



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



**“EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS
NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS
DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ALEX PACORI MESTAS

Bach. BLADIMIR AQUISE QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

A Dios por su gracia y bendiciones.

*A mis queridos padres: Pedro Pacori y Estela
Mestas, quien con sus consejos han sabido
guiarme para culminar mi carrera profesional*

*A mis hermanos Milton Franco y Jhony
Raymundo quienes, con sus apoyos, consejos me
ayudaron a seguir adelante, todas las veces que
necesitaba de ellos estuvieron ahí para darme
una mano.*

*A mi compañero de tesis Bladimir Aquisé, por
emprender juntos esta aventura de
conocimiento.*

*A mis amigos de la Escuela Profesional de
Ingeniería Civil en especial a mi promoción
(091 - 092), por compartir momentos únicos en
la Universidad.*

Alex.



DEDICATORIA

Bladimir.

*Con mucho cariño y gratitud a mis padres
Sebastiana Quispe Mamani y Teófilo Aquisé
Curo, por su apoyo permanente e infatigable
esfuerzo por hacer de mí, una mejor persona
cada día. Y por su incommensurable esfuerzo en
dejarme la profesión como la mejor herencia.*

*A mi familia, compañeros y amigos que siempre
estuvieron compartiendo vida y amistad junto a
mí.*

A todos ellos....., Muchas Gracias.



AGRADECIMIENTO

A nuestra Primera Casa de Estudios, Universidad Nacional del Altiplano, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de escalar un peldaño más, en el campo del conocimiento.

A nuestros jurados, Ing. Zenón Mellado Vargas, Ing. Néstor Eloy Gonzales Sucasaire e Ing. Hernán Parmenio Colorado Huanca; por las recomendaciones y correcciones brindadas a esta investigación.

A nuestro Director/Asesor de Tesis, Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, por el apoyo incesante en la elaboración y concepción del este proyecto.

Al laboratorio de Construcciones y laboratorio de Mecánica de Suelos, de nuestra facultad, así como también a los técnicos Ing. Yvanni Aragon e Ing Deywid Marrón, por su constante apoyo y colaboración en la realización de este trabajo experimental.

Al Sr. Jesús Rene Chambi Rodríguez, a nuestros compañeros y amigos de promoción, por compartir sus conocimientos, experiencias y anécdotas con nosotros. Y a todos los demás colaboradores que de forma directa e indirecta ayudaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICES DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN	20
ABSTRACT.....	21

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.1.1 Problema General	23
1.1.2 Problemas Específicos.....	23
1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	24
1.2.1 Objetivo General	24
1.2.2 Objetivos Específicos	24
1.3 HIPOTESIS	25
1.3.1 Hipótesis General	25
1.3.2 Hipótesis Específicas.....	25
1.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	26
1.4.1 Variable Independiente.....	26
1.4.2 Variable Dependiente	26
1.5 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	26
1.5.1 Tipo de Investigación	26
1.5.2 Nivel de Investigación.....	26
1.5.3 Diseño de Investigación	27
1.5.4 Población, muestra y muestreo.....	27
1.5.4.1. Población.	27
1.5.4.2. Muestra.	30
1.5.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	32
1.5.5.1. Técnica.....	32
1.5.5.2. Instrumentos.	33



1.5.6	Procedimiento de recolección de datos.	33
1.5.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	33
1.5.7.1.	Técnica de procesamiento.	34
1.5.7.2.	Análisis de datos.	34

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES	37
2.2	EL CONCRETO	45
2.3	MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO	46
2.4	CEMENTO	46
2.4.1	Cemento Portland	46
2.4.2	Compuestos Químicos Forman al Cemento Portland	47
2.4.3	Hidratación del Cemento.....	47
2.4.4	Clasificación del Cemento Portland	48
2.4.5	Ensayos del Cemento	49
2.5	EL AGUA	50
2.6	AGREGADOS	51
2.6.1	AGREGADOS NATURALES.....	52
2.7.	CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS	53
2.7.1	Agregado Fino.....	56
2.7.1.1	Propiedades Físicas.....	56
2.7.2	Agregado Grueso.....	64
2.7.2.1	Propiedades Físicas.....	65
2.8	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	73
2.8.1	Dureza	73
2.8.2	Resistencia.....	74
2.8.3	Tenacidad o Resistencia a la Falla por Impacto	74
2.8.4	Adherencia.....	74
2.9	PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO	75
2.10	PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO	78
2.11	DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	79
2.12	PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	79
2.13	DISEÑO DE MEZCLAS.	81
2.13.1	Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.	81



