivas. Está basado en que los agregados cumplan con los requisitos físicos y granulométricos establecidos por la NTP 400.037. AGREGADOS: Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

Este método se utiliza para diseñar concretos normales, entendiéndose por concretos normales aquellos con densidades de 2300 kg/m³ a 2400 kg/m³.

A. ENSAYO DE MÁXIMA COMPACIDAD O MAYOR ACOMODO DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO:

El cual consiste en obtener la óptima proporción de agregados con el máximo Peso Unitario Compactado, La relación de la mejor combinación de agregado fino y grueso que produzca la mejor compactación.



FIGURA 3.16: ENSAYO DE MÁXIMA COMPACIDAD DE LOS AGREGADOS.

INTERPRETACIÓN TABLA 3.1.

De la tabla 3.1 de resultados del ensayo de máxima compactación, el valor que define el MÁXIMO PESO UNITARIO COMPACTADO, determina que la mejor proporción entre agregados es: 42% de Arena y 58% de Piedra.

Con esta combinación se logra obtener la menor cantidad de vacíos en el concreto, por lo tanto se necesitará menos cantidad de pasta de cemento, esta condición garantiza la economía en el concreto.

TABLA 3.1. RESULTADOS MÁXIMA COMPACTACION

PROPORCIÓN DE AGREGADOS		P.U.C. (KG/M ³)
% ARENA	% PIEDRA	
40	60	1852
42	58	1880
44	56	1873
46	54	1870
48	52	1868
50	50	1855
52	48	1845
54	46	1840
56	44	1835
58	42	1841
60	40	1848

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

B. DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO INICIAL POR EL METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI

El diseño mezclas que se utilizó para lograr un concreto de alta resistencia inicial de $f'c=350$ kg/cm², parte originalmente del diseño de un concreto sin adiciones para el cual se realizó el diseño por el método del comité 211 del ACI el cual determina una dosificación óptima de agregados, cemento y agua. Posterior a esto para lograr un concreto de alta resistencia inicial planteado se realizaron las adiciones de microsílce y superplastificante teniendo en cuenta condiciones de trabajabilidad, resistencia final de diseño obtenida de la rotura de probetas iniciales de diseño para determinar las cantidades requeridas finalmente de cada una de las adiciones.

Este método se utiliza para diseñar concretos normales, las características de los materiales para este diseño se detallan a continuación en la tabla 3.2.

TABLA 3.2. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES UTILIZADOS PARA DISEÑO DE MEZCLAS

DESCRIPCIÓN	UNID	CEMENTO RUMI TIPO IP	SUPER- PLASTIFICANT E SIKAMENT 306	AGREGADOS	
				FINO	GRUESO
TAMAÑO MÁXIMO	Pulg			N° 4	1"
PESO ESPECÍFICO	gr/cc	3.05	1.16	2.17	2.55
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m3			1474	1306
PESO COMPACTADO	UNITARIO Kg/m3			1538	1482
CONTENIDO DE HUMEDAD	%			2.14	0.55
ABSORCIÓN	%			1.92	1.86
MÓDULO DE FINEZA				2.6	6.93

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los pasos a seguir según este método están resumidos en los siguientes:

Paso a: Selección de la resistencia promedio.

Paso b: Selección del asentamiento (Slump Test)

Paso c: Selección del tamaño máximo nominal del agregado

Paso d: Estimación del agua de mezcla según tabla.

Paso e: Selección de la relación agua cemento según tabla.

Paso f: Calculo del contenido de cemento

Paso g: Estimación del contenido de agregado grueso

Paso h: Estimación del contenido de agregado fino

Paso i: Ajuste por contenido de humedad de los agregados

Paso j: Adiciones al concreto de diseño inicial.

a) Resistencia Promedio Para Diseño (f'_{cr}):

El f'_c requerido es de 350 kg/cm², sin embargo utilizando el coeficiente de seguridad es: $f'_{cr} = 450 \text{ kg/cm}^2$

TABLA 3.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO

f'_c (kg/cm ²)	f'_{cr} (kg/cm ²)
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
350 a mas	$f'_c + 98$

FUENTE: ENRIQUE RIVVA LÓPEZ. "DISEÑO DE MEZCLAS" PAG.63

b) Selección del asentamiento (Slump Test):

Slump: 1" a 2" (condición seca)

c) Selección del tamaño máximo nominal del agregado:

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

d) Estimación del agua de mezcla según tabla:

Para nuestras características se tiene por metro cubico: Agua: 189 litros.

TABLA 3.4. VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA

T.M.N.	Volumen unitario de agua, expresado en litro/m ³ , para asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.					
	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

FUENTE: ENRIQUE RIVVA LÓPEZ. "DISEÑO DE MEZCLAS" PAG.83

Contenido de aire atrapado: Para nuestras características se tiene por metro cubico: Aire Atrapado: 2%.

TABLA 3.5. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

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

FUENTE: ENRIQUE RIVVA LÓPEZ. "DISEÑO DE MEZCLAS" PAG. 89

e) Estimación de la relación agua cemento:

Según cuadro interpolando para una resistencia promedio de 448 kg/cm², la relación agua cemento elegida para la presente investigación es de 0.38

TABLA 3.6. RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA

F'cra 28 Días. (kg/cm ²)	Relación Agua-Cemento Concretos sin aire incorporado
450	0.38
400	0.43
350	0.48
300	0.55
250	0.62
200	0.70
150	0.80

FUENTE: ENRIQUE RIVVA LÓPEZ. "DISEÑO DE MEZCLAS" PAG 95

f) Cálculo del contenido de cemento:

$$\text{Cantidad de cemento} = \text{agua}/(a/c) = 189/0.38 = 497.36 \text{ kg x m}^3.$$

g) Estimación del contenido de agregados:

Vol. Total de agregados= 1- (Vol. de agua+ Vol. de cemento+ Vol. de aire)

Dato: Peso específico del cemento: 3050 kg/m³.

Vol. Total de agregados= 1m³ - (189/1000+497.36.84/3050+2/100) kg/(kg/m³)

Vol. Total de agregados= 1 m³ - (0.189 + 0.163+0.02) m³

Vol. Total de agregados= 0.628 m³

Cálculo del peso seco por metro cúbico de concreto de agregado grueso y fino.

Vol. Total de Agreg. = P.S. de arena /P.E. arena + P.S. de piedra/P.E. de piedra.

La relación de finos (rf) elegida fue el que logro mayor peso unitario compactado, que es:

%arena=42%

%piedra=58%

Como la relación de finos (rf) es de 0.42% para la arena y de 0.58% para la piedra, entonces:

Datos:

Peso específico de la arena: 2170 kg/m³.

Peso específico de la piedra: 2550 kg/m³.

Arena = rf * vol. Total de agregados * peso específico de la arena.

Arena = 0.42*0.628m³ * 2170 kg/m³

Arena = 572.40 kg.

Piedra = rf * vol. Total de agregados * peso específico de la piedra.

Piedra= 0.58*0.628m³ * 2550 kg/m³

Piedra= 928.81 kg.

Se calcula el volumen absoluto del agregado grueso y fino.

Vol. Absoluto de la arena= Peso seco arena/ P.E

Vol. Absoluto de la arena=572.40Kg/(2170 kg/m³)

Vol. Absoluto de la arena=0.264 m³

Vol. Absoluto de la piedra= Peso seco piedra/ P.E.

Vol. Absoluto de la piedra=928.81 Kg/ (2550 kg/m³)

Vol. Absoluto de la piedra=0.364 m³

Vol. Absoluto del cemento = Peso seco/ P.E.

Vol. Absoluto del cemento = 497.36 Kg/ (3050 Kg/m³)

Vol. Absoluto del cemento = 0.163 m³

Vol. Absoluto del agua = Peso agua/ P.E.

Vol. Absoluto del agua = 189 Kg/ (1000 Kg/m³)

Vol. Absoluto del agua = 0.189 m³

Haciendo la comprobación toda la sumatoria de volúmenes debe ser igual a 1 m³.

Vol. (cemento + agua + arena + piedra + aire) = 1 m³

0.163 m³ + 0.189 m³ + 0.264 m³ + 0.364 m³ + 0.02 m³ = 1 m³

Entonces queda comprobado.

h) Corrección del peso del agregado grueso y fino por humedad:

Resumen de datos obtenidos:

Peso Seco Arena = 572.40 kg.

Peso Seco Piedra = 928.81 kg.

% Humedad del agregado grueso = 0.55 %

% Humedad del agregado fino = 2.14 %

% Absorción del agregado grueso = 1.86 %

% Absorción del agregado fino = 1.92 %

Peso húmedo de arena = Peso seco arena (1 + (% humedad de arena - % absorción de arena)/100)

Peso húmedo de arena = 572.40 kg. (1 + (2.14 - 1.92)/100)

Peso húmedo de arena = 572.40 kg. (1 + (2.14 - 1.92)/100)

Peso húmedo de arena = 572.40 kg. (1.0022)

Peso húmedo de arena = 573.66 kg

Peso húmedo de piedra = Peso seco piedra (1 + (% humedad de piedra - % absorción de piedra)/100)

Peso húmedo de piedra = 928.81 kg. (1 + (0.55 - 1.86)/100)

Peso húmedo de piedra = 928.81 kg. (1 + (0.55 - 1.86)/100)

Peso húmedo de piedra = 928.81 kg. (0.9869)

Peso húmedo de piedra = 916.64 kg

i) Corrección del agua de diseño:

Agua de la arena = Peso seco arena ((% humedad de arena - % absorción de arena)/100)

Agua de la arena = 572.40 kg. ((2.14 - 1.92)/100)

Agua de la arena = 1.26 kg.

Agua de la piedra = Peso seco piedra ((% humedad de piedra - % absorción de piedra)/100)

Agua de la piedra = 928.81 kg. ((0.55 - 1.86)/100)

Agua de la piedra = -12.17 kg.

Agua Corregida = Agua inicial de diseño – (Agua de la arena + Agua de la piedra)

Agua Corregida = 189 lt – (1.26 lt -12.17 lt)

Agua Corregida = 189 lt – (-10.91 lt)

Agua Corregida = 200 lt

TABLA 3.7. RESUMEN CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1M3 DE CONCRETO DE DISEÑO INICIAL.

MATERIALES	DOSIFICACIÓN POR METRO CÚBICO DE CONCRETO		
	PESO SECO (Kg)	PESO HUMEDO (Kg/m3)	VOL. ABSOLUTO (m3)
CEMENTO	497.36	497.36	0.163
ARENA	572.40	573.66	0.264
PIEDRA	928.81	916.64	0.364
AGUA	189	200	0.189
AIRE	2%	2%	0.02
Σ	2175.08	2175.06	1

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Antes de realizar las adiciones de microsilice y aditivos hallamos las proporciones de cada material interviniente en la mezcla de la siguiente manera:

❖ **PROPORCIONES EN PESO HUMEDO:**

CEMENTO	ARENA	PIEDRA	A/C (EFECTIVA)
$\frac{497.36}{497.36}$	$\frac{573.66}{497.36}$	$\frac{916.64}{497.36}$	$\frac{200}{497.36}$

❖ **PROPORCIÓN FINAL DE DISEÑO EN PESO:**

CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA
1	1.15	1.84	0.4

❖ **CANTIDAD DE MATERIALES PARA PARA FINES DE LA INVESTIGACIÓN (1/2 BOLSA DE CEMENTO):**

Para fines de la investigación realizamos las proporciones en peso para 1 tanda de media bolsa de cemento (42.5/2 kg), para lo cual multiplicamos las proporciones en peso ya corregidas por humedad del agregado. A continuación detallamos las proporciones para ½ bolsa de cemento:

CEMENTO	:	21.25 KG X 1	=	21.25 KG
ARENA	:	21.25 KG X 1.15	=	24.44 KG
PIEDRA	:	21.25 KG X 1.84	=	30.10 KG
AGUA	:	21.25 KG X 0.4 Lts/KG	=	8.5 Lts.



FIGURA 3.17: DOSIFICACIÓN DE LOS MATERIALES POR PESO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN.

j) **Adiciones al concreto inicial:**

❖ **Cantidad de cemento con Microsílice y Superplastificante:**

Se realizó dos diseños para obtener aquel que nos proporcione mejores resultados, tomando como base el diseño del concreto inicial, se realizó diseños para una proporción de microsílice del 8 % y 10 % con respecto al peso del cemento de la siguiente manera.

TABLA 3.8. DISEÑO DE MEZCLAS CON ADICIONES DE MICROSÍLICE AL 8 % Y SUPERPLASTIFICANTE AL 1%.

MATERIALES	DOSIFICACIÓN POR 1 TANDA DE ½ BOLSA DE CEMENTO		PROPORCIONES
	SIN ADITIVOS	CON ADITIVOS	
CEMENTO	21,25 Kg	19,55 Kg	1
MICROSÍLICE	-	1,7 Kg	
ARENA	24,44 Kg	24,44 Kg	1,15
PIEDRA	30,10 Kg	30,10 Kg	1,84
AGUA	8,5 Lt	8,30 Lt	0,4
SUPERPLASTIFICANTE	-	0,20 Lt	
AIRE	2%	2%	-

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN TABLA 3.8:

El incremento del aditivo superplastificante SIKAMENT 306, se debe corregir al momento de realizar la mezcla, en este caso se ha colocado en un porcentaje de 1% del peso del cemento para microsílíce al 8%, para lo cual multipliacamos (21.25 kg x 0.01) que equivalen a 0.23 kg, dividiendo este valor por la densidad del aditivo que es de 1.16 Kg/lit , obteniendo que para media bolsa de cemento se añadirán 0.20 lit de SIKAMENT 306, restando este volumen de agua por media bolsa de cemento. El asentamiento deseado para este diseño es de 3” a 4” para lograr este valor sin mayor adición de agua usamos superplastificante SIKAMENT 306, fijando para ambos casos de microsílíce al 8 % y 10 % de acuerdo a la prueba de: “Asentamiento de cono de Abrams”.

TABLA 3.9. DISEÑO DE MEZCLAS CON ADICIONES DE MICROSÍLICE AL 10 % Y SUPERPLASTIFICANTE AL 0.75 %.

MATERIALES	DOSIFICACIÓN POR 1 TANDA DE ½ BOLSA DE CEMENTO		
	SIN ADITIVOS	CON ADITIVOS	PROPORCIONES
CEMENTO	21.25 Kg	19.125 Kg	1
MICROSÍLICE	-	2.125 Kg	
ARENA	24.44 Kg	24.44 Kg	1.15
PIEDRA	30.10 Kg	30.10 Kg	1.84
AGUA	8.5 Lt	8.36 Lt	0.4
SUPERPLASTIFICANTE	-	0.14 Lt	
AIRE	2%	2%	-

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN TABLA 3.9:

El incremento del aditivo superplastificante SIKAMENT 306, se debe corregir al momento de realizar la mezcla, en este caso se ha colocado en un porcentaje de 0.75 % del peso del cemento para adición de microsílíce al 10% para lo cual multiplicamos (21.25 kg x 0.0075) que equivalen a 0.16 kg, dividiendo este valor por la densidad del aditivo que es de 1.16 Kg/lit, obteniendo que para media bolsa de cemento se

añadirán 0.14 lt de SIKAMENT 306, restando este volumen de agua por media bolsa de cemento.

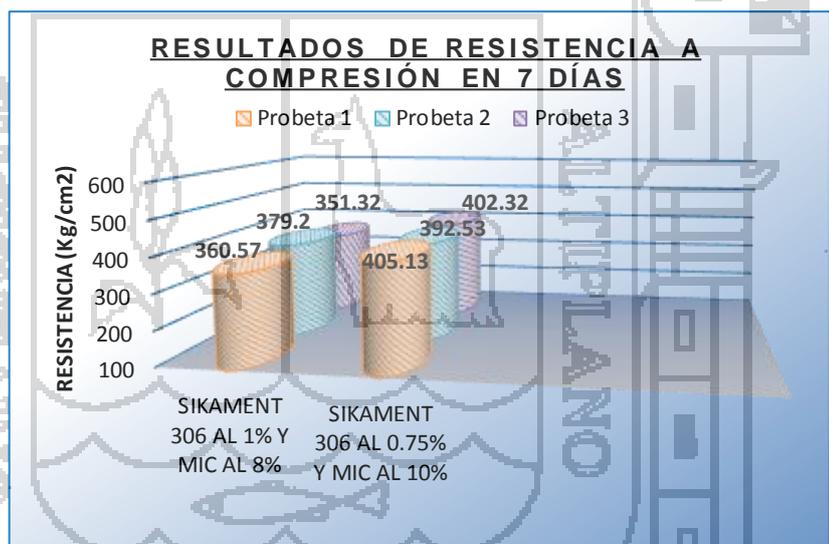
❖ **Elección de la dosificación de aditivos**

TABLA 3.10. RESULTADOS DE DISEÑO DE MEZCLAS CON ADICIONES DE MICROSÍLICE Y SUPERPLASTIFICANTE.

DOSIS	N° Testigo	Resistencia (kg/cm ²)	Tiempo
SIKAMENT 306 AL 1 % Y MIC 8 %	1	360.57	7 días
	2	379.20	7 días
	3	351.32	7 días
SIKAMENT 306 AL 0.75 % Y MIC 10 %	1	405.13	7 días
	2	392.53	7 días
	3	402.32	7 días

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 3.18. HISTOGRAMA RESISTENCIAS A COMPRESIÓN CON ADICIÓN DE SUPERPLASTIFICANTE Y MICROSÍLICE.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN TABLA 3.10 Y FIGURA 3.18.

El histograma muestra las resistencias a compresión alcanzadas a la edad de 07 días, con estos resultados obtenemos las dosis elegidas de aditivo y microsíllice con respecto al peso del cemento son: 1% de superplastificante (Sikament 306) y 8% de microsíllice (sika fume), puesto que nos brinda mejores resultados para el diseño requerido y consistencia necesaria. Además que las resistencias mayores a 400 kg/cm² no justifica debido al incremento de microsíllice.

❖ **Proporciones para 1 M³ de Concreto de Alta Resistencia Inicial Elegido:**

En la tabla 3.11 se muestra las proporciones finales elegidas para el diseño de Concreto de Alta Resistencia Inicial, donde en la primera columna es la de los materiales intervinientes en la mezcla, en la segunda columna la dosificación inicial para concretos normales con los materiales primordiales sin adiciones de aditivos, en la tercera columna se detallan las proporciones finales del Concreto de Alta Resistencia Inicial Elegido donde los volúmenes agua y cemento se redujeron cuando se incorporó superplastificante y microsíllice en sustitución por masa, con el fin de compensar el aumento en volumen provocado por estos materiales para mantener los porcentajes de agua y cemento originales, en la cuarta columna se describen las principales proporciones del diseño de mezcla.

TABLA 3.11. PROPORCIONES FINALES DEL DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL POR M³

MATERIALES	DOSIFICACIÓN PARA 1 M ³ DE CONCRETO		
	SIN ADITIVOS	CON ADITIVOS	PROPORCIONES
CEMENTO	497.36 Kg	457.57 Kg	1
MICROSÍLICE (8%): (8*Peso Cemento)/100	-	39.79 Kg	
ARENA	573.66 Kg	573.66 Kg	1.15
PIEDRA	916.64 Kg	916.64 Kg	1.84
AGUA	200 Lt	195.72 Lt	0.4
SUPERPLASTIFICANTE (1%): (1*Peso Cemento/100)/(Densidad Superplastificante)	-	4.28 Lt	
AIRE	2%	2%	-

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El procedimiento experimental efectuado fue en base a un enfoque cualitativo, puesto que se recolecta datos por ensayos de laboratorio para probar la hipótesis, con base en la medición numérica y análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento, para lo cual realizamos los siguientes procedimientos.

3.2.1. CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL CON ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES

Para el caso del diseño de mezclas con incorporación de Polímeros Superabsorbentes (Poliacrilato de Sodio), se utilizó la misma dosificación y los mismos parámetros que para el diseño obtenido del concreto de alta resistencia inicial elegido, siendo objeto de estudio las variaciones que sufre este concreto de alta resistencia inicial en su trabajabilidad y resistencia a compresión por adición en tres porcentajes diferentes de Polímeros Superabsorbentes. Para lo cual se realizó tres adiciones con respecto al peso del cemento.

TABLA 3.12. PORCENTAJES DE ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.

DISEÑO	ADICIÓN POR PESO DE CEMENTO
Diseño PS – 10	0.10 %
Diseño PS – 15	0.15 %
Diseño PS – 20	0.20 %

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

INTERPRETACIÓN TABLA 3.12.

De acuerdo a (Pasquel Carbajal, Curado interno con Polímeros Superabsorbentes, 2014, pág. 56)

La dosis que se toma como punto de partida de Polímeros Superabsorbentes fue la recomendada de 1 onza (0.028349 kg) por cada 42.5 kg de cemento equivalente aproximadamente a 0.1% del peso del cemento.

Se opta realizar adiciones superiores de Polímeros Superabsorbentes de 0.15 % y 0.2% por peso de cemento, por razones de investigación. Por descarte durante la dosificación de este producto, se obvia adiciones superiores a

0.2% puesto que estas pruebas produjeron exudación y segregación del concreto durante los diseños previos obtenidos.

Para nuestra investigación se utiliza la cantidad de 21.25kg de cemento por cada tanda en el proceso de mezclado y como unidad mínima de polímeros Superabsorbentes hallamos el 0.05% de 21.25kg obteniendo 10.625 gr.



FIGURA 3.19 y 3.20: PESANDO POLÍMEROS SUPERABSORBENTES EN UNA BALANZA DE 0.5 GR PRECISIÓN.

Cabe señalar que la capacidad de absorción de los Polímeros Superabsorbentes (Poliacrilato de Sodio) empleados en esta investigación fue de 1 litro aproximadamente por cada 10.625 gr de Polímeros Superabsorbentes, esta llega a saturarse por completo en 40 min aproximadamente.



FIGURA 3.21 y 3.22: HIDRATACIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES 10.63 GR POR 1 LITRO DE AGUA.

3.2.2. FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS

A. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE PROBETAS

Para esta finalidad, se consideró las especificaciones de la Norma NTP 339.033 (ASTM C31) "Práctica Normalizada para la preparación y curado de las probetas para ensayos de concreto" y las recomendaciones del Comité ACI 318-08 "Requisitos de Reglamento para concreto estructural", que en su inciso 5.6.2.4 nos indica textualmente: Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos (02) probetas de 6" (150mm)x12" (300mm) o de al menos tres (03) probetas de 4" (100mm)x8" (200mm), preparadas de la misma muestra de concreto.

Con tales criterios, se decidió confeccionar la cantidad de 66 probetas cilíndricas de 4"x8"; como se detalla a continuación:

TABLA 3.13. CANTIDAD DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE 4"X8"

CANTIDAD PROBETAS CILÍNDRICAS DE 4"X8" POR EDADES						
CONCRETO	EDAD	Concreto de Alta Resistencia Inicial	C/PS	C/PS	C/PS	SUB TOTAL
		S/PS	0.1%/Peso de Cemento	0.15%/Peso de Cemento	0.2%/Peso de Cemento	
	* Diseños 1 y 2	6				06
	3 DIAS	5	5	5	5	20
	7 DIAS	5	5	5	5	20
	15 DIAS	5	5	5	5	20
TOTAL		21	15	15	15	66

*NOTA. SON LOS DISEÑOS PREVIOS CON ADICIONES DE 8% Y 10% DE MICROSIÍLICE.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

INTERPRETACIÓN TABLA 3.13.

La tabla muestra la cantidad de probetas programadas para su elaboración necesaria para los ensayos de compresión a rotura, donde S/PS se refiere a las probetas sin polímeros superabsorbentes y C/PS se denomina así a las probetas con adiciones de polímeros superabsorbentes al 0.1%, 0.15% y 0.2%.

B. TIPOLOGÍA DE PROBETAS FABRICADAS EN LABORATORIO

La fabricación de probetas se realizó según los procedimientos establecidos por la norma peruana NTP 339.033 (ASTM C31) y NTP 339.045 – 078 (ASTM C78). Dado el asentamiento final previsto de 3"- 4" para las mezclas de concreto, se escogió como procedimiento de compactación de la mezcla al interior de los moldes, el apisonado, tal como indica las normas citadas.

C. ELABORACIÓN DEL CONCRETO

a. Norma

- ❖ NTP 339.036, ASTM C172M

b. Método

Realizar el procedimiento adecuado para la elaboración del concreto, para que este cumpla con las propiedades requeridas.

c. Equipo

- ✓ Mezcladora
- ✓ Carretilla
- ✓ Pala
- ✓ Balde
- ✓ Dosificador para aditivo.



FIGURA. 3.23: IMPLEMENTOS PARA ELABORACIÓN DEL CONCRETO - COSTANERA PUNO.



FIGURA 3.24: ADICIÓN DE MICROSÍLICE CON EQUIPO DE PROTECCIÓN ADECUADO.

d. Procedimiento

- Antes de la preparación del concreto, para poder realizar la corrección de humedades, es necesario sacar el contenido de humedad de los agregados.
- Previo al inicio del mezclado, debió de humedecerse la mezcladora.
- Iniciamos con la rotación de la mezcladora, añadimos el 70 % del agua de diseño a continuación agregado grueso, agregado fino y cemento, se debe dejar mezclando por lo menos 1 minuto para luego añadir la cantidad de microsilice (SIKA FUME) de acuerdo al diseño también se debe dejar mezclando por lo menos 1 minuto a continuación se añade el aditivo superplastificante (SIKAMENT 306) con la fracción de agua de diseño restante dejamos mezclando por lo menos 1 minuto de acuerdo al diseño realizado.
- Una vez preparada la mezcla se procedió a colocar el concreto en una carretilla para luego proceder a realizar los ensayos: Toma de temperatura del concreto, Slump (asentamiento), elaboración de las probetas para someterlos a ensayo de resistencia a la compresión en las diferentes edades.



FIGURA. 3.25: MEZCLADO DE CONCRETO CON CAPACIDAD DE 14HP

D. METODO ESTANDAR PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS CILINDRO DE CONCRETO

a. Norma

- ❖ NTP.339.183, ASTM C-192

b. Método

Para obtener una muestra representativa, las probetas de concreto deben ser moldeadas y curadas siguiendo los procedimientos determinados.

c. Equipo

- ✓ Moldes cilíndricos, deben ser hechos de material impermeable, no absorbente y no reactivo con el cemento. El diámetro puede variar de 10 a 10.5 cm y la altura entre 19.9 a 21.1cm.
- ✓ Barra Compactadora, Varilla metálica lisa con punta redondeada de diámetro igual a 9.5 mm (3/8") y longitud de 30 cm.
- ✓ Pala, cucharon, plancha metálica, desmoldante.



FIGURA 3.26: CONCRETO DE DISEÑO INICIAL SIN ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.



FIGURA 3.27: CONTROL DE TEMPERATURA DEL CONCRETO CON 0.2% DE P.S. 17.2 °C.



FIGURA 3.28: ELABORACIÓN DE PROBETAS, COMPACTADO CON VARILLA: 3/8" Ø Y 30 CM DE LARGO.



FIGURA 3.29: ENRASADO DE LAS PROBETAS 4"X 8" CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

d. Procedimiento de Ensayo

- Colocamos los moldes en una superficie plana, rígida y horizontal.
- Los moldes deben estar limpios y la superficie interior deberá lubricarse con desmoldante.
- Colocamos el concreto en los moldes, se llena la primera capa con concreto aproximadamente la tercera parte del molde, se ha chuseado 25 veces en forma helicoidal, luego con el martillo de goma se ha golpeado 12 veces alrededor del molde, luego de esto se procedió a llenar la segunda capa realizando lo mismo que para la primera capa.
- Después de un momento se procedió al enrase de las probetas, que se hace con una regla y/o plancha metálica.

- Las probetas permanecerán durante las primeras 24 horas en un ambiente húmedo para evitar la pérdida de humedad, pasado este tiempo se puede desmoldar.

E. CURADO POR INMERSIÓN

a. Norma

- ❖ NTP339.183, ASTM C – 192

b. Método

El propósito del curado húmedo es para maximizar la hidratación del cemento y para prevenir la evaporación del agua del concreto.



FIGURA 3.30: ROTULADO DE PROBETAS 4"X 8" PARA SUMERGIR EN POZA DE CURADO CON CAL Y TEMPERATURA CONTROLADA.

c. Procedimiento

Luego de desmoldar los especímenes después de 24 ± 8 hrs después del vaciado rotular las probetas para el ensayo de resistencia a la compresión a 3 días, 7 días y 15 días.

Se procedió a colocar en recipientes los cuales tiene una solución de agua saturada con cal, aproximadamente el contenido de cal por litro de agua es de 3gr, el agua debe ser potable y limpia la cual debe cubrir por totalidad a las probetas.



FIGURA 3.31: CURADO POR INMERSIÓN DE PROBETAS 4"X8" POR 3, 7 Y 15 DÍAS EN POZA DE CURADO.

3.2.3. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

A. ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO

a. Norma

- ❖ NTP339.035, ASTM C – 143

b. Método

El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o “Slump Test”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978, con lo que se le puede encontrar en norma ASTM C 143.

En nuestro medio se encuentra reglamentado en la norma NTP 339.035. “Método de ensayo para el asentamiento del concreto de cemento”.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde tronco cónico, midiendo el asentamiento de la mezcla luego de desmoldado.

El comportamiento del concreto en la prueba indica su “consistencia” ósea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de agua en la mezcla, siempre cuando los materiales y las condiciones se mantengan constantes.

c. Equipo

El equipo es necesario consiste en un tronco de cono. Los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm.

El molde se construye con plancha de acero galvanizado, de espesor mínimo de 1.5mm se sueldan al molde asas y aletas de pie para facilitar la operación. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica.

d. Procedimiento de ensayo

A continuación se da un resumen de los pasos clave que intervienen en la determinación del revenimiento del concreto fresco. Este resumen se deriva de la lista de verificación usada en el examen de desempeño del ACI.

- Humedecemos el interior del cono de revenimiento.
- Colocamos el cono sobre la plancha, la cual debe estar mojada, de tal manera que no absorba agua.
- Sostenemos el cono firmemente en su lugar parándose sobre los dos estribos de apoyo a cada lado del molde. Llene con tres capas.
- Se llenó el molde aproximadamente 1/3 de su volumen
- Se compacto con 25 golpes verticales en todo su espesor. Distribuya uniformemente los golpes sobre la sección transversal de la capa. Inclina ligeramente la varilla, empezando cerca del perímetro, continuando progresivamente en forma de espiral hacia el centro.
- Para la segunda capa se llenó el cono aproximadamente 2/3 de su volumen compactamos con 25 golpes verticales en todo su espesor, penetrando ligeramente en la primera capa (Max 1pulg). Distribuya uniformemente los golpes en toda la sección transversal de la capa.
- Para la tercera capa
 - Se depositó el concreto por encima de la parte superior del cono.

- Se Compactó con 25 golpes verticales en todo su espesor, penetrando ligeramente en la segunda capa. Distribuya uniformemente los golpes en toda la sección transversal de la capa.
- Si como resulta del varillado el concreto cae de la parte superior del cono, se agregó concreto a modo de mantener un exceso por encima del cono. Se Continuó el conteo del varillado desde el valor alcanzado antes de agregar concreto al cono.
- Se enraso la parte superior de la superficie de concreto con la varilla de compactación en un movimiento de enrasado.
- Al tiempo que se mantiene una presión hacia abajo, se removió el concreto de la base del cono durante el enrasado.
- Se removió inmediatamente el cono levantándolo en una dirección vertical constante en no más de 5 segundos. No debe haber ningún movimiento lateral o de torsión del cono al estado levantando.
- Se completó la prueba de asentamiento, a partir del llenado hasta la remoción del cono, en 2.5min.
- Si ocurriese un claro desplome o partición del concreto desde un lado o una porción de la masa, se desechó la prueba y se hizo una nueva prueba en otra porción de la muestra.
- Finalmente se midió inmediatamente el asentamiento. Este es la diferencia vertical entre la parte superior del cono y el centro original desplazado en la parte superior de la superficie del espécimen.



FIGURA 3.32: PRUEBA DE SLUMP: 3" CONCRETO SIN ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.



FIGURA 3.33: PRUEBA DE SLUMP: 4.5" CONCRETO CON 0.1 % ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.



FIGURA 3.34: PRUEBA DE SLUMP: 5.1" CONCRETO CON 0.15% ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.

FIGURA 3.35: PRUEBA DE SLUMP: 6.5" CONCRETO CON 0.2% ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES.

B. ENSAYO DE TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO

a. Norma

- ❖ NTP 339.184:2013.

b. Método

La temperatura interna del concreto es fundamental para la evolución del fraguado y adquisición de la resistencia.

Por lo que se evaluó la temperatura del concreto en sus 5 primeras horas de fraguado, para observar el aumento y descenso de su temperatura interna.

c. Equipo

- ✓ Probetas de PVC de 4" x 8" para concreto.
- ✓ Tubos de PVC de ½" de 10cm. De longitud.
- ✓ Termómetro digital de -50° a 150°C.



FIGURA 3.36: CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DURANTE 5 HORAS CONSECUTIVAS

d. Procedimiento

❖ Determinación de la temperatura interna del concreto

Una vez que se ha compactado la muestra en el molde de PVC de 4" x 8", se colocó un tubo de $\frac{1}{2}$ " de diámetro en el centro de la muestra hasta la mitad de su altura, para realizar las mediciones de la temperatura interna.

Se colocó el termómetro hasta que la lectura de la temperatura sea constante, anotando la hora y la lectura del termómetro. Se realiza esta operación por 5 horas consecutivas.

Teniendo las cuatro condiciones de mezcla, la muestra de concreto de diseño inicial sin polímeros Superabsorbentes y las muestras con adiciones de 0.1%, 0.15% y 0.2% de Polímeros Superabsorbentes.



FIGURA 3.37: CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA CON TERMOMETRO DIGITAL 0.5 C°

C. ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO

a. Norma

- ❖ NTP339.046, ASTM C – 138

b. Método

La prueba del peso unitario es una herramienta importante para controlar la calidad del concreto recién mezclado.

c. Equipo

- ✓ Recipiente metálico
- ✓ Barra compactadora, varilla metálica lisa con punta redondeada de diámetro igual a 16mm (5/8") y longitud de 60cm.
- ✓ Martillo de goma
- ✓ Cucharon
- ✓ Balanza



FIGURA 3.38: PESO UNITARIO DEL CONCRETO CON RECIPIENTE NORMALIZADO.

d. Procedimiento de Ensayo

- ❖ Determinar el peso y el volumen del recipiente.
- ❖ Colocar el concreto en el recipiente en tres capas de volúmenes iguales cada una. Para la primera capa, llene el recipiente

aproximadamente la tercera parte de su volumen, se varilla la capa 25 veces distribuyendo uniformemente por toda la superficie, luego se golpea ligeramente la parte exterior del recipiente de 10 a 15 golpes con el martillo de goma.