2.14. SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO	83
2.14.1 Cálculo de Desviación Estándar.....	83
2.14.2 Cálculo de la Resistencia Promedio	84
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. SELECCIÓN DE LOS AGREGADOS PROCEDENTES DE LAS	
CANTERA SAN ANTONIO - PUNO Y PHARA - SANDIA	86
3.1.1 Ensayo de esclerometría.....	91
3.2. ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS	
AGREGADOS	96
3.2.1 Ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.	96
3.2.2 Peso específico y absorción del agregado fino.....	99
3.2.3 Peso específico y absorción del agregado grueso.	103
3.2.4 Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado	107
3.2.5 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.....	112
3.2.6 Ensayo de contenido de materia orgánica	121
3.2.7 Ensayo de Abrasión.....	123
3.2.8 Ensayo de Impurezas Orgánicas.....	127
3.2.9 Densidad del Cemento Portland IP (ASTM C 188, AASTHO T - 133)....	129
3.2.10 Ensayo de Contenido de Finos	132
3.3. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	133
3.3.1 Materiales Cementantes	133
3.3.2 Agregados.....	133
3.3.3 Agua	134
3.4. DISEÑO DE MEZCLA CANTERA SAN ANTONIO F'C = 210 KG/CM2 –	
MÉTODO: MÓDULO DE FINEZA	134
3.5. DISEÑO DE MEZCLAS DE DIFERENTES CANTERAS	141
3.5.1 Proporciones de los componentes del concreto patrón	142
3.5.2 Proporciones de los componentes del concreto con inclusión de agregados naturales.	142
3.6. FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS	143
3.7. ENSAYOS REALIZADOS	146
3.7.1 Ensayos en Estado Fresco del Concreto.....	146



3.7.1.1 Ensayo de Revenimiento o Asentamiento en el Cono de Abrams (ASTM-C143).....	146
3.7.2 Ensayo de Concreto Endurecido	148
3.7.2.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto.....	148

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ENSAYO DE LAS MUESTRAS A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS	151
4.2. DISEÑO PARA $f'c=210$ KG/CM²	163
4.2.1 Resultados del Diseño de Mezclas por el Método Modulo de Fineza $f'c =$ 210 kg/cm ²	179
4.2.2 Proporciones de los componentes del concreto patrón	179
4.2.3 Proporciones de los componentes del concreto con inclusión de A.N.....	180
V. CONCLUSIONES.....	182
VI. RECOMENDACIONES	184
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	185
ANEXOS.....	187
ANEXO A	188
ANEXO A-1: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA SAN ANTONIO - PUNO	188
ANEXO A-2: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA SAN ANTONIO – PUNO	189
ANEXO A-3: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS CANTERA SAN ANTONIO - PUNO.....	190
ANEXO A-4: PESO UNITARIO DE AGREGADOS CANTERA SAN ANTONIO - PUNO	191
ANEXO A-5: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS CANTERA SAN ANTONIO - PUNO.....	192
ANEXO A-6: DESGASTE POR ABRASIÓN CANTERA SAN ANTONIO - PUNO	193
ANEXO A-7: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA PHARA - SANDIA	194
ANEXO A-8: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA SAN PHARA – SANDIA.....	194



ANEXO A-9: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS CANTERA SAN PHARA - SANDIA	196
ANEXO A-10: PESO UNITARIO DE AGREGADOS CANTERA PHARA - SANDIA.....	197
ANEXO A-11: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS CANTERA PHARA – SANDIA	198
ANEXO A-12: DESGASTE POR ABRASIÓN CANTERA PHARA - SANDIA.	199
ANEXO A-13: DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CANTERA SAN ANTONIO F’C = 210 KG/CM2.....	200
ANEXO A-14: DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CANTERA PHARA F’C = 210 KG/CM2	200
ANEXO A-15: PANEL FOTOGRAFICO	202

TEMA: Evaluación del diseño de mezclas con agregados naturales

ÁREA: Construcciones

LÍNEA DE INVESTIGACION: Construcciones y Gerencia

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 11 de diciembre de 2020.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema general de la población para la cantera San Antonio.	28
Figura 2: Esquema general de la población para la cantera Phara.	29
Figura 3: Estados de saturación del agregado.	72
Figura 4: Equipo tronco de cono y barra de acero liso de 5/8”de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica.....	76
Figura 5: Ensayo de asentamiento.....	77
Figura 6: Acopio y traslado de agregado de la Cantera Phara	87
Figura 7: Acopio y traslado de agregado de la Cantera San Antonio	87
Figura 8: Puente Carrozable Tiraca - Distrito de Phara	88
Figura 9: Obra Puesto de Salud Cachipasana - Distrito de San Antonio.....	88
Figura 10: Ubicación política de San Antonio	89
Figura 11: Ruta de Puno a Juncal	89
Figura 12: Ubicación de las canteras San Antonio.....	90
Figura 13: Ubicación política de Phara	90
Figura 14: Ubicación de las canteras Phara.....	91
Figura 15: Nro de golpes registrado en losa del Puente Tiraca - Phara.	93
Figura 16: Relación entre f^c vs Nro rebotes, para lecturas del martillo en posición horizontal y vertical.	93
Figura 17: Nro de golpes registrado en Puesto de salud de Cachipasana.....	94
Figura 18: Relación entre f^c vs Nro rebotes, para lecturas del martillo en posición horizontal y vertical.	95
Figura 19: Contenido de Humedad - Agregado Grueso y Agregado Fino.....	99
Figura 20: El agregado fino se seca en una estufa hasta la condición SSS y se coloca en un cono hasta que se desmorone al retirar el cono.....	101



Figura 21: Llenado de agua, agregado fino al picnómetro y girado para eliminar aire atrapado.....	102
Figura 22: Secado del agregado grueso hasta un estado S.S.S y pesado con la canastilla sumergida.....	105
Figura 23: Pesaje con canastilla sumergida del agregado grueso.....	107
Figura 24: Registro de medidas del molde para peso unitario	108
Figura 25: Procedimiento para determinar peso unitario suelto y compacto del agregado fino.	109
Figura 26: Peso unitario suelto y compacto del agregado grueso	112
Figura 27: Análisis Granulométrico – A. Fino y A. Grueso de Cantera Phara	114
Figura 28: Curva granulométrica del agregado fino.....	115
Figura 29: Curva granulométrica del agregado grueso Cantera San Antonio.....	116
Figura 30: Curva granulométrica del agregado fino.....	118
Figura 31: Curva granulométrica del agregado grueso Cantera Phara.....	120
Figura 32: Contenido de materia orgánica – Colocado de los crisoles con muestras en horno de Ignición	123
Figura 33: Agregados retenidos en los tamices para ensayo de desgaste.....	125
Figura 34: Máquina de los Ángeles.....	125
Figura 35: Ensayo de desgaste por abrasión de Los Ángeles.....	126
Figura 36: Ensayo de Impurezas Orgánicas	128
Figura 37: Ensayo de Impurezas Orgánicas	129
Figura 38: Agitado de frasco le chatelier para eliminar burbujas de aire.....	131
Figura 39: Colocación del cemento en el frasco le chatelier.....	131
Figura 40: Elaboración de probetas de concreto	145
Figura 41: Curado de probetas de concreto	146