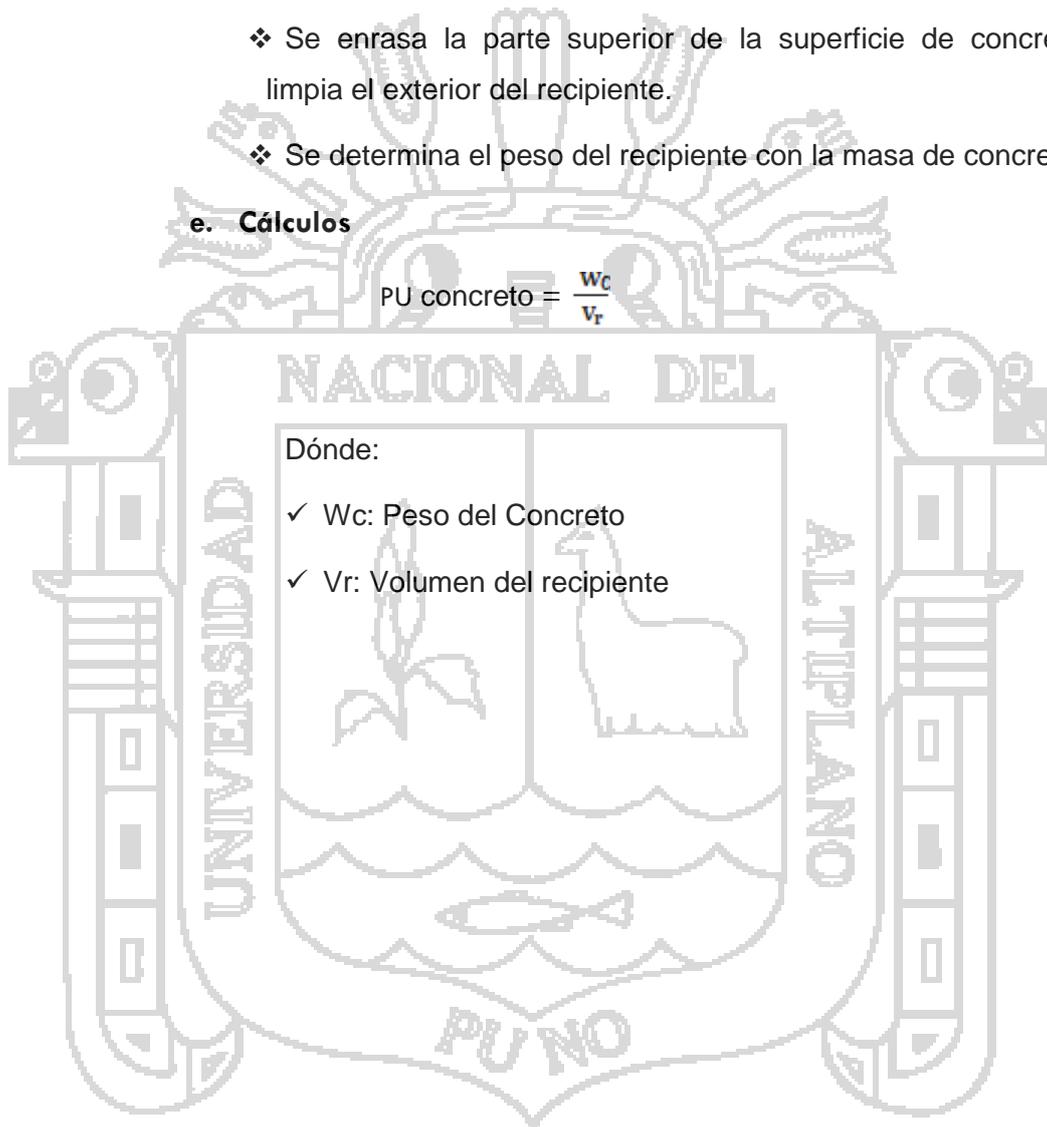
- ❖ Para la segunda y tercera capa se realiza el mismo procedimiento teniendo en cuenta que la varilla solo penetra la capa que debe ser compactada.
- ❖ Se enrasa la parte superior de la superficie de concreto, se limpia el exterior del recipiente.
- ❖ Se determina el peso del recipiente con la masa de concreto.

e. Cálculos

$$PU \text{ concreto} = \frac{W_c}{V_r}$$

Dónde:

- ✓ W_c : Peso del Concreto
- ✓ V_r : Volumen del recipiente



3.2.4. ENSAYO DE CONCRETO ENDURECIDO

A. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

a. Norma

- ❖ NTP339.034, ASTM C – 39

b. Método

Este método de ensayo determina la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos del concreto.

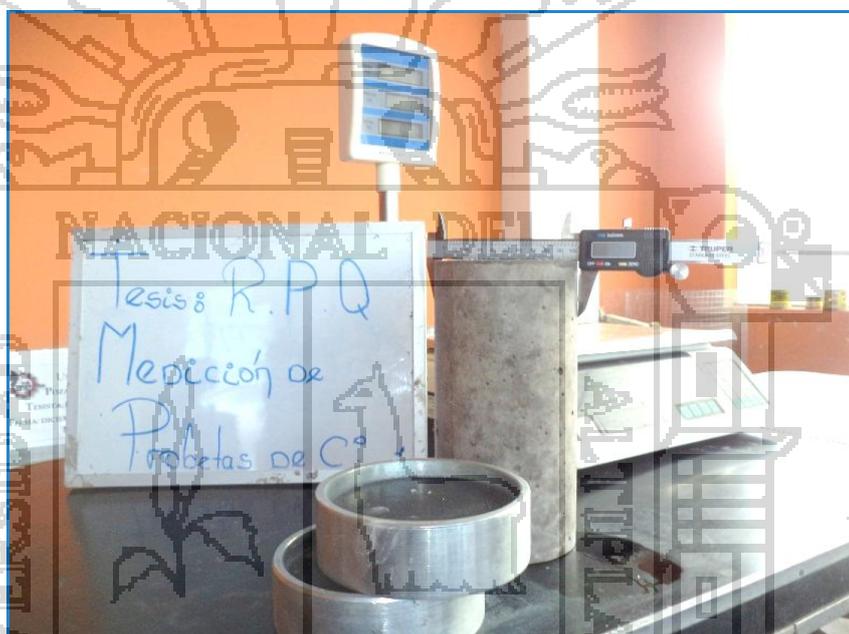


FIGURA 3.39: MEDICIÓN DE DIÁMETROS DE LAS PROBETAS CON VERNIER PRECISIÓN DE ± 0.05 MM

c. Equipo

- ✓ Máquina de compresión, la cual aplica la carga continua, no intermitente, y sin impacto
- ✓ Almohadillas de neopreno
- ✓ Platos Metálicos de roturas

d. Procedimiento de Ensayo

- ❖ Retirar los especímenes a ser ensayados de los recipientes de curado
- ❖ Ponerle código a las probetas de ensayos

- ❖ Tomar medidas de diámetro, se deben medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí, estas deben de promediarse para posteriormente calcular el área de la sección.
- ❖ El cilindro que ya tiene colocado las almohadillas de neopreno se debe centrar en la máquina de ensayo de compresión.
- ❖ Se procede a cargar hasta completar la rotura, el régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 0.15 a 0.35 MPa/seg.

e. Cálculo

Calculo de la resistencia a la compresión.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

F'c: Resistencia a la Compresión del Concreto (kg/cm²)

P: Máxima Carga Aplicada (kg)

A: Área de la Sección (cm²)



FIGURA 3.40: PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN FALLA POR CORTANTE CONCRETO CON P.S.

FIGURA 3.41: PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN FALLA POR FISURA CONCRETO CON P.S.



FIGURA 3.42: EQUIPO CALIBRADO PARA PROBETA DE 4" X 8" LABORATORIO INGENIERÍA DE MINAS UNA PUNO.

FIGURA 3.43: EQUIPO CALIBRADO PARA PROBETA DE 4" X 8" LABORATORIO INGENIERÍA DE MINAS UNA PUNO.



FIGURA 3.44: PROBETAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN LABORATORIO MECÁNICA DE ROCAS ING. MINAS UNA-PUNO.



FIGURA 3.45: PRUEBA DE RESISTENCIA DE COMPRESIÓN REGISTRO DE ROTURA LOS 07 DÍAS.



CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS EN CONCRETO FRESCO

4.1.1. ENSAYO DE ASENTAMIENTO (CONO DE ABRAMS)

Mediante este ensayo se logró observar una evidente influencia de la adición de Polímeros Superabsorbentes a la mezcla del concreto de alta resistencia inicial; en razón que se incrementa la fluidez y trabajabilidad del concreto con adiciones controladas. Cabe destacar que el slump del concreto de diseño inicial fue de 3"- 4" (7.5 -10cm), valor razonable como punto de partida para realizar las mediciones de incremento con las adiciones de Polímeros Superabsorbentes.

En la tabla siguiente se aprecia los resultados obtenidos con cada dosificación de concreto realizada:

TABLA 4.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SLUMP, MUESTRA PARA ROTURA A LOS 15 DÍAS

TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	SLUMP		
		CM		% DE VARIACIÓN
CONCRETO SIN P.S.	15/12/2014	7	7.25	-
		7.5		
CONCRETO CON 0.1% P.S.	15/12/2014	8.5	9.0	24.14 %
		9.5		
CONCRETO CON 0.15% P.S.	15/12/2014	10.5	11.0	51.72 %
		11.5		
CONCRETO CON 0.2% P.S.	15/12/2014	13	13.25	82.76 %
		13.5		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 4.2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SLUMP, MUESTRA PARA ROTURA A LOS 07 DÍAS

TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	SLUMP		
		CM		% DE VARIACIÓN
CONCRETO SIN P.S.	23/12/2014	8	7.75	-
		7.5		
CONCRETO CON 0.1% P.S.	23/12/2014	9.5	9.73	25.7 %
		10		
CONCRETO CON 0.15% P.S.	23/12/2014	11.5	12	54.84 %
		12.5		
CONCRETO CON 0.2% P.S.	23/12/2014	13.5	13.25	70.97 %
		13		

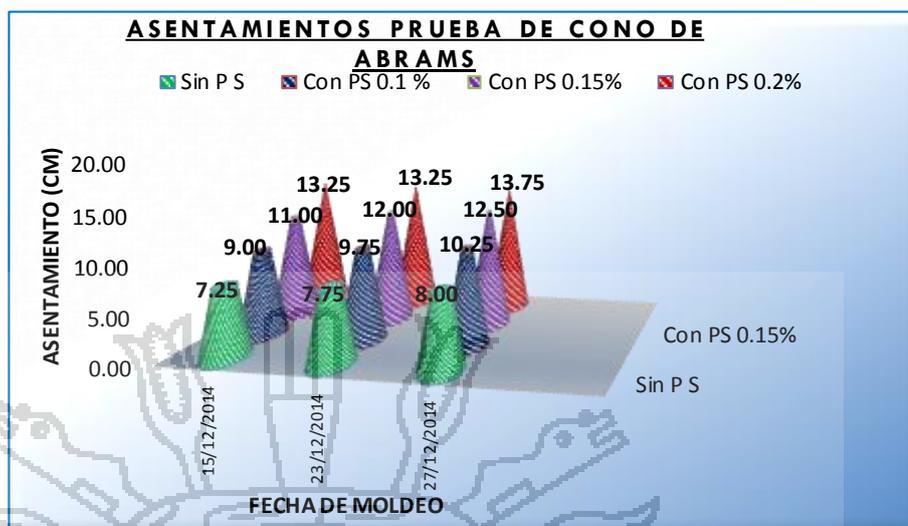
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 4.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SLUMP, MUESTRA PARA ROTURA A LOS 03 DÍAS

TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MOLDEO	SLUMP		
		CM		% DE VARIACIÓN
CONCRETO SIN P.S.	27/12/2014	7.5	8	-
		8.5		
CONCRETO CON 0.1% P.S.	27/12/2014	9.5	10.25	28.13 %
		11		
CONCRETO CON 0.15% P.S.	27/12/2014	12	12.5	56.25 %
		13		
CONCRETO CON 0.2% P.S.	27/12/2014	13.5	13.75	71.88 %
		14		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 4.1. HISTOGRAMA ASENTAMIENTOS PROMEDIO PARA DIFERENTES ADICIONES DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN DE TABLAS 4.1, 4.2, 4.3. Y FIGURA 4.1.

Según los resultados obtenidos se observa que el mayor asentamiento es de 13.75 cm el cual corresponde al concreto con adición de polímeros superabsorbentes al 0.2% (dicho resultado corresponde a una variación del 71.88 % con respecto al concreto de alta resistencia inicial sin polímeros superabsorbentes); mientras tanto el menor asentamiento es de 7.25 cm que corresponde al concreto de diseño inicial sin polímeros superabsorbentes.

Nota. Se observa que con la adición de Polímeros Superabsorbentes, el asentamiento de la mezcla de concreto se incrementa y en consecuencia se hace más trabajable. Sin embargo durante las pruebas previas de diseño se notó que adiciones mayores a 0.2% producen segregación.

4.1.2. TEMPERATURA DEL CONCRETO

A. TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO

Se ha realizado un control de la temperatura en el concreto durante 5 horas, considerando la muestra de concreto de diseño inicial y las muestras con adiciones de 0.1%, 0.15% y 0.2% de Polímeros Superabsorbentes, tomando en cuenta la evaluación de las probetas programadas a los 07 días de rotura, por tratarse de un concreto de alta

resistencia inicial, para fines prácticos de la investigación. A continuación se indican los registros obtenidos.

TABLA 4.4. CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO, MUESTRA SIN PS PARA ROTURA 07 DÍAS

TEMPERATURA POR HORAS	N° PROBETA		PROMEDIO
	1	2	
1 HRS	16.8	16.5	16.65
2 HRS	17.9	17.4	17.65
3 HRS	18.1	17.7	17.9
4 HRS	18.4	18	18.2
5 HRS	17.6	17.5	17.55
			17.59

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 4.5. CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO MUESTRA 0.1% DE PS PARA ROTURA 07 DÍAS

TEMPERATURA POR HORAS	N° PROBETA		PROMEDIO
	1	2	
1 HRS	15.3	15.7	15.5
2 HRS	16.4	16.3	16.4
3 HRS	17.5	17.7	17.6
4 HRS	17.8	18.0	17.9
5 HRS	17.1	17.7	17.4
			17.37

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 4.6. CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO MUESTRA 0.15% DE PS PARA ROTURA 07 DÍAS

TEMPERATURA POR HORAS	N° PROBETA		PROMEDIO
	1	2	
1 HRS	15.8	15.6	15.7
2 HRS	16.9	16.7	16.8
3 HRS	17.5	17.3	17.4
4 HRS	17.8	17.7	17.75
5 HRS	16.8	16.7	16.75
			16.88

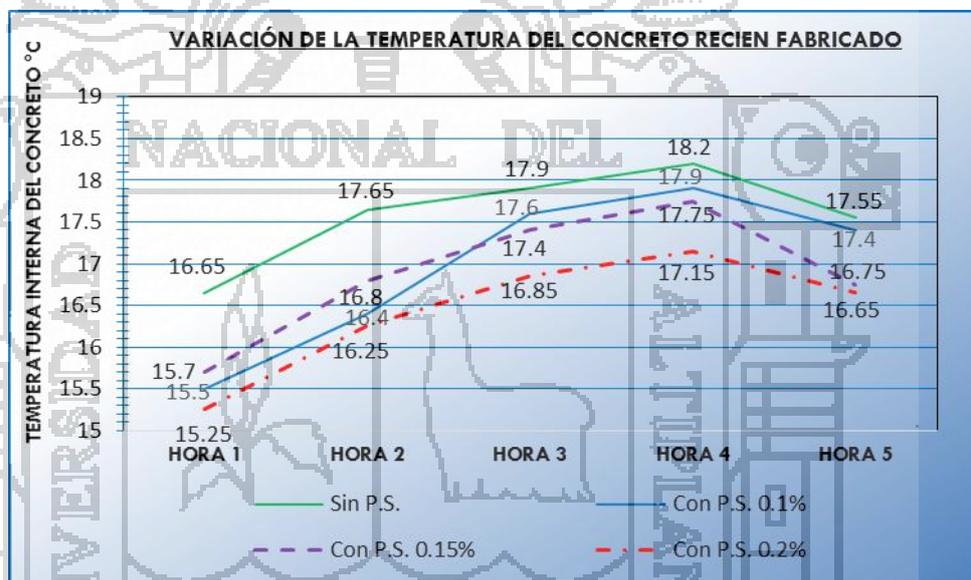
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA 4.7. CONTROL DE TEMPERATURA INTERNA DEL CONCRETO MUESTRA 0.2% DE PS PARA ROTURA 07 DÍAS

TEMPERATURA POR HORAS	N° PROBETA		PROMEDIO
	1	2	
1 HRS	15.4	15.1	15.25
2 HRS	16.3	16.2	16.25
3 HRS	16.9	16.8	16.85
4 HRS	17.2	17.1	17.15
5 HRS	16.6	16.7	16.65
			16.43

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 4.2. TEMPERATURAS INTERNAS DEL CONCRETO CON DIFERENTES ADICIONES DE PS MUESTRA DE 07 DÍAS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN TABLA 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 y FIGURA 4.2.

Los cuadros presentan resultados de la temperatura interna del concreto tomando en cuenta la medición del concreto de diseño inicial sin adición de polímeros superabsorbentes y las mezclas con adición de polímeros superabsorbentes en porcentajes del 0.1%, 0.15% y 0.2%, podemos apreciar que la variación de temperatura del concreto de diseño inicial con respecto a las muestras con adición de polímeros superabsorbentes es alrededor de 1.5 °C. Sin embargo la variación de temperatura entre las muestras de 0.1%, 0.15 % y 0.2% con adición de polímeros superabsorbentes es mínima.

4.1.3. PESO UNITARIO DEL CONCRETO.

El ensayo de peso unitario se determina compactando en tres capas del mismo volumen de una muestra de concreto en un recipiente normado, el cual posteriormente se pesa para luego dividir el peso entre el volumen del recipiente. Las unidades de medida serán expresadas en Kg/m³.

❖ **Datos del Recipiente:**

Diámetro (D) : 20 cm ó 0.2 m

Altura (H) : 21.5 cm ó 0.215 m

❖ **Volumen del Recipiente:**

$$V_r = H \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

❖ **PU concreto :**

$$PU = \frac{W_c}{V_r}$$

TABLA 4.8. RESUMEN RESULTADOS DE P.U. DEL CONCRETO

TIPO DOSIFICACIÓN	PESO REGISTRADO Wc (Kg)	VOLUMEN RECIPIENTE Vr (m ³)	PESO UNITARIO PU (kg/m ³)	% VARIACIÓN DE PU
Sin PS	15.65	0.00675	2318.52	--
Con PS 0.1%	15.71	0.00675	2327.40	0.38
Con PS 0.15 %	15.76	0.00675	2334.81	0.70
Con Ps 0.2 %	15.82	0.00675	2343.70	1.08

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 4.3. VARIACIÓN DE LOS PESOS UNITARIOS CON DIFERENTES PORCENTAJES DE P.S.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.2. ANALISIS DE RESULTADOS EN CONCRETO ENDURECIDO

4.2.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Las briquetas que fueron sometidas a ensayos de compresión respondieron satisfactoriamente al comportamiento requerido en relación a su resistencia de diseño (350 kg/cm²).