Figura 42: Asentamiento del concreto.....	148
Figura 43: Ensayo a la compresión del concreto.....	150
Figura 44: Cantera: SAN ANTONIO; Curvas de $F'c$ vs % A.N. a los 7días.....	164
Figura 45: Cantera: SAN ANTONIO; Grafico de barras de $F'c$ vs % A.N. a los 7días	164
Figura 46: Cantera: SAN ANTONIO; Curvas de $F'c$ vs % A.N. a los 14días.....	165
Figura 47: Cantera: SAN ANTONIO; Grafico de barras de $F'c$ vs % A.N. a los 14días	166
Figura 48: Cantera: SAN ANTONIO; Curvas de $F'c$ vs % A.N. a los 28días.....	167
Figura 49: Cantera: SAN ANTONIO; Grafico de barras de $F'c$ vs % A.N. a los 28días	167
Figura 50: Cantera: PHARA; Curvas de $F'c$ vs % A.N. a los 7días	168
Figura 51: Cantera: PHARA; Grafico de barras de $F'c$ vs % A.N. a los 7días.....	169
Figura 52: Cantera: PHARA; Curvas de $F'c$ vs % A.N. a los 14días	170
Figura 53: Cantera: PHARA; Grafico de barras de $F'c$ vs % A.N. a los 14días.....	170
Figura 54: Cantera: PHARA; Curvas de $F'c$ vs % A.N. a los 28días	171
Figura 55: Cantera: PHARA; Grafico de barras de $F'c$ vs % A.N. a los 28días.....	172
Figura 56: Cuadro comparativo módulo de fineza del agregado fino.....	173
Figura 57: Cuadro comparativo módulo de fineza del agregado grueso.....	173
Figura 58: Cuadro comparativo peso unitario suelto del agregado fino	174
Figura 59: Cuadro comparativo peso unitario suelto del agregado grueso	174
Figura 60: Cuadro comparativo peso unitario compactado del agregado fino.....	175
Figura 61: Cuadro comparativo peso unitario compactado del agregado grueso	175
Figura 62: Cuadro comparativo peso específico del agregado grueso	176
Figura 63: Cuadro comparativo peso específico del agregado fino	176



Figura 64: Cuadro comparativo Absorción del agregado grueso	177
Figura 65: Cuadro comparativo Absorción del agregado fino	177
Figura 66: Cuadro comparativo Abrasión de los Ángeles.....	178
Figura 67: Cuadro comparativo Contenido de Material Orgánico	178



INDICES DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de cantidad de muestra – Cantera Nro. 01 (San Antonio).....	31
Tabla 2: Resumen de cantidad de muestra – Cantera Nro. 02 (Phara)	31
Tabla 3: Matriz de consistencia: Objetivo general y específicos	35
Tabla 4: Principales componentes del cemento portland	47
Tabla 5: Requisitos para el agua de mezcla.....	51
Tabla 6: Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico.	53
Tabla 7: Clasificación de los agregados por su Densidad	54
Tabla 8: Clasificación de los agregados por la Forma.....	55
Tabla 9: Clasificación de los agregados por la Textura.....	55
Tabla 10: Requisitos granulométricos para el agregado fino	57
Tabla 11: Límites granulométricos para el agregado grueso –Norma ASTM.....	68
Tabla 12: Consistencia de mezcla de concreto	77
Tabla 13: Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días.	79
Tabla 14: Factores de corrección de resistencia para diferentes relaciones h/d.	80
Tabla 15: Efecto del tamaño del espécimen en la resistencia del concreto	81
Tabla 16: Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos.....	84
Tabla 17: Resistencia promedio.....	85
Tabla 18: Resumen del ensayo realizado en el Puente Tiraca - Phara	94
Tabla 19: Resumen del ensayo realizado en Puesto de Salud - Cachipascana.....	95
Tabla 20: Contenido de humedad, agregado fino Cantera San Antonio	97
Tabla 21: Contenido de humedad, agregado grueso Cantera San Antonio	98
Tabla 22: Contenido de humedad, agregado fino Cantera Phara	98



Tabla 23: Contenido de humedad, agregado grueso Cantera Phara	98
Tabla 24: Resumen del contenido de humedad del agregado fino y grueso Canteras San Antonio y Phara.....	98
Tabla 25: Datos del ensayo de peso específico Cantera San Antonio	102
Tabla 26: Datos del ensayo de peso específico Cantera Phara	103
Tabla 27: Resumen del peso específico y absorción del agregado fino	103
Tabla 28: Datos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso Cantera San Antonio.....	105
Tabla 29: Datos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso Cantera Phara.....	106
Tabla 30: Resumen del peso específico y absorción del agregado grueso	106
Tabla 31: Dimensiones Geométricas del molde usado para Cantera San Antonio	109
Tabla 32: Dimensiones Geométricas del molde usado para Cantera Phara	109
Tabla 33: Peso unitario suelto del agregado fino Cantera San Antonio	110
Tabla 34: Peso unitario compactado del agregado fino Cantera San Antonio	110
Tabla 35: Peso unitario suelto del agregado fino Cantera Phara	110
Tabla 36: Peso unitario compactado del agregado fino Cantera Phara	110
Tabla 37: Peso unitario suelto del agregado grueso Cantera San Antonio	111
Tabla 38: Peso unitario compactado del agregado grueso Cantera San Antonio	111
Tabla 39: Peso unitario suelto del agregado grueso Cantera Phara.....	111
Tabla 40: Peso unitario compactado del agregado grueso Cantera Phara.....	112
Tabla 41: Granulometría del agregado fino Cantera San Antonio	114
Tabla 42: Granulometría del agregado grueso Cantera San Antonio	116
Tabla 43: Granulometría del agregado fino Cantera Phara	118
Tabla 44: Granulometría del agregado grueso Cantera Phara.....	119