Concluido el ensayo de los testigos cilíndricos de concreto, se obtuvo los siguientes resultados de acuerdo al Anexo 3.4 promediando obtenemos:

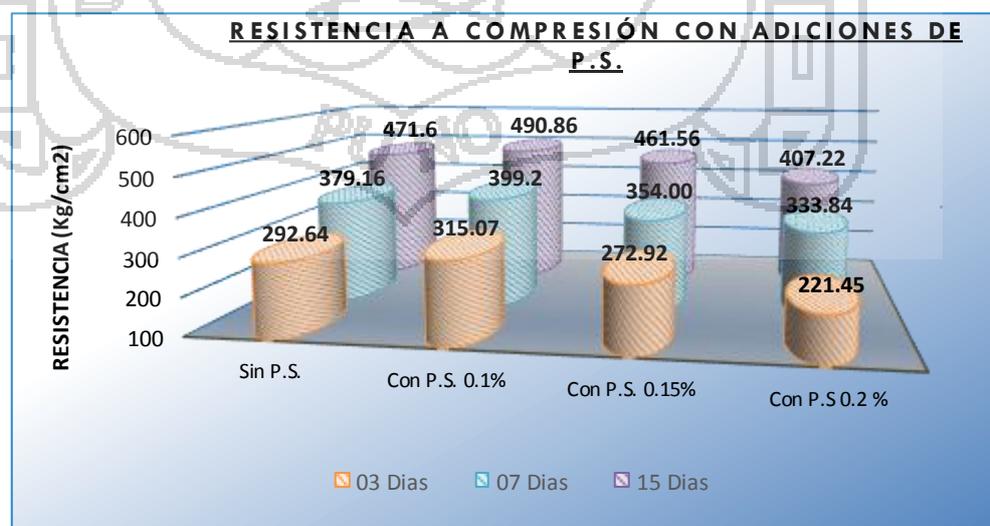
TABLA 4.8. RESUMEN RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A EDADES 03, 07 Y 15 DÍAS

TIPO DOSIFICACIÓN	TIPO CURADO	PROMEDIO - RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			% VARIACIÓN DE f'c		
		03 DIAS	07 DIAS	15 DIAS	03 DIAS	07 DIAS	15 DIAS
Sin PS	SUMERGIDO	292.64	379.16	471.60	-	-	-
Con PS 0.1%	SUMERGIDO	315.07	399.20	490.86	7.67 %	5.29 %	4.08 %
Con PS 0.15 %	SUMERGIDO	272.92	354.00	461.56	-6.74 %	-6.34 %	-2.13 %
Con Ps 0.2 %	SUMERGIDO	221.45	333.84	407.22	-24.33%	-11.95 %	-13.65 %

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

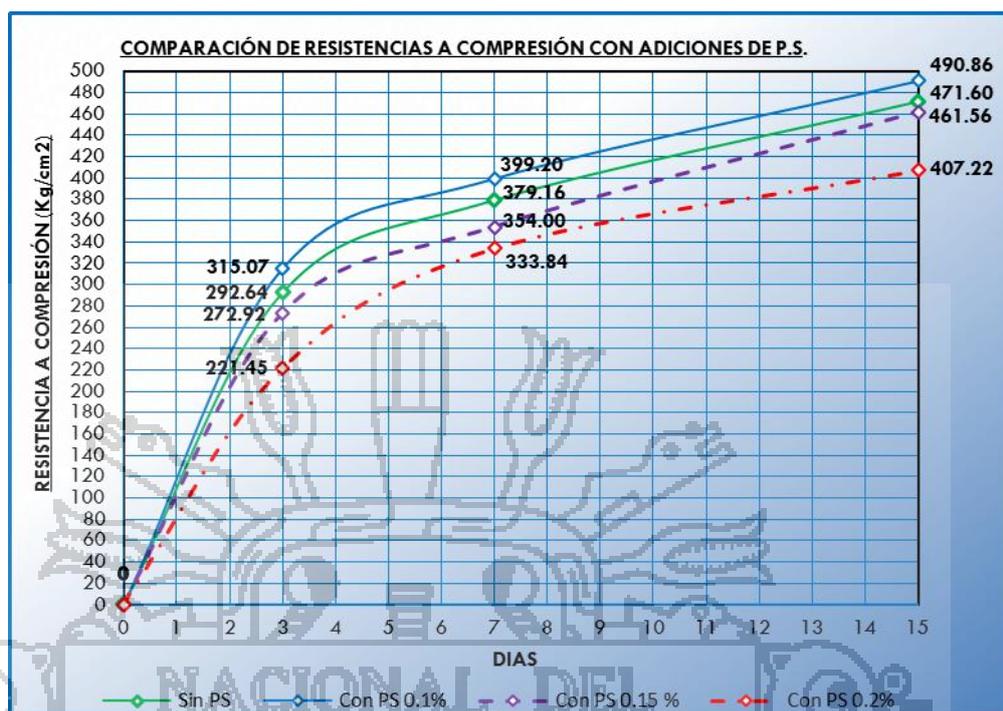
De los resultados obtenidos observamos que para todas las dosificaciones planteadas, las probetas con adición de polímeros al 0.2 % tienen una resistencia inferior ocasionando un efecto adverso a la dosificación de 0.1 % y 0.15%.

FIGURA 4.3. HISTOGRAMA DEL PROMEDIO DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 4.4: COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN DE FIGURA 4.3 Y 4.4.

A la edad de 03 días, la resistencia a compresión del concreto de diseño inicial sin polímeros superabsorbentes es de **292.64 kg/cm²**; en tanto para las adiciones de P.S. al 0.1%, 0.15% y 0.2% los resultados son de **315.07 kg/cm²**, **272.92 kg/cm²** y **221.45 kg/cm²** respectivamente.

A la edad de 07 días para el concreto de diseño inicial es de **379.16 kg/cm²** y para el concreto de diseño inicial con adiciones de P.S. al 0.1%, 0.15% y 0.2% los resultados son de **399.2 kg/cm²**, **354.0 kg/cm²** y **333.84 kg/cm²** respectivamente. Observándose que la resistencia a compresión se ha elevado para las adiciones de P.S. al 0.1% Sin embargo para las adiciones de P.S. al 0.15 % y 0.2 % se producen un resultados adversos, con respecto al concreto de diseño inicial sin P.S.

Para concluir, a la edad de 15 días, para el concreto de diseño inicial la resistencia a compresión es de **471.65 kg/cm²** y para el concreto de diseño inicial con adiciones de P.S. al 0.1%, 0.15% y 0.2 % los resultados de resistencia a compresión son de **490.86 kg/cm²**, **461.56 kg/cm²**, y **407.22 kg/cm²** respectivamente. De esta manera podemos afirmar que se obtiene un incremento en la resistencia a compresión con la adición de 0.1% de polímeros superabsorbentes a la mezcla de concreto de diseño inicial a comparación del mismo sin adición de P.S.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

5.1. ANALISIS ESTADÍSTICO

Para tener la certeza y confiabilidad que los datos obtenidos son válidos se los evaluó por la desviación estándar y coeficiente de variación que presentan, utilizando a la vez la tabla siguiente que nos da criterios para evaluarlos:

TABLA 5.1. DISPERSIÓN TOTAL Y DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS PARA VALIDACIÓN DE DATOS

DISPERSIÓN TOTAL					
CLASE DE OPERACIÓN	DESVIACIÓN STANDARD PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en obra	Menor a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Mayor a 49.2
Concreto en laboratorio	Menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	Mayor a 24.6
DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACIÓN	COEFICIENTE DE VARIACIÓN PARA DIFERENTES GRADOS DE CONTROL				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	SUFICIENTE	DEFICIENTE
Concreto en obra	Menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	Mayor a 6
Concreto en laboratorio	Menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Mayor a 5

FUENTE: TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO. ING. ENRIQUE PASQUEL CARBAJAL PAG. 161.

Para poder entender el concepto de distribución normal, debemos tener en cuenta algunos conceptos importantes los cuales se detalla a continuación:

A. VARIABLE ALEATORIA

Es una función que asigna un número real a cada resultado en el espacio muestral de un experimento aleatorio. Es decir es razonable modelar el rango de los valores posibles de la variable aleatoria con un intervalo de números reales. Por ejemplo en la presente tesis la variable vendría a ser la resistencia a la compresión que tiene un valor diferente para cada ensayo.

B. DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD Ó DISTRIBUCIÓN DE UNA VARIABLE ALEATORIA X

Es una descripción del conjunto de valores posibles de X (f_x) junto con la probabilidad asociada con cada uno de estos valores, siendo éste el resumen más útil de un experimento aleatorio. En la presente tesis la probabilidad sería que estos resultados lleguen a obtener la resistencia de diseño.

C. DISTRIBUCIÓN BINOMIAL.

En este caso la variable aleatoria es el conteo del número de ensayos que cumplen con un criterio específico, por lo que es razonable suponer que todos los ensayos que conforman el experimento aleatorio son “independientes”, esto quiere decir que el resultado obtenido en un ensayo no tiene ningún efecto sobre el resultado obtenido en un segundo ensayo, por lo tanto la probabilidad de éxito en cada ensayo es constante. Este tipo de distribución tiene solo dos resultados finales o es éxito o fracaso. En la presente tesis el éxito sería obtener la resistencia de diseño y el fracaso sería lo contrario.

D. DISTRIBUCIÓN NORMAL O DISTRIBUCIÓN DE GAUSS

La distribución más utilizada para modelar experimentos aleatorios es la distribución Normal, considerando el concepto básico de una variable aleatoria Binomial que nos permite proporcionar aproximaciones a las probabilidades binomiales, tal que puede mostrarse un experimento aleatorio que está formado por una serie de ensayos independientes, donde cada uno da como resultado un valor observado de la variable aleatoria en particular.

los ensayos tiende hacia una distribución con una función de densidad correspondiente a la siguiente función:

$$f_x = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-u)^2}{2\sigma^2}}$$

Dónde:

σ = Desviación estándar.- Es una medida de dispersión de la resistencia a la compresión $f'c$ alrededor de la media.

x = Variable.- variable aleatoria ($f'c$ de cada prueba).

u = Media.- Nos proporciona una idea del lugar donde están concentrados los valores que toma la variable x ($f'c$ de cada ensayo).

σ^2 = Varianza.- Expresa cualitativamente la dispersión alrededor de la media, mide la variabilidad alrededor de la media.

A continuación se presenta los parámetros: Coeficiente de variación y Desviación Standard, conjuntamente con la gráfica de distribución Normal con los datos de resistencia a compresión para la edad de 07 días:

➤ **Probetas: Concreto Sin Adición de Polímeros**

Se muestran los datos más importantes y necesarios para la validación de datos y cálculo de distribución normal:

TABLA 5.2. VALIDACIÓN DE DATOS: BRIQUETAS, CONCRETO SIN POLÍMEROS

DISEÑO	PROBETA	RESISTENCIA	PROMEDIO (U)	Desviación Estándar (S)	9.68
Sin P.S.	1	389.82	379.16	Varianza (S^2)	93.64
	2	366.21		Coeficiente de Variación (Vt)	2.55
	3	386.74			
	4	379.83			
	5	373.22			
Confiabilidad	Dispersión Total (S)			Excelente	
	Dispersión entre Testigos (Vt)			Bueno	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Hallamos los parámetros de las medidas de tendencia central:

❖ La media aritmética para una población: $u = \frac{\sum f_c}{n}$; donde:

n = Numero de pruebas realizadas.

$$u = \frac{389.82+366.21+386.74+379.83+373.22}{5} = 379.16$$

Hallamos las medidas de dispersión:

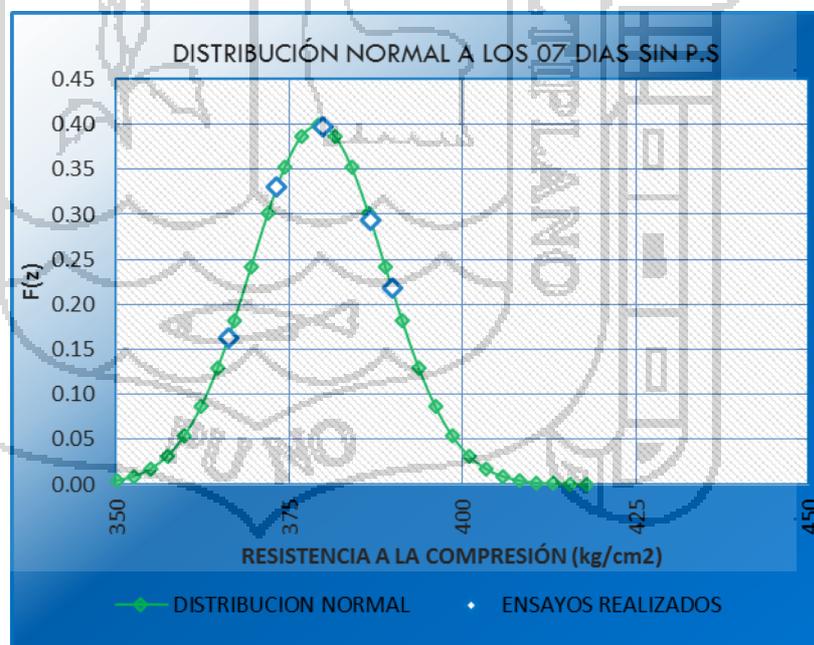
$$\begin{aligned} \text{❖ La varianza: } \sigma^2 &= \frac{\sum(x_i-u)^2}{n-1} = \frac{(389.82-379.16)^2+(366.21-379.16)^2}{4} + \\ &\quad \frac{(386.74-379.16)^2+(379.83-379.16)^2}{4} + \\ &\quad \frac{(373.22-379.16)^2}{4} \\ &= \frac{374.57}{4} \\ &= 93.64 \end{aligned}$$

$$\text{❖ La desviación estándar: } \sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{93.64} = 9.68$$

$$\text{❖ El coeficiente de variación: } Vt = \left(\frac{\sigma}{u}\right) * 100 = \left(\frac{9.68}{379.16}\right) * 100 = 2.55$$

❖ Con estos datos graficamos la distribución normal:

FIGURA 5.1. DISTRIBUCIÓN NORMAL: BRIQUETAS, CONCRETO SIN ADICIÓN DE POLÍMEROS SUPERABSORBENTES



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN DE LA TABLA 5.2 Y LA FIGURA 5.1.

Observando la tabla 5.1. Dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal de concreto sin adición de polímeros superabsorbentes presenta

como excelente, un coeficiente de variación de 2.55 considerado como muy bueno. Tal como muestra la figura 5.1 existe una dispersión mínima.

➤ **Probetas: Concreto Con Adición de Polímeros Superabsorbentes al 0.1 %**

Se muestran los datos más importantes y necesarios para la validación de datos y cálculo de distribución normal:

TABLA 5.3. VALIDACIÓN DE DATOS: PROBETAS CON 0.1% DE POLÍMEROS

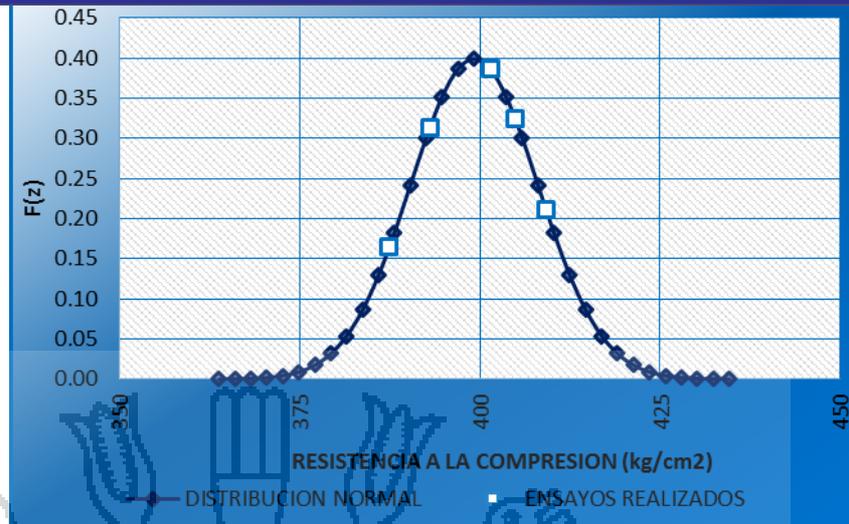
DISEÑO	PROBETA	RESISTENCIA	PROMEDIO (U)	Desviación Estándar (S)	8.84
Con P.S. 0.1%	1	409.16	399.20	Varianza (S ²)	78.20
	2	387.44			
	3	404.88		Coeficiente de Variación (Vt)	2.22
	4	393.06			
	5	401.48			
Confiabilidad	Dispersión Total (S)			Excelente	
	Dispersión entre Testigos (Vt)			Muy Bueno	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN DE LA TABLA 5.3 Y LA FIGURA 5.2.

Observando la tabla 5.1. Dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal de concreto sin adición de polímeros superabsorbentes presenta una desviación estándar de 8.84 menor a 14, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 2.22 considerado como muy bueno. Tal como muestra la figura 5.2 existe una dispersión mínima.

FIGURA 5.2. DISTRIBUCIÓN NORMAL 07 DIAS: PROBETAS, CONCRETO CON ADICIÓN AL 0.1% DE PS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

➤ **Probetas: Concreto Con Adición de Polímeros Superabsorbentes al 0.15 %**

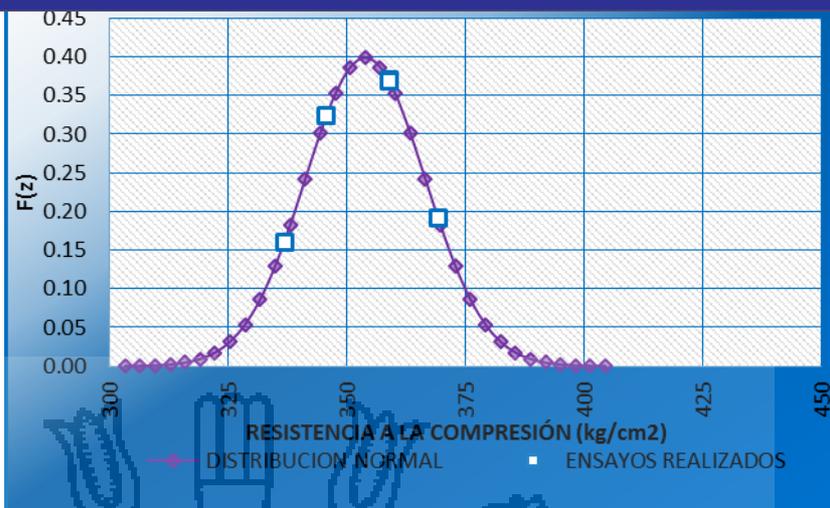
Se muestran los datos más importantes y necesarios para la validación de datos y cálculo de distribución normal:

TABLA 5.4. VALIDACIÓN DE DATOS: PROBETAS CON ADICIÓN DE 0.15% DE POLÍMEROS

DISEÑO	PROBETA	RESISTENCIA	PROMEDIO (U)	Desviación Estándar (S)	12.65
Con P.S. 0.15%	1	358.93	354.00	Varianza (S ²)	159.99
	2	345.87			
	3	336.94		Coeficiente de Variación (Vt)	3.57
	4	358.96			
	5	369.29			
Confiabilidad	Dispersión Total (S)			Excelente	
	Dispersión entre Testigos (Vt)			Bueno	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 5.3. DISTRIBUCIÓN NORMAL: BRIQUETAS, CONCRETO CON ADICIÓN AL 0.15% P.S.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN DE LA TABLA 5.4 Y LA FIGURA 5.3.

Observando la tabla 5.1. Dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal de concreto sin adición de polímeros superabsorbentes presenta una desviación estándar de 12.65 menor a 14, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 3.57 considerado como bueno.

Probetas: Concreto Con Adición de Polímeros Superabsorbentes al 0.2 %

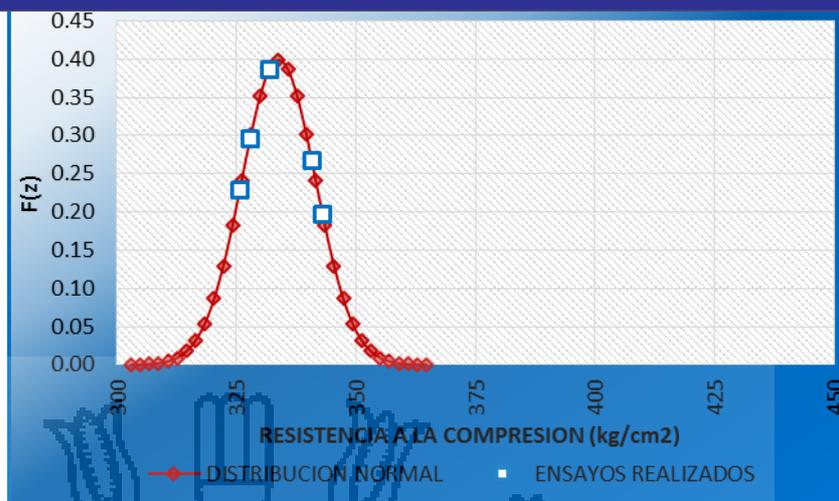
Se muestran los datos más importantes y necesarios para la validación de datos y cálculo de distribución normal:

TABLA 5.5. VALIDACIÓN DE DATOS: PROBETAS CON ADICIÓN DE 0.2% DE PS.

DISEÑO	PROBETA	RESISTENCIA	PROMEDIO (U)	Desviación Estándar (S)	7.72
Con PS 0.20%	1	325.67	333.84	Varianza (S ²)	59.64
	2	343.05			
	3	331.91			
	4	340.73			
	5	327.85			
Confiabilidad	Dispersión Total (S)			Excelente	
	Dispersión entre Testigos (Vt)			Muy bueno	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FIGURA 5.4. DISTRIBUCIÓN NORMAL: BRIQUETAS, CONCRETO CON ADICIÓN AL 0.2% DE PS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN DE LA TABLA 5.5 Y LA FIGURA 5.4.

Observando la tabla 5.1. Dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal de concreto sin adición de polímeros superabsorbentes presenta una desviación estándar de 7.72 menor a 14, considerado como excelente, un coeficiente de variación de 2.31 considerado como muy bueno. Tal como muestra la figura 5.4 existe una dispersión mínima.

5.2. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

Con la finalidad de obtener conclusiones sólidas respecto a nuestro tema de investigación es necesario realizar la Prueba de Hipótesis. Para este propósito es necesario utilizar la estadística inferencial, la cual utiliza datos como: desviación estándar, varianza, la media entre otros para obtener parámetros que nos permitirán validar o rechazar determinada hipótesis planteada.

5.2.1. PRUEBA DE HIPOTESIS

La hipótesis en la estadística es una proposición que hace el investigador en base a uno o varios parámetros que permiten que este sea aceptado o rechazado en base a un solo número (estimador puntual), todo el procedimiento de toma de decisiones sobre la hipótesis se llama "PRUEBA DE HIPOTESIS".

Las pruebas de hipótesis estadísticas son consideradas también como el análisis de datos de un experimento comparativo en base a los parámetros de las poblaciones. Para poder utilizar la prueba de hipótesis los datos

comprobado en el ítem anterior en todas las condiciones de curado y edades analizadas. Con la finalidad de evaluar las hipótesis planteadas, se realizó la prueba de hipótesis de igualdad de dos medias y varianzas conocidas.

A. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.

Para poder realizar la prueba de hipótesis se debe tener en cuenta 8 pasos:

- a. **Identificar el parámetro de interés.**- Es decir en base a que parámetros se va a evaluar la hipótesis pudiendo ser este parámetro la media “u” de la población.
- b. **Establecer la hipótesis nula (H₀).**- La hipótesis nula no tiene alternativas de cambio, está basada en un solo valor, generalmente se construye esta hipótesis como una igualdad. Por ejemplo H₀: $u_1 = u_2$.
- c. **Especificar una apropiada hipótesis alternativa (H₁).**- Existen dos clases de hipótesis alternativa:
 - ❖ Hipótesis bilaterales.- En casos donde sea importante comprobar diferencias con el valor u_1 que está con la misma probabilidad tanto al lado derecho como izquierdo de la distribución normal. Las hipótesis bilaterales se utilizan cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica, y la respuesta será “no es igual a”.
 - ❖ Hipótesis unilaterales.- Donde H₁: $u_1 < u_2$, que significará que la región crítica se encuentra, en la cola inferior de la distribución normal o plantear H₁: u_1 mayor a u_2 , que significará que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba. Las hipótesis unilaterales se utilizan cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, “superior a”, etc
- d. **Seleccionar el nivel de significancia.**- Los niveles de significancia más recomendados son:

$\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza.

$\alpha = 0.01$ con 99% de probabilidad de certeza

va a permitir rechazar o aceptar la hipótesis planteada, en función al valor que se obtenga y al nivel de significancia, es decir si este valor del estadístico de prueba está bien ubicado en la región crítica entonces la decisión que se tome será más real.

Para los casos en que tienen 2 poblaciones en estudio, entonces el estadístico de prueba será:

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)}}$$

Entonces la distribución de $X_1 - X_2$, también será una distribución normal con media $u_1 - u_2$ y varianza $\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}$.

Las puntuaciones Z_0 nos indican la dirección y grado en que un valor individual obtenido se aleja de la media (u) en una escala de unidades de desviación estándar.

f. Establecer la región de rechazo para el estadístico.- La región de rechazo se realiza en base a la puntuación Z_0 obtenido en la tabla (Ver anexo 4.1)

Para hipótesis con alternativas bilaterales:

$$H_0 = u_1 = u_2$$

$$H_1 = u_1 \text{ mayor a } u_2$$

Entonces se rechaza la hipótesis nula si:

$$Z_0 \text{ mayor que } Z.$$

O en otro caso:

$$H_0 = u_1 = u_2$$

$$H_1 = u_1 \text{ menor a } u_2$$

Entonces se rechaza la hipótesis nula si:

$$Z_0 \text{ menor que } Z.$$

Se tiene en todos los casos dos poblaciones de interés; la primera de muestras realizadas sin Polímeros Superabsorbentes (u_1) y la segunda de muestras con las mismas características que la primera pero con 0.1% de Polímeros Superabsorbentes (u_2), con medias y varianzas conocidas, para lo cual se quiere analizar si la adición de Polímeros Superabsorbentes, altera o no el comportamiento de la

los valores de la media de ambos serán iguales.

Para lo cual se considera primero las hipótesis alternativas unilaterales.

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa H_1 : μ_1 menor de μ_2 , se rechaza H_0 , si la muestra con Polímeros Superabsorbentes aumenta la resistencia.

Para la construcción de la prueba se va a hacer uso del estadístico de prueba Z_0 , Donde:

$$Z_0 = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)}}$$

μ_1 = Media de la distribución normal sin Polímeros Superabsorbentes.

μ_2 = Media de la distribución con 0.1 % de Polímeros Superabsorbentes.

σ_1 =Varianza de la distribución normal sin Polímeros Superabsorbentes.

σ_2 =Varianza de la distribución con 0.1% de Polímeros Superabsorbentes.

n_1 =Total de muestras de la distribución sin aditivo.

n_2 =Total de muestras de la distribución con 0.1% de Polímeros Superabsorbentes.

Nivel de significancia: El nivel de significancia representa el área de riesgo o confianza en la distribución normal. El nivel de significancia es un valor de certeza respecto a no equivocarse.

En este trabajo en particular se tomará un nivel de significancia de 0.5, que significa que se tiene el 95% de seguridad de no equivocarse y solo un 5% en contra. En términos de probabilidad es de 0.95 y 0.05 que sumados dan la unidad.

B. EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE HIPOTESIS:

Probaremos la Hipótesis específica: “La adición de Polímeros Superabsorbentes en un Concreto de Alta Resistencia Inicial mejora el comportamiento de la resistencia a compresión, en la ciudad de Puno”.

Debido a que se trata de un Concreto de Alta Resistencia Inicial

edad, primeramente determinamos los parámetros estadísticos, de acuerdo a los datos obtenidos para los cuatro tipos de probetas ensayadas en la siguiente tabla:

TABLA 5.6. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS: RESISTENCIA A COMPRESIÓN 07 DÍAS.

DESCRIPCIÓN	N° PROBETA	CONCRETO SIN PS	CONCRETO CON 0.1% PS	CONCRETO CON 0.15% PS	CONCRETO CON 0.2% PS
		F'c (1)	F'c (2)	F'c (3)	F'c (4)
RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DIAS (Kg/cm ²)	1	389.82	409.16	358.93	325.67
	2	366.21	387.44	345.87	343.05
	3	386.74	404.88	336.94	331.91
	4	379.83	393.06	358.96	340.73
	5	373.22	401.48	369.29	327.85
Número de Resultados (n)		5	5	5	5
Media (U)		379.16	399.20	354.00	333.84
Xi-U	1	10.7	9.96	4.93	-8.17
	2	-13.0	-11.8	-8.13	9.21
	3	7.6	5.7	-17.06	-1.93
	4	0.7	-6.1	4.96	6.89
	5	5.9	2.3	15.29	-5.99
(Xi-U) ²	1	113.48	99.19	24.3	66.75
	2	167.90	138.41	66.1	84.82
	3	57.47	32.2	291.04	3.72
	4	0.44	37.79	24.6	47.47
	5	35.28	5.19	233.78	35.88
Desviación Estándar (S)		9.68	8.84	12.65	7.72
Varianza (S ²)		93.64	78.20	159.99	59.64

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN DE LA TABLA 5.6:

La Figura 5.5. Distribución Normal: Briquetas, Concreto sin adición de polímeros superabsorbentes y con adición de 0.1% de polímeros superabsorbentes: muestra los datos de resistencia a compresión obtenidos para la validación de hipótesis del Concreto de Alta Resistencia Inicial planteado en la investigación con adición de 0.1% de polímeros superabsorbentes (PS-10) de acuerdo con la tabla 5.6 podemos apreciar el promedio de resistencia a la compresión a la edad de 07 días de es de 399.20 kg/cm² y se proyecta sobre el área enmarcada de la normal sin P.S. cuya resistencia promedio obtenida a la edad de 07 días en la tabla 5.6 es de 379.16 kg/cm². Por una inspección visual se podría afirmar que a aproximadamente con un 95% de significancia que la resistencia a compresión del Concreto de Alta Resistencia Inicial planteado con adición al 0.1% de polímero

planteado sin adición de polímeros superabsorbentes.

a. Hipótesis:

Evaluación de la Hipótesis con adición de 0.1% de Polímeros

Superabsorbentes:

- ❖ **Hipótesis Nula (H_0):** A la edad de 07 días la resistencia a la compresión del Concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de Polímeros Superabsorbentes es mayor a la del Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición de 0.1% de Polímeros Superabsorbentes.

$$H_0: \mu_1 > \mu_2$$

- ❖ **Hipótesis Alternativa (H_a):** A la edad de 07 días la resistencia a la compresión del concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de Polímeros Superabsorbentes es menor a la del concreto de Alta Resistencia Inicial con adición de 0.1% de Polímeros Superabsorbentes.

$$H_a: \mu_1 < \mu_2$$

- ❖ **Nivel de significancia:** $\alpha = 0.05$

TABLA 5.7. RESUMEN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PS 0.1%.

IDENTIFICACIÓN	SP	PS 10
NÚMERO DE MUESTRAS : $n_1 = n_2$	5	5
MEDIA : μ_1 y μ_2	379.16	399.20
VARIANZA : σ_1^2 y σ_2^2	93.64	78.20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN TABLA 5.7.

La tabla 5.7. Resumen de Parámetros Estadísticos: muestra los datos estadísticos obtenidos de la tabla 5.6 que intervienen en la validación de hipótesis del Concreto de Alta Resistencia Inicial planteado en la investigación con adición de 0.1% de polímeros superabsorbentes (PS-10) el cual será comparado con el Concreto de Alta Resistencia Inicial planteado en la investigación sin adición de polímeros superabsorbentes (SP) mediante la estadística de prueba elegida, para lo cual reemplazamos estos parámetros estadísticos.

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)}}$$

Remplazando datos tenemos:

$$Z_0 = \frac{379.16 - 399.20}{\sqrt{\left(\frac{93.64}{5} + \frac{78.20}{5}\right)}}$$

$$Z_0 = \frac{-20.04}{\sqrt{34.368}}$$

$$Z_0 = -\frac{20.04}{5.862}$$

$$Z_0 = -3.419$$

❖ **Regla de decisión:** Región de rechazo para el estadístico: de la Tabla 5.8 Estadística. Áreas bajo la curva normal, se tiene:

TABLA 5.8. TABLA ESTADÍSTICA.

COLUMNAS			
(1)	(2)	(3)	(4)
Puntuación Z_0	Distancia de Z	Área de la Parte mayor	Área de la parte menor
1.64	0.4495	0.9495	0.0505
1.65	0.4505	0.9505	0.0495

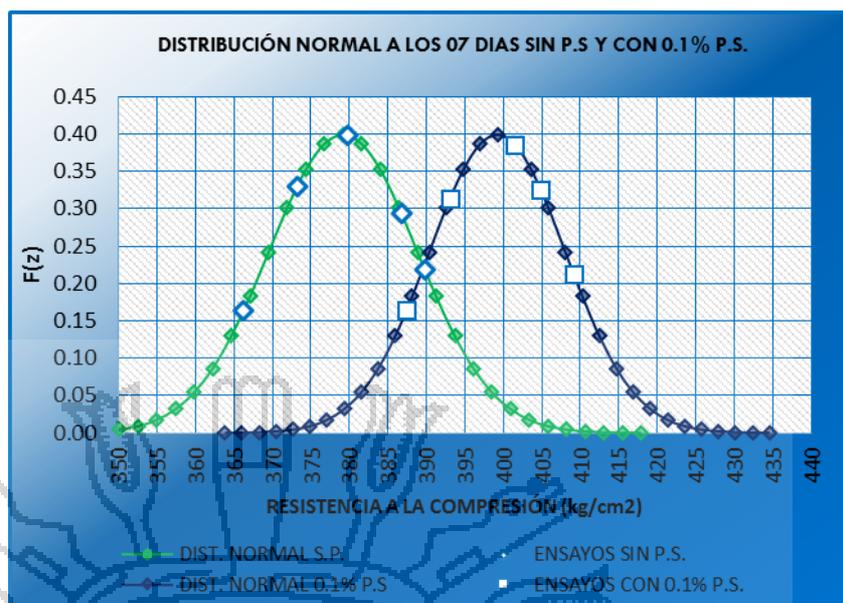
FUENTE: (ZAPATA COACALLA, 2007, pág. 159)

INTEPRETACIÓN TABLA 5.8

Interpolando se tiene que para que un área (Columna 3, Área de la parte mayor) para 0.95, el valor de Z_0 será 1.645. Para una significancia de 0.05, por consiguiente se debe rechazar H_0 : $u_1 > u_2$ si $Z_0 < -1.645$; Que toma el valor negativo porque el área de riesgo se encuentra en la cola inferior de la distribución normal.

❖ **Se rechaza : H_0**

Se rechaza la hipótesis H_0 puesto que $z_0 = -3.419 < -1.645$, con un nivel de significancia de 0.05 y se concluye que: A la edad de 07 días la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia inicial con adición de polímeros Superabsorbentes al 0.1% es mayor a la del concreto de alta resistencia inicial sin adición de polímeros Súper absorbentes.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTEPRETACIÓN FIGURA 5.5

En la figura se observa la comparación de la distribución de las normales de las probetas ensayadas a compresión, una sin adición de Polímeros Superabsorbentes y la otra con adición de 0.1% de Polímeros Superabsorbentes, la variación de la resistencia es de 20kg/cm² aproximadamente muestra que para un nivel de significancia de 0.05 el Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición 0.1% de Polímeros Superabsorbentes mejora su comportamiento de resistencia a la compresión, puesto que la media de este se encuentra en la zona de aceptación.

Evaluación de la Hipótesis con adición de 0.15% de Polímeros Superabsorbentes:

- ❖ **Hipótesis Nula (H₀):** A la edad de 07 días la resistencia a la compresión del Concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de Polímeros Superabsorbentes es mayor a la del Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición de 0.15% de Polímeros Superabsorbentes.

$$H_0: \mu_1 > \mu_2$$

- ❖ **Hipótesis Alternativa (H_a):** A la edad de 07 días la resistencia a la compresión del concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de Polímeros Superabsorbentes es menor a la del concreto de

Superabsorbentes.

$$H_a: \mu_1 < \mu_2$$

❖ **Nivel de significancia:** $\alpha = 0.05$

TABLA 5.9. RESUMEN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PS 0.15%.

IDENTIFICACIÓN	SP	PS 15
NÚMERO DE MUESTRAS : $n_1 = n_2$	5	5
MEDIA : μ_1 y μ_2	379.16	354.00
VARIANZA : σ_1^2 y σ_2^2	93.64	159.99

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN TABLA 5.9.

La tabla 5.9. Resumen de Parámetros Estadísticos: muestra los datos estadísticos obtenidos de la tabla 5.6 que intervienen en la validación de hipótesis del Concreto de Alta Resistencia Inicial planteado en la investigación con adición de 0.15% de polímeros superabsorbentes (PS-15) el cual será comparado con el Concreto de Alta Resistencia Inicial planteado en la investigación sin adición de polímeros superabsorbentes (SP) mediante la estadística de prueba elegida, para lo cual reemplazamos estos parámetros estadísticos.