Tabla 45: Contenido de Materia Orgánica Cantera San Antonio	122
Tabla 46: Contenido de Materia Orgánica Cantera Phara	122
Tabla 47: Desgaste por abrasión e impacto en la Cantera San Antonio	126
Tabla 48: Desgaste por abrasión e impacto en la Cantera Phara-Sandia.....	126
Tabla 49: Contenido de Finos en la Cantera San Antonio - Puno.....	132
Tabla 50: Contenido de Finos en la Cantera Phara - Sandia	133
Tabla 51: Propiedades del Agregado de la Cantera San Antonio.....	134
Tabla 52: Propiedades del Agregado de la Cantera Phara.....	134
Tabla 53: Resistencia Promedio	135
Tabla 54: Volumen unitario de agua	136
Tabla 55: Contenido de aire atrapado	136
Tabla 56: Relación agua cemento a/c	137
Tabla 57: Volúmenes absolutos de pasta.....	137
Tabla 58: Módulo de fineza de la combinación de los agregados.....	138
Tabla 59: Diseño de mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en peso seco al 0% de A.N.	142
Tabla 60: Cantera: San Antonio, Diseño de mezclas en peso seco incluyendo A.N...	142
Tabla 61: Cantera: Phara, Diseño de mezclas en peso seco incluyendo A.N.....	143
Tabla 62: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 0% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.....	152
Tabla 63: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 5% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.....	152
Tabla 64: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 7.5% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.....	153
Tabla 65: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 10% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.....	154



Tabla 66: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 12.5% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.	154
Tabla 67: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 15% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.....	155
Tabla 68: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 20% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.....	156
Tabla 69: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 25% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.....	156
Tabla 70: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 0% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.	157
Tabla 71: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 5% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.	158
Tabla 72: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 7.5% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.	158
Tabla 73: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 10% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.	159
Tabla 74: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 12.5% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.....	160
Tabla 75: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 15% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.	160
Tabla 76: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 20% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.	161
Tabla 77: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 25% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.	162



Tabla 78: Cantera SAN ANTONIO: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 7días...	163
Tabla 79: Cantera SAN ANTONIO: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 14días.	165
Tabla 80: Cantera SAN ANTONIO: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 28días.	166
Tabla 81: Cantera PHARA: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 7días.	168
Tabla 82: Cantera PHARA: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 14días.	169
Tabla 83: Cantera PHARA: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 28días.	171
Tabla 84: diseño de mezclas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	179
Tabla 85: Diseño de mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en peso seco al 0% de A.N.	180
Tabla 86: Cantera: San Antonio, Diseño de mezclas en peso seco incluyendo A.N...	180
Tabla 87: Cantera: Phara, Diseño de mezclas en peso seco incluyendo A.N.....	181
Tabla 88: Porcentaje de material fino y orgánico.....	181



ÍNDICE DE ACRONIMOS

- AASHTO :** American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.
- ASTM :** American Society for Testing and Materials o Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
- NTP :** Norma Técnica Peruana.
- a/c :** Relación agua/cemento para diseño de mezclas.
- C° :** Definición conocida al Concreto.
- IP :** Cemento Puzolánico.
- kg :** Kilogramos.
- AN :** Agregado Natural.
- PES :** Peso específico de los sólidos.
- PESSS :** Peso específico de solidos saturados con superficie seca.
- PH :** Medida de acides o alcalinidad de una sustancia.
- PUC :** Peso Unitario Compactado.
- PUS :** Peso Unitario Suelto.
- RNE :** Reglamento Nacional de Edificaciones.
- F´c :** Resistencia de diseño a la compresión.
- M.O. – M.I. :** Material Orgánico – Material Inorgánico.
- M.F. :** Material fino



RESUMEN

La presente investigación se realizó en el laboratorio de construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, con