❖ **Estadística de prueba:**

$$Z_0 = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)}}$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Z_0 = \frac{379.16 - 354.00}{\sqrt{\left(\frac{93.64}{5} + \frac{159.99}{5}\right)}}$$

$$Z_0 = \frac{25.16}{\sqrt{50.73}}$$

$$Z_0 = \frac{25.16}{7.12}$$

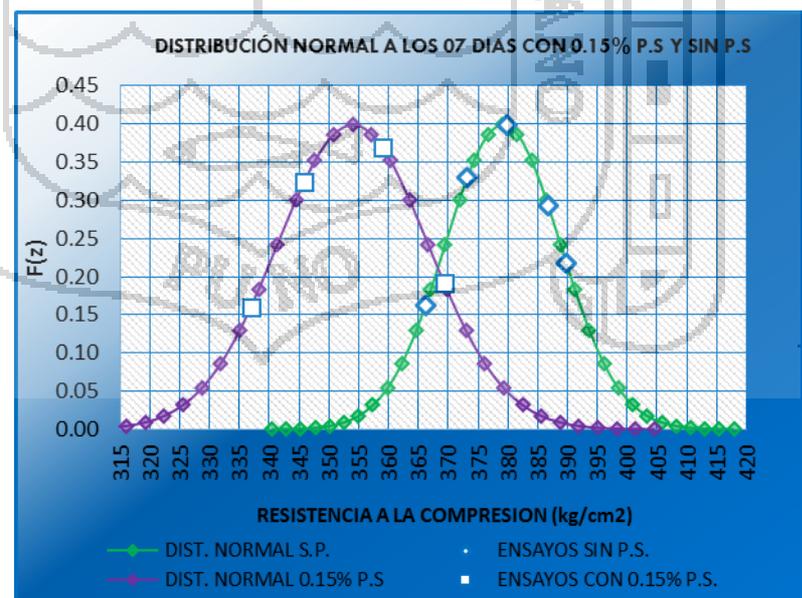
$$Z_0 = 3.53$$

Tabla 5.8 Estadística. Interpolando se tiene que para que un área (Columna 3, Área de la parte mayor) de 0.95, el valor de Z será 1.645. Para una significancia de 0.05, por consiguiente se debe rechazar H_0 : $u_1 > u_2$ si $Z_0 < -1.645$; en este caso que $Z_0 = 3.53$, entonces se debe aceptar H_0 .

❖ **Se acepta : H_0**

Se valida la hipótesis H_0 puesto que $Z_0 = 3.53 > -1.645$, con un nivel de significancia de 0.05 y se concluye que: A la edad de 07 días la resistencia a la compresión del Concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de Polímeros Superabsorbentes es mayor a la del Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición de 0.15% de Polímeros Superabsorbentes.

FIGURA 5.6. DISTRIBUCIÓN NORMAL: PROBETAS, CONCRETO CON ADICIÓN DE 0.15% DE P.S. Y SIN ADICIÓN DE P.S.



FUEN

TE: ELABORACIÓN PROPIA

INTEPRETACIÓN FIGURA 5.6

normales de las probetas ensayadas a compresión, una sin adición de Polímeros Superabsorbentes y la otra con adición de 0.15% de Polímeros Superabsorbentes, la variación de la resistencia de 25 kg/cm² aproximadamente muestra que el Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición 0.15% de Polímeros Superabsorbentes disminuye el comportamiento de la resistencia a la compresión, puesto que la media de este se encuentra en la zona de rechazo.

Evaluación de la Hipótesis con adición de 0.2% de Polímeros Superabsorbentes:

❖ **Hipótesis Nula (H₀):** A la edad de 07 días la resistencia a la compresión del Concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de Polímeros Superabsorbentes es mayor a la del Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición de 0.2% de Polímeros Superabsorbentes.

$$H_0: \mu_1 > \mu_2$$

❖ **Hipótesis Alternativa (H_a):** A la edad de 07 días la resistencia a la compresión del Concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de Polímeros Superabsorbentes es menor a la del Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición de 0.2% de Polímeros Superabsorbentes.

$$H_a: \mu_1 < \mu_2$$

❖ **Nivel de significancia:** $\alpha = 0.05$

TABLA 5.10. RESUMEN DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PS 0.2%.

IDENTIFICACIÓN	SP	PS 20
NÚMERO DE MUESTRAS : n ₁ = n ₂	5	5
MEDIA : μ_1 y μ_2	379.16	333.84
VARIANZA : σ_1^2 y σ_2^2	93.64	59.64

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTERPRETACIÓN TABLA 5.10.

La tabla 5.10. Resumen de Parámetros Estadísticos: muestra los datos estadísticos obtenidos de la tabla 5.6 que intervienen en la

planteado en la investigación con adición de 0.2% de polímeros superabsorbentes (PS-20) el cual será comparado con el Concreto de Alta Resistencia Inicial planteado en la investigación sin adición de polímeros superabsorbentes (SP) mediante la estadística de prueba elegida, para lo cual reemplazamos estos parámetros estadísticos.

❖ **Estadística de prueba:**

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}\right)}}$$

Remplazando datos tenemos:

$$Z_0 = \frac{379.16 - 333.84}{\sqrt{\left(\frac{93.64}{5} + \frac{59.64}{5}\right)}}$$

$$Z_0 = \frac{45.32}{\sqrt{30.66}}$$

$$Z_0 = \frac{45.32}{5.54}$$

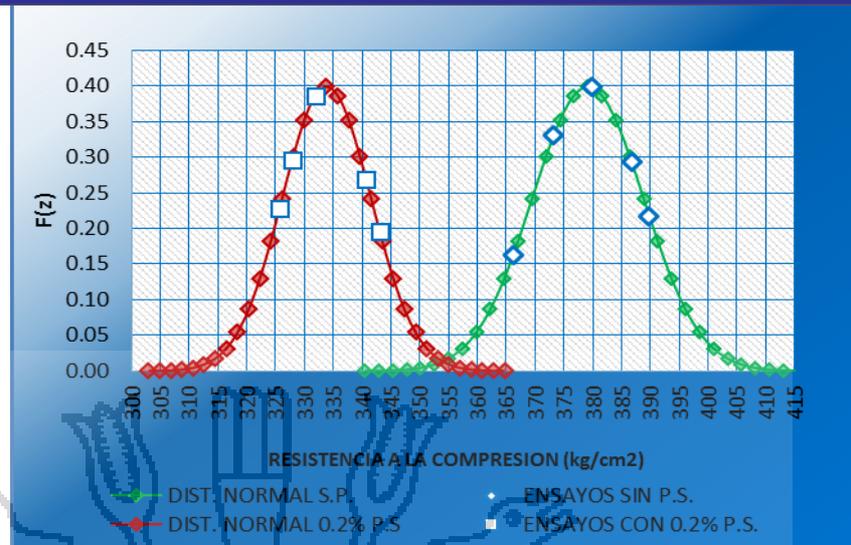
$$Z_0 = 8.18$$

❖ **Regla de decisión:** Región de rechazo para el estadístico: de la Tabla 5.8 Estadística. Interpolando se tiene que para que un área (Columna 3, Área de la parte mayor) de 0.95, el valor de Z será 1.645. Para una significancia de 0.05, por consiguiente se debe rechazar $H_0: u_1 > u_2$ si $Z_0 < -1.645$; en este caso que $Z_0 = 8.53$, entonces se debe aceptar H_0 .

❖ **Se acepta : H_0**

Se valida la hipótesis H_0 puesto que $z_0 = 8.18 > -1.645$, con un nivel de significancia de 0.05 y se concluye que: A la edad de 07 días la resistencia a la compresión del Concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de Polímeros Superabsorbentes es mayor que el Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición de 0.2%.de Polímeros Superabsorbentes.

FIGURA 5.7. DISTRIBUCIÓN NORMAL: PROBETAS, CONCRETO CON ADICION DE 0.2% DE P.S.Y SIN ADICIÓN P.S.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

INTEPRETACIÓN FIGURA 5.7

En la figura se observa la comparación de la distribución de las normales de las probetas ensayadas a compresión, una sin adición de P.S. y la otra con adición de 0.2% de P. S. la variación de la resistencia de 40 kg/cm2 aproximadamente muestra que el Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición 0.2% de Polímeros Superabsorbentes incluso se encuentra muy alejada de la zona de rechazo.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ❖ El asentamiento obtenido del Concreto de Alta Resistencia Inicial planteado en la investigación de la muestra para rotura de 07 días fue de 7.75 cm y los asentamientos obtenidos con adiciones de **polímeros superabsorbentes** al 0.1%, 0.15% y 0.2% respecto al peso del cemento fueron de 9.73cm, 12cm y 13.25cm respectivamente, lo cual se demuestra que estas adiciones incrementan el asentamiento por consiguiente la trabajabilidad, sin embargo adiciones mayores a 0.2%. de **polímeros superabsorbentes** muestran problemas de segregación del concreto.
- ❖ Los resultados de la resistencia a compresión a la edad de 07 días fue de 379.16 kg/cm² y para el Concreto de Alta Resistencia Inicial con adición del **polímeros superabsorbentes** del 0.1%, 0.15% y 0.2% respecto al peso del cemento, las resistencias a compresión obtenidas fueron de: 399.16 kg/cm², 354 kg/cm² y 333.84 kg/cm² lo cual se demuestra que se incrementa la resistencia a compresión solo para adiciones de **polímeros superabsorbentes** menores al 0.1% respecto del peso del cemento, adiciones mayores disminuyen la resistencia a compresión ocasionando un efecto adverso.
- ❖ De las dos conclusiones anteriores podemos afirmar que la adición de 0.1% de **polímeros superabsorbentes** al Concreto de Alta Resistencia Inicial planteado en la investigación incrementan tanto el asentamiento como la resistencia a compresión respecto al Concreto de Alta Resistencia Inicial sin adición de **polímeros superabsorbentes**, sin embargo adiciones de 0.15% y 0.2% son adversas para el concreto planteado.

6.2. RECOMENDACIONES

proporciones controladas del 0.1% por peso de cemento y con características similares a las que se emplean en la investigación en concretos de baja relación de agua/cemento de 0.4 a menos, en la ciudad de Puno, debido a los beneficios que brinda en el incremento de asentamiento y resistencia a compresión. Además de evitar los problemas de auto desecación del concreto lo cual significa a largo plazo una adecuada hidratación de los componentes del concreto y mayor durabilidad.

- ❖ Para ampliar la investigación se recomienda la utilización de moldes de 6"x 12" y así obtener mejores resultados de la influencia de adición de **polímeros superabsorbentes** ya que al ser utilizados sólo para concretos de relación agua/cemento bajísimas estos sufren desecación haciendo complicado realizar pruebas con curado a la intemperie en moldes de 4" x 8" debido a su escaso volumen.
- ❖ Se recomienda ampliar la investigación con el uso de **polímeros superabsorbentes** para adicionarlos en estado seco conjuntamente con el cemento, y así tener un mayor control de la cantidad de poros que se crearan en el interior del concreto por el uso de este, para lo cual deberá de hacerse reajustes en el diseño de mezclas para no alterar la relación agua-cemento efectiva.
- ❖ Se recomienda ampliar la investigación para observar el comportamiento de la adición de **polímeros superabsorbentes** para comprobar la efectividad de este para solucionar problemas de contracción por autodesecación del concreto.
- ❖ Se recomienda ampliar la investigación con relaciones de agua-cemento de 0.36 para observar con mayor claridad la variación en la resistencia a la compresión del concreto por la adición de **polímeros superabsorbentes** al concreto.

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES

BIBLIOGRÁFICAS



BIBLIOGRAFÍA

- Abanto Castillo, F. (1998). Tecnología del Concreto. Lima, Perú: San Marcos.
- Assmann, A. (2013). Propiedades Físicas de Concreto con Polimeros Superabsorbentes Modificados. Backnang: Instituto de Materiales de Construcción de la Universidad de Stuttgart.
- García Calderon, J. (2010). Determinación de la correlación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión del Concreto. Bucaramanga: Tesis. Universidad Pontificia Bolivariana.
- L.P. Esteves, H. Paiva, V.M. Ferreira, P. Cachim. (2010). Efecto de las condiciones de curado en las propiedades mecánicas de los morteros con partículas superabsorbentes. *Materiales de Construcción*, 60, 61-72.
- Mauricio López, L. F. (Agosto de 2005). Curado interno en hormigones de alto desempeño - un nuevo paradigma. *Revista Ingeniería de Construcción*, 20, 118-120.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). Tópicos de Tecnología de Concreto (Segunda ed.). Lima, Perú: Colegio de Ingenieros.
- Pasquel Carbajal, E. (12 de Setiembre de 2013). Nuevas tecnologías de concretos en el mundo-360° en concretos. V Foro ARGOS 360°. (ARGOS, Entrevistador)
- Pasquel Carbajal, E. (2014). Curado interno con Polímeros Super Absorbentes. Concreto con curado interno (págs. 49-56). Arequipa: XXII CONEIC.
- Purdue University. (25 de enero de 2013). Phys.org. Obtenido de <http://phys.org/news/2013-01-indiana-concrete-bridge-life-span.html>
- Rivva Lopez, E. (1992). Diseño de Mezclas. Lima, Perú: HOZLO S.C.R.L.
- Rivva Lopez, E. (2004). Naturaleza y Materiales del Concreto. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Sánchez de Guzman , D. (1987). Tecnología del Concreto y del Mortero. Bogota, Colombia : Pontificia Universidad Javeriana.
- Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese & Jussara Tanesi. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. (P. C. Association, Ed.) Illinois, EE. UU.: PCA.
- Zapata Coacalla, T. (2007). Tesis: Efecto del Cemento Puzolánico IP y Acelerante de Fragua, en un concreto expuesto a clima híbrido en su resistencia final de diseño. Puno: UNA-Puno.

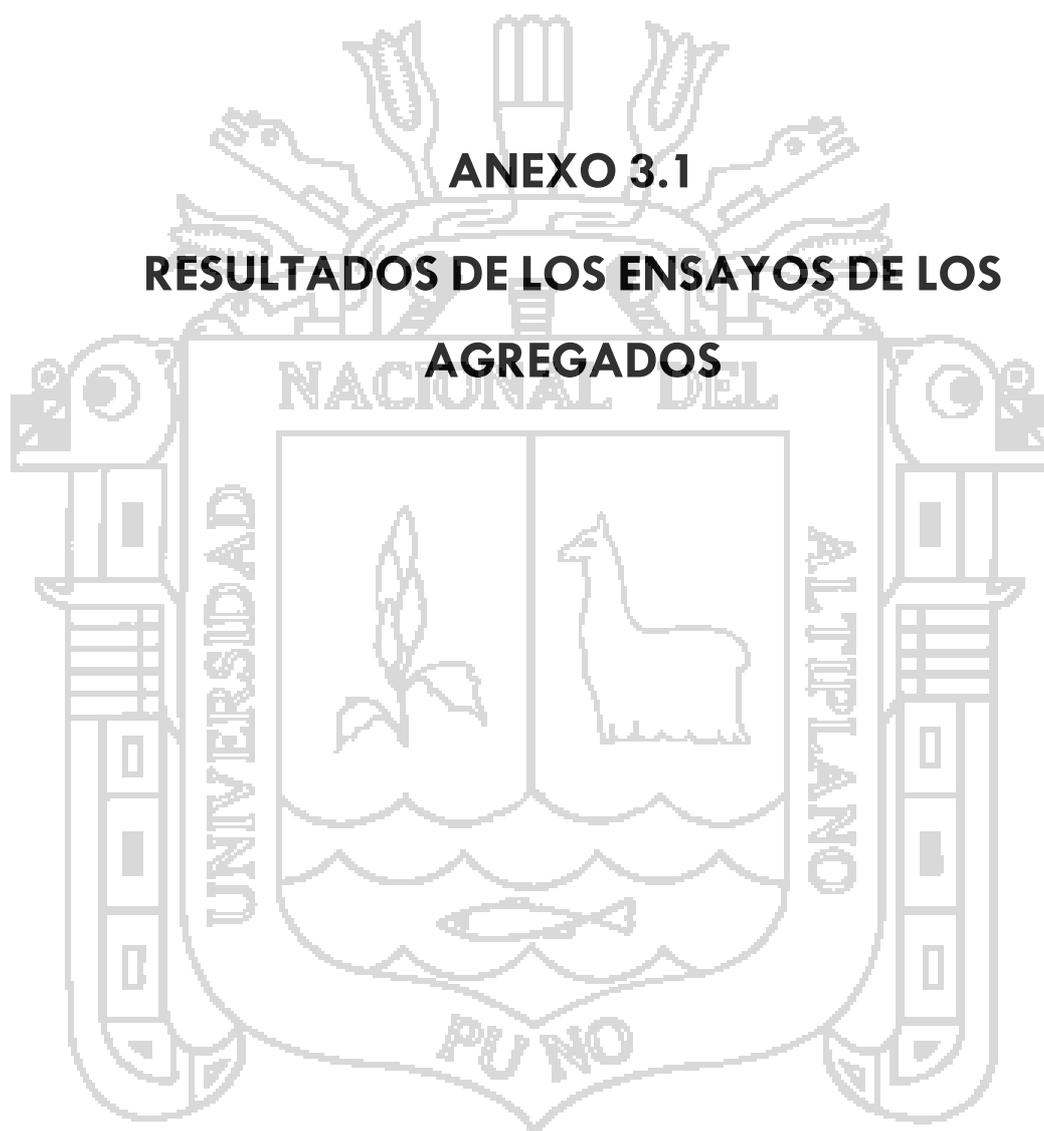
ANEXOS

DATOS

ADICIONALES



ANEXO 3.1
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LOS
AGREGADOS





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



CERTIFICADO

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

CERTIFICA:

Que el Sr. **RONY RICHARD PARIZACA QUISPE, CON DNI 43609962** Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, ha realizado ensayos de laboratorio para investigación del IV CURSO DE METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION DE LA EPIC UNA PUNO, con el tema de tesis "COMPORTAMIENTO DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A COMPRESION DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL POR ADICION DE POLIMEROS SUPERABSORVENTES EN LA CIUDAD DE PUNO" del cual doy fe.

Dichos ensayos son los siguientes:

- 01 ensayo de contenido de humedad para agregados (grueso – fino).
- 01 determinación peso unitario de los agregados (grueso – fino).
- 01 ensayo de granulometría para agregados (grueso – fino).
- 01 ensayo de peso específico y absorción para agregados grueso.
- 01 ensayo de gravedad específica y absorción para agregados fino.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que vea por conveniente.

Puno C.U. EPIC, 12 de Enero del 2015



Ing. Emilio Augusto Molina Chavez
JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES
REG. DIP. N° 11204



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES Y MATERIALES



CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO : TESIS
SOLICITADO POR : BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
CANTERA : RIO CUTIMBO Y CABANILLAS
FECHA : DICIEMBRE 2014

AGREGADO GRUESO

Nro De Tara	B-2	A-7	A-9
Peso de Tara	27,79	30,08	31,73
Peso de Tara + M. Humeda	264,43	318,25	255,71
Peso de Tara + M. Seca	263,1	316,6	254,55
Peso de Agua	1,33	1,65	1,16
Peso Muestra Seca	235,31	286,52	222,82
Contenido de humedad W%	0,57	0,58	0,52
Promedio cont. Humedad W%	0,55		

AGREGADO FINO

Nro De Tara	A-13	A-14	A-15
Peso de Tara	30,84	31,06	32,27
Peso de Tara + M. Humeda	273,32	270,66	297,62
Peso de Tara + M. Seca	268,02	265,76	292,17
Peso de Agua	5,3	4,9	5,45
Peso Muestra Seca	237,18	234,7	259,9
Contenido de humedad W%	2,23	2,09	2,10
Promedio cont. Humedad W%	2,14		

BACH. WILLIAN PAULINA TORRE PACHECO
 LA TORRE TORRE DEL LABORATORIO
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 F.I.C.A. - U.N.A.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES Y MATERIALES



PESO ESPECIFICO

PROYECTO : TESIS MUESTRA : AGREGADOS
 SOLICITADO POR : BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE CANTERA : RIO CUTIMBO Y CABANILLAS
 FECHA : DICIEMBRE 2014 LUGAR : PUNO

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO		
I.- DATOS		
1	PESO DEL PICNOMETRO.	388,63
2	PESO DEL ENRASADOR	164,67
3	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SSS	499,06
4	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (Enrasada).	1353,51
5	PESO DEL PICNOMETRO + ARENA SSS + AGUA (Enrasada).	1627,41
6	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO.	489,66
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE MASA: P.E.M. 6/(4+3-5)	2,17
	Promedio	2,17
2	P.E. DE MASA SATURADA SSS P.E.M.S.S.S.(3/(4+3-5))	2,22
	Promedio	2,22
3	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : 6/(4+6-5)	2,27
	Promedio	2,27
4	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS((3-6)/6)	1,92
	Promedio	1,92

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO		
I.- DATOS		
1	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	5878,15
2	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	5987,45
3	PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA	3683,04
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO DE MASA: P.E.M. 1/(2-3)	2,55
2	P.E. DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA P.E.M.S.S.S.(2/(2-3))	2,60
3	PESO ESPECIFICO APARENTE P.E.A. : 1/(1-3)	2,68
4	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS((2-1)/1)*100	1,86

BACH. WILLIAM PAUL LA TORRE PACHECO
 Técnico de Laboratorio
 LA TORRE PACHECO, WILLIAM PAUL
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 F.I.C.A. - PUNO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES Y MATERIALES



PESO ESPECIFICO UNITARIO

PROYECTO : TESIS MUESTRA : AGREGADOS
 SOLICITADO POR : BACH. RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE CANTERA : RIO CUTIMBO Y CABANILLAS
 FECHA : DICIEMBRE 2014 UBICACIÓN : CUTIMBO

**AGREGADO FINO
 PESO UNITARIO SUELTO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	10015,000	10015,000	10015,000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	18215,000	18215,000	18205,000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8200,000	8200,000	8190,000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ .	5560,013	5560,013	5560,013
PESO UNITARIO KG/M ³ .	1,506	1,506	1,505
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ .	1506		
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .	1474		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	10015,000	10015,000	10015,000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	18720,000	18715,000	18820,000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8705,000	8700,000	8805,000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ .	5560,013	5560,013	5560,013
PESO UNITARIO KG/M ³ .	1,566	1,565	1,584
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ .	1571		
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .	1538		

**AGREGADO GRUESO
 PESO UNITARIO SUELTO**

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	10015,000	10015,000	10015,000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	17385,000	17305,000	17255,000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7370,000	7290,000	7240,000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ .	5560,013	5560,013	5560,013
PESO UNITARIO KG/M ³ .	1,326	1,311	1,302
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ .	1313		
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .	1306		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	10015,000	10015,000	10015,000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	18315,000	18285,000	18310,000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8300,000	8270,000	8295,000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ .	5560,013	5560,013	5560,013
PESO UNITARIO KG/M ³ .	1,493	1,487	1,492
PESO UNITARIO HUMEDO KG/M ³ .	1491		
PESO UNITARIO SECO KG/M ³ .	1482		

William Paul La Torre Pacheco
 BACH. WILLIAM PAUL LA TORRE PACHECO
 Técnico de Laboratorio
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 F.I.C.A. - U.N.A.





Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N°0171

10-2015

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de : AGREGADO FINO
PROCEDENCIA : COMUNIDAD DE CUTIMBO, DISTRITO DE LARAQUERI, PICHACANI, PROVINCIA PUNO. PUNO
PROYECTO : Ejecución de Tesis "Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno"
INTERESADO : Bachiller: RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
MOTIVO : Control de calidad para concreto
MUESTREO : 18/12/2014, por el interesado
ANÁLISIS : 18/12/2014

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Característico al agregado fino

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH : 7,12
 Cloruros como Cl⁻ : 12,40 mg/l
 Sulfatos como SO₄²⁻ : 6,18 mg/l
 Carbonatos : NEGATIVO
 Conductividad : 116,80 micro S/cm

INTERPRETACIÓN

1.- Los resultados están expresados sobre base seca.

Puno, C.U. 15 de Enero del 2015.

VºBº



Dr. Edwin G. Boza Condorerna
 DECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO



ING. GERMAN QUILLE CAJAYAY
 Laboratorio Químico
 Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N° 0174

IQ-2015

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de : PIEDRA CHANCADA
PROCEDENCIA : DISTRITO DE CABANILLAS. PROVINCIA SAN ROMAN - JULIACA PUNO
PROYECTO : Ejecución de Tesis "Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno"
INTERESADO : Bachiller: RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE
MOTIVO : Control de calidad para concreto
MUESTREO : 18/12/2014, por el interesado
ANÁLISIS : 18/12/2014

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Sólido
COLOR : Característico a la piedra chancada

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH : 7,10
 Cloruros como Cl⁻ : 10,11 mg/l
 Sulfatos como SO₄²⁻ : 4,50 mg/l
 Carbonatos : NEGATIVO
 Conductividad : 66,60 us/cm.

INTERPRETACIÓN

1.-Los resultados están expresados sobre base seca
 Puno, C.U. 15 de Enero del 2015.
 vºBº

Director del Laboratorio de Control de Calidad
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 UNA - PUNO

Universidad Nacional del Altiplano
 Facultad de Ingeniería Química
 Laboratorio de Control de Calidad
 JEFATURA
 GERMAN QUILLE CALIZAYA
 PUNO - PUNO LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO



Universidad Nacional del Altiplano - Puno
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N° 0175

IQ-2015

Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUA
PROCEDENCIA : Av. Simón Bolívar , Distrito Puno, Provincia Puno-Puno
PROYECTO : Ejecución de Tesis : Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de u concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno
INTERESADO : Bachiller: RONNY RICHA PARIZACA QUISPE
MOTIVO : Control de Calidad
MUESTREO : 06/01/2015 por el interesado
ANÁLISIS : 06/01/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

pH : 7.40

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Alcalinidad como CaCO_3 : 128,84 mg/
 Cloruros como Cl⁻ : 298,73 mg/l
 Sulfatos como SO_4 : 68,80 mg/l
 Sólidos totales : 815,00 mg/l
 Sólidos totales disueltos : 810,00 mg/l
 Conductividad : 1625.00 micro S/cm

INTERPRETACIÓN

- 1.-Las características fisicoquímicas son normales.
- 2.-Las características Química se encuentran dentro de los límites técnicos establecidos.

DICTAMEN

Según la Norma Peruana (NTP 339,088); el agua analizada SE encuentra dentro de los límites establecidos, Puno, C.U 15 de Enero de 2015.

vºbº



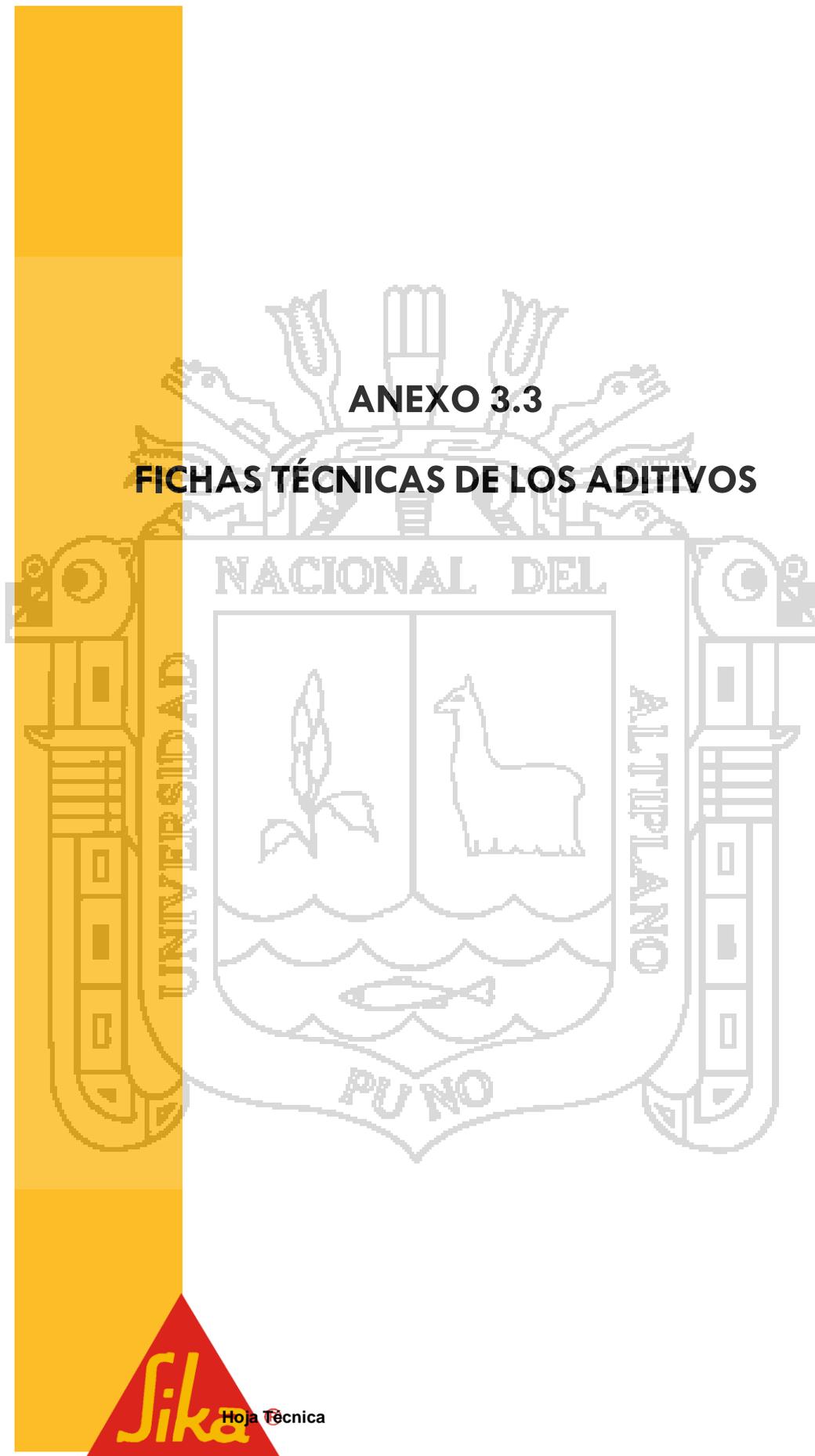
Dr. Gerardo Gonzales Sandoval
 DECANO F.I.Q.
 UNA - PUNO



ING° GERMAN QUILLE CALIZAYA
 Jefe Laboratorio Control de Calidad
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
 UNA - PUNO

ANEXO 3.3

FICHAS TÉCNICAS DE LOS ADITIVOS



Hoja Técnica

®

Sikament 306

Superplastificante reductor de agua de alto poder que mantiene la trabajabilidad en climas fríos y calurosos.

Descripción

Es un aditivo líquido compuesto por resinas sintéticas.

General

Superplastificante, reductor de agua de alto poder, economizador de cemento. En climas templados y fríos mantiene la manejabilidad del concreto. No contiene cloruros.

Campos de aplicación Sikament 306 tiene 3 usos básicos:

Como superplastificante

Adicionado a una mezcla con consistencia normal se consigue fluidificar el concreto o mortero, facilitando su colocación, haciéndolo apto para el bombeo. Especialmente indicado para fundiciones de concreto por el sistema tremie.

Como reductor de agua de alto poder

Adicionado en el agua de amasado, permite reducir hasta el 30% del agua de la mezcla consiguiéndose la misma manejabilidad con incremento notable en las resistencias mecánicas a todas las edades. La impermeabilidad y durabilidad del concreto se ven incrementadas.

Como economizador de cemento

Se puede aprovechar el incremento de resistencias logrado al reducir agua con el aditivo, para disminuir el contenido de cemento y hacer más económico el diseño.

Ventajas

- Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando la segregación y formación de cangrejeras. Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.
- Permite doblar los tiempos de manejabilidad de la mezcla en climas medios y fríos.
- Aumenta notablemente la resistencia inicial del concreto.
- Permite reducir hasta el 30% del agua de la mezcla.
- Incrementa la resistencia final del concreto en más de un 40%
- Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Densifica el concreto.

Datos Básicos

Aspecto Líquido
Color Pardo oscuro

Presentación

- Dispenser de 1250 kg.
- Cilindro de 230 kg.
- Balde 20 kg.

Almacenamiento

Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.

Datos Técnicos

Densidad	1.16 0.02 kg/l
Base química	Condensado de sales de naftalelo sulfonato modificado.
pH al 10%	7 1.0
Norma	Cumple con los requerimientos para superplastificantes según la norma ASTM C-494, tipo G.

Aplicación**Consumo**

- Como superplastificante del 0.5% al 1% del pesos del cemento
- Como reductor del 1% al 2% del peso del cemento.

Método de aplicación**Como superplastificante:**

Adicionarlo a la mezcla de concreto o mortero ya preparado y remezclar por lo menos durante 5 minutos hasta obtener una mezcla fluida.

Como reductor de agua o de cemento

Adicionar disuelto en la última porción del agua de amasado durante la preparación de la mezcla

Importante

- En la elaboración de concretos o morteros fluidos se exige una buena distribución granulométrica. Se debe garantizar un suficiente contenido de finos para evitar la segregación del material fluido.
- En caso de deficiencia de finos, dosificar Sika Aer para incorporar el aire en forma controlada a la mezcla.
- El uso de concreto fluido demanda un especial cuidado en el sellado de los encofrados para evitar la pérdida de la pasta de cemento.
- La dosis óptima se debe determinar mediante ensayos con los materiales y en las condiciones de obra.
- Dosificación superiores a las recomendadas pueden ocasionar retardos en el fraguado del concreto.
- Cuando se presenten dificultades en el proceso de bombeo y altas presiones, debido a las características de la mezcla (granulometría discontinua, carencia de finos, mezcla áspera) o cuando las condiciones del bombeo lo dificulten (longitud, altura, cambio de dirección), es aconsejable usar un aditivo que ayude al bombeo. Dosifique Sika Pump entre el 0.3% y el 1.0% del peso del cemento.

Instrucciones de Seguridad**manipulación**

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad.

Observaciones La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado.

Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

Nota Legal

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

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas

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

“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°5 la misma que deberá ser destruida”

Construcción

UNIVERSIDAD

NACIONAL DEL



ALTIPLANO

PUNO

Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las
Praderas de Lurin " S/N, MZ "B" Lote
5 y 6 Lurin, Lima – Perú

Tel: (51-1) 618-6060 /
Fax: (51-1) 618-6070

E-mail: construccion@pe.sika.com /
Web: www.sika.com.pe



Sika®

**TAISAP SUPERABSORBENT POLYMERS**

Formosa Plastics Corporation

Tairylan Division

RM 175,4TH FLR,201,Tung Hua North Road, Taipei, Taiwan

Tel:886 (0)2 27178135 Fax: 886 (0)2 27134818

BC 283FA TECHNICAL DATA

Item	TAISAP BC 283FA		
Chemical Basis	Salt of cross-linked polyacrylic acid		
Physical Form	White granules		
	Min.	Max.	Test method
Apparent Bulk Density (g/l)	560	700	12C00.sap.017
Centrifuged Capacity (0.9%NaCl) (g/g)	32		12C00.sap.013
pH0.1% in 0.9%NaCl	5.6	6.5	12C00.sap.008
AAP (g/g) (0.3psi in 0.9%NaCl)	25		12C00.sap.014
AAP (g/g) (0.7psi in 0.9%NaCl)	12		12C00.sap.015
PSD >850µm/ 20mesh		1	12C00.sap.010
>500µm/ 35mesh		30	
>300µm/ 50mesh	50	80	
< 90µm/170mesh		1	
Water Content(IR)		7	12C00.sap.011
Anti caking	good	3	12C00.sap.028

Hoja Técnica
Edición 4, 27/03/07, LC
Sika® Fume

Sika® Fume

Aditivo para Concreto y Mortero Bajo el Agua

Descripción General

Es un aditivo en polvo compuesto por microsílíce (Sílica Fume) de alta calidad y que acondicionado a la mezcla de concreto o mortero, disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. Sika Fume no contiene cloruros y puede utilizarse en concretos y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto.

Campos de aplicación

- En el concreto bajo agua en puertos, puentes, presas, reparaciones, rellenos, entre otros.
- En concretos de alta impermeabilidad y durabilidad.
- En concretos de alta resistencia (mayor a 500 kg/cm²).
- En concretos bombeados y proyectados.
- En morteros y lechadas de inyección.

Ventajas

- Disminuye la pérdida de cemento y elementos finos.
- Aumenta la resistencia mecánica.
- Aumenta la impermeabilidad.
- Aumenta la resistencia química.
- Aumenta la adherencia al acero.
- Permite utilizar mezclas altamente fluidas con alta cohesión.
- Aumenta la cohesión y disminuye la exudación de la mezcla fresca.
- Aumenta la durabilidad frente a agentes agresivos.
- Aumenta la resistencia a abrasión.

Datos Básicos

Aspecto	Polvo
Color	Gris
Presentación	Bolsa de 20 kg
Almacenamiento	Se puede almacenar durante un año en su envase original cerrado en un lugar fresco y bajo techo.

Datos Técnicos

Gravedad Específica 2,2

Blaine (superficie específica) 18,000 – 22,000 m²/kg.

SiO ₂	93.0 % min.
FE ₂ O ₃	0.80 % máx.
Al ₂ O ₃	0.40 % máx.
CaO	0.60 % máx.
MgO	0.60 % máx.
Na ₂ O	0.20 % máx.
K ₂ O	1.2 % max.
C (Free)	2.0 % max.
SO ₃	0.40 % max.
L.O.I.	3.5 % máx.



Construcción

Finura (diámetro promedio)	0.1 – 0.2 m
Porcentaje pasando 45m	95 – 100 %
Partícula	Esférica
Forma	Amorfa
Norma	Cumple con la norma CSA – A 3001 – 03

Aplicación
Consumo Puede utilizarse en dosis de aproximadamente 10 % del peso del cemento. Se recomienda realizar ensayos previos para definir el consumo exacto.

Método de aplicación Se puede mezclar con productos Sikament o ViscoCrete. La dosificación de concreto se realiza de acuerdo a la práctica normal para concreto bajo agua o para la aplicación específica que se requiera. La utilización conjunta de ambos productos asegura las características de cohesión, adherencia y resistencia en el concreto bajo agua. Sika Fume se adiciona a la mezcladora junto con el cemento o la arena. El aditivo Sikament se agrega diluido en el agua de amasado

Instrucciones de Seguridad

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

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

Nota Legal La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°3 la misma que deberá ser destruida”

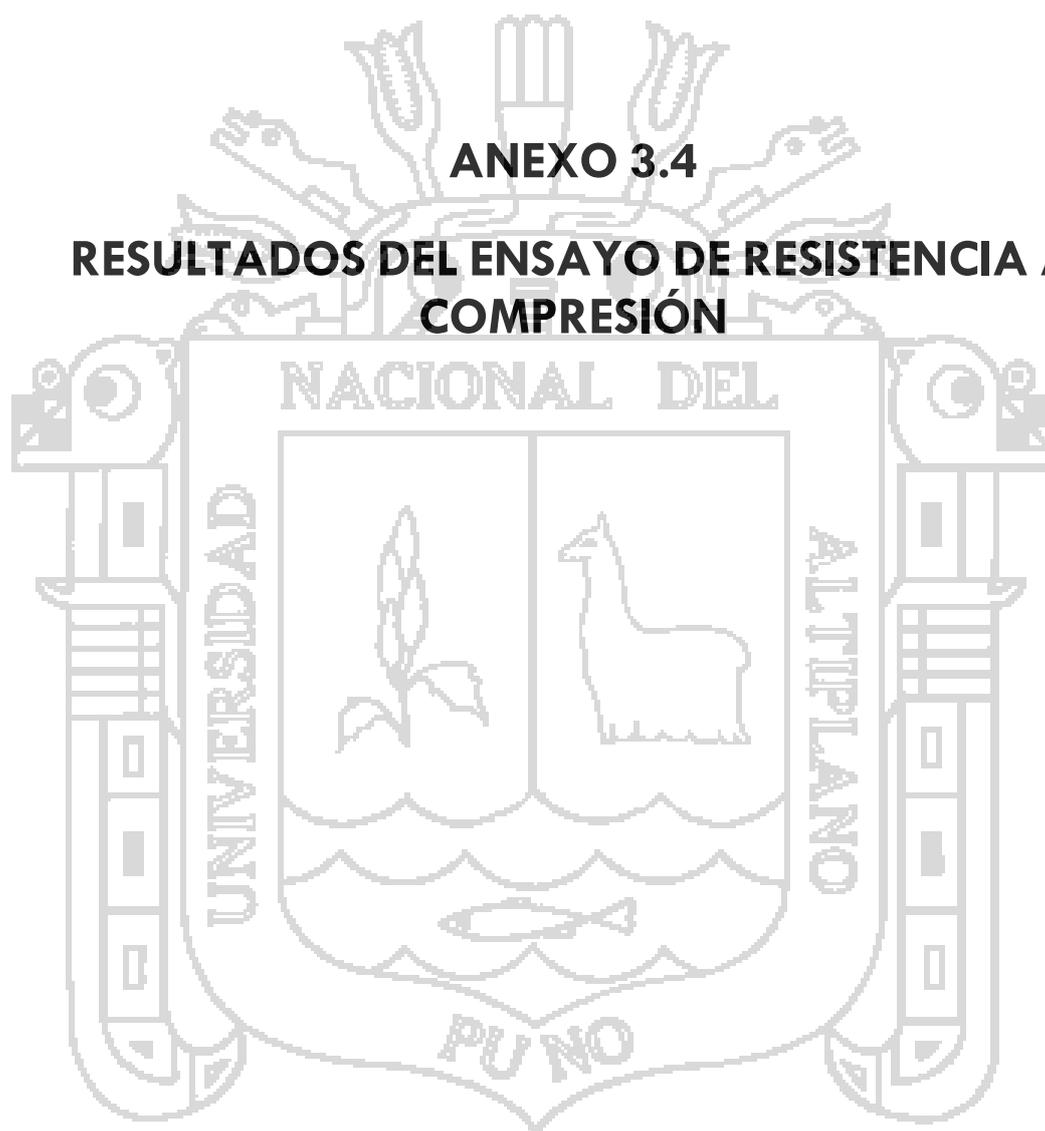
Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Praderas de Lurin " S/N, MZ "B" Lote 5 y 6 Lurin, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070

E-mail: construccion@pe.sika.com / Web: www.sika.com.pe



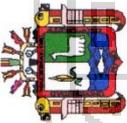
ANEXO 3.4

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A
COMPRESIÓN**





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 Ciudad Universitaria Telf.: 051 366193



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0446-A-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 19/01/2015.
 SOLICITADO POR : Ronny Richard Parizaca Quispe.
 PROYECTO : Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con adición de polímeros superabsorbentes.
 TECNICO : Freddy Alonso Valeriano Nina
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	PS-10-1	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,20	81,71	350	28670	314,15	89,76
2	PS-10-3	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,21	81,93	350	24930	304,30	86,94
3	PS-10-4	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,20	81,98	350	25080	307,05	87,73
4	PS-10-5	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,24	82,34	350	26470	321,48	91,85
5	PS-10-7	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,18	81,37	350	28720	328,37	93,82
6	PS-15-1	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,21	81,81	350	22310	272,71	77,92
7	PS-15-2	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,19	81,54	350	21740	266,63	76,18
8	PS-15-5	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,22	81,98	350	21220	258,84	73,96
9	PS-15-6	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,21	81,84	350	23270	284,33	81,24
10	PS-15-7	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10,27	82,82	350	23360	282,07	80,59

Observaciones:
 • La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
 • Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA Puno.

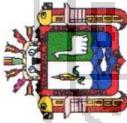
Dr. Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM-UNA-PUNO



CC. Archivo 2015
 JMP/favn



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 Ciudad Universitaria Telf.: 051 366193



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0446-B-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 19/01/2015.
 SOLICITADO POR : Ronny Richard Parizaca Quispe.
 PROYECTO : Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con adición de polímeros superabsorbentes.
 TECNICO : Freddy Alonso Valeriano Nina
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
11	PS-20-2	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.20	81.74	350	17950	219.60	62.74
12	PS-20-4	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.19	81.50	350	18700	229.43	65.55
13	PS-20-5	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.20	81.76	350	17930	211.96	60.56
14	PS-20-6	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.24	82.37	350	17790	215.98	61.71
15	PS-20-7	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.18	81.47	350	18760	230.28	65.79
16	SP-1	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.19	81.54	350	23670	290.30	82.94
17	SP-3	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.19	81.61	350	22730	278.52	79.58
18	SP-4	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.23	82.12	350	23000	280.08	80.02
19	SP-6	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.25	82.57	350	25220	305.44	87.27
20	SP-7	Elemento Estructural (Tésis)	27/12/2014	30/12/2014	3	10.23	82.14	350	25370	308.86	88.25

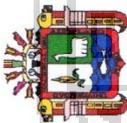
Observaciones:
 • La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
 • Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA Puno.

DR. JUAN MAYHUA PALOMINO
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO

CC. Archivo 2015
 JMP/fav



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 Ciudad Universitaria Telf.: 051.366193



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0447-A-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T 22.
 FECHA : 19/01/2015.
 SOLICITADO POR : Ronny Riehard Parizaca Quispe.
 PROYECTO : Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresion de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polimeros súperabsorbentes en la ciudad de Puno.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con adición de polimeros superabsorbentes.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	PS-10-1	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.10	80.16	350	32800	409.16	116.90
2	PS-10-2	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.18	81.33	350	31510	387.44	110.70
3	PS-10-4	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.17	81.28	350	32910	404.88	115.68
4	PS-10-6	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.20	81.67	350	32100	383.06	112.30
5	PS-10-7	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.18	81.92	350	32650	401.48	114.71
6	PS-15-1	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.17	81.18	350	28140	358.93	102.55
7	PS-15-3	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.22	82.09	350	28110	345.87	98.82
8	PS-15-5	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.23	82.18	350	27660	336.94	96.27
9	PS-15-6	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.23	82.18	350	29500	358.96	102.56
10	PS-15-7	Elemento Estructural (Tesis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.19	81.48	350	34480	423.29	120.94

Observaciones:
 • La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
 • Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA Puno.

Dr. Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO



CC. Archivo 2015
 JMP/favn



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 Ciudad Universitaria Telf.: 051 366193



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N°
 REFERENCIA : 0447-B-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 FECHA : 19/01/2015
SOLICITADO POR
 PROYECTO : Ronny Richard Parizaca Quispe.
 : Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno
UBICACIÓN
 MUESTRA : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 TECNICO : Fredy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
11	PS-20-2	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.18	81.46	350	26530	325.67	93.05
12	PS-20-3	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.16	81.01	350	27790	343.05	98.01
13	PS-20-4	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.20	81.74	350	27130	331.91	94.83
14	PS-20-6	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.19	81.47	350	27760	340.73	97.35
15	PS-20-7	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.17	81.17	350	26610	327.85	93.67
16	SP-2	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.14	60.73	350	31470	389.82	111.38
17	SP-3	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.20	81.68	350	29910	366.21	104.63
18	SP-5	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.17	81.29	350	31440	386.74	110.50
19	SP-6	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.19	81.56	350	30980	379.83	108.52
20	SP-7	Elemento Estructural (Tésis)	23/12/2014	30/12/2014	7	10.11	80.35	350	29690	373.22	106.64

Observaciones:
 • La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
 • Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA Puno.

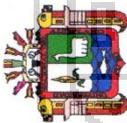
Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM-UNA-PUNO



CC. Archivo 2015
 JIMP/favn



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 Ciudad Universitaria Telf.: 051 366193



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0448-A-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASFMC 39, AASHTO T22.
 FECHA : 19/01/2015.
 SOLICITADO POR : Ronny Richard Parizaca Quispe.
 PROYECTO : Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con adición de polímeros superabsorbentes.
 TECNICO : Freddy Aloriso Valeriano Nina
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
1	PS-10-1	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.17	81.22	350	40250	486.54	141.58
2	PS-10-2	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.18	81.34	350	40570	488.74	142.50
3	PS-10-4	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.18	81.34	350	39140	481.19	137.48
4	PS-10-5	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.18	81.33	350	40610	489.35	142.67
5	PS-10-7	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.22	81.96	350	39300	479.49	137.00
6	PS-15-1	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.20	81.72	350	37180	454.98	129.89
7	PS-15-3	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.19	81.58	350	38750	475.01	135.72
8	PS-15-5	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.17	81.30	350	37580	462.26	132.07
9	PS-15-6	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.23	82.15	350	37450	455.90	130.26
10	PS-15-7	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.15	80.91	350	37190	459.64	131.33

Observaciones:
 • La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
 • Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA Puno.

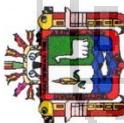
JUAN MAYHUA PALOMINO
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO



CC. Archivo 2015
 JMP/favn



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
 Ciudad Universitaria Telf.: 051 366193



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0448-B-2014-LMS&R-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA : 19/01/2015.
 SOLICITADO POR : Ronny Richard Parizaca Quispe.
 PROYECTO : Comportamiento de la trabajabilidad y la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno.
 UBICACIÓN : Ciudad Universitaria, Av. Sesquicentenario - Puno, Provincia de Puno, Departamento de Puno.
 MUESTRA : Briquetas de concreto con adición de polímeros superabsorbentes.
 TECNICO : Freddy Alonso Valeriano Nina.
 RESPONSABLE : Dr. Ing. Juan Mayhua Palomino.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	AREA DE BRIQUETA (cm²)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	% de Resistencia
11	PS-20-2	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.22	81.97	350	34170	416.88	119.11
12	PS-20-3	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.17	81.28	350	33080	406.97	116.28
13	PS-20-5	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.20	81.98	350	32820	401.89	114.82
14	PS-20-6	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.21	81.83	350	32720	399.86	114.25
15	PS-20-7	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.20	81.68	350	33520	410.49	117.28
16	SP-2	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.17	81.18	350	37930	467.25	133.50
17	SP-3	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.18	81.44	350	38850	477.02	136.29
18	SP-4	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.20	81.79	350	37830	462.52	132.15
19	SP-5	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.17	81.30	350	38490	473.40	135.26
20	SP-7	Elemento Estructural (Tésis)	15/1/2014	30/1/2014	15	10.17	81.27	350	38830	477.79	136.51

Observaciones:
 • La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
 • Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA Puno.

Dr. Juan Mayhua Palomino
 JEFE DE LABORATORIO
 FIM - UNA - PUNO.



CC. Archivo 2015
 JMP/fav



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA
Ciudad Universitaria Telf.: 051 366193



**CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE
MECANICA DE ROCAS Y SUELOS PARA ENSAYOS DE
PROYECTO DE TESIS**

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE
ROCAS Y SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**

HACE CONSTAR:

Que el tesista, conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil; Bach.: **RONNY RICHARD PARIZACA QUISPE**, hizo uso de los equipos de laboratorio de **MECÁNICA DE ROCAS Y SUELOS-FIM**, para realizar los ensayos requeridos en la ejecución del proyecto de tesis: **“COMPORTAMIENTO DE LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA INICIAL POR ADICIÓN DE POLÍMEROS SÚPERABSORBENTES EN LA CIUDAD DE PUNO”**.

Los ensayos que realizaron son los siguientes:

- 66 Ensayos de compresión simple de briquetas de concreto.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para la presentación de su Proyecto de Tesis.



Jefe de Laboratorio
 FIM - UNA - PUNO

Puno, C.U. 19 enero de 2015.



TABLA I
(Continuación).

COLUMNAS			
(1) Puntuación "Z"	(2) Distancia de "Z" a la media	(3) Área de la parte mayor	(4) Área de la parte menor
1.30	.4032	.9032	.0968
1.31	.4049	.9049	.0951
1.32	.4066	.9066	.0934
1.33	.4082	.9082	.0918
1.34	.4099	.9099	.0901
1.35	.4115	.9115	.0885
1.36	.4131	.9131	.0869
1.37	.4147	.9147	.0853
1.38	.4162	.9162	.0838
1.39	.4177	.9177	.0823
1.40	.4192	.9192	.0808
1.41	.4207	.9207	.0793
1.42	.4222	.9222	.0778
1.43	.4236	.9236	.0764
1.44	.4251	.9251	.0749
1.45	.4265	.9265	.0735
1.46	.4279	.9279	.0721
1.47	.4292	.9292	.0708
1.48	.4306	.9306	.0694
1.49	.4319	.9319	.0681
1.50	.4332	.9332	.0668
1.51	.4345	.9345	.0655
1.52	.4357	.9357	.0643
1.53	.4370	.9370	.0630
1.54	.4382	.9382	.0618
1.55	.4394	.9394	.0606
1.56	.4406	.9406	.0594
1.57	.4418	.9418	.0582
1.58	.4429	.9429	.0571
1.59	.4441	.9441	.0559
1.60	.4452	.9452	.0548
1.61	.4463	.9463	.0537
1.62	.4474	.9474	.0526
1.63	.4484	.9484	.0516
1.64	.4495	.9495	.0505

464 Metodología de la investigación

TABLA I
(Continuación).

COLUMNAS			
(1) Puntuación "Z"	(2) Distancia de "Z" a la media	(3) Área de la parte mayor	(4) Área de la parte menor
1.65	.4505	.9505	.0495
1.66	.4515	.9515	.0485
1.67	.4525	.9525	.0475
1.68	.4535	.9535	.0465
1.69	.4545	.9545	.0455
1.70	.4554	.9554	.0446
1.71	.4564	.9564	.0436
1.72	.4573	.9573	.0427
1.73	.4582	.9582	.0418
1.74	.4591	.9591	.0409
1.75	.4599	.9599	.0401
1.76	.4608	.9608	.0392
1.77	.4616	.9616	.0384
1.78	.4625	.9625	.0375
1.79	.4633	.9633	.0367
1.80	.4641	.9641	.0359
1.81	.4649	.9649	.0351
1.82	.4656	.9656	.0344
1.83	.4664	.9664	.0336
1.84	.4671	.9671	.0329
1.85	.4678	.9678	.0322
1.86	.4686	.9686	.0314
1.87	.4693	.9693	.0307
1.88	.4699	.9699	.0301
1.89	.4706	.9706	.0294
1.90	.4713	.9713	.0287
1.91	.4719	.9719	.0281
1.92	.4726	.9726	.0274
1.93	.4732	.9732	.0268
1.94	.4738	.9738	.0262
1.95	.4744	.9744	.0256
1.96	.4750	.9750	.0250
1.97	.4756	.9756	.0244
1.98	.4761	.9761	.0239
1.99	.4767	.9767	.0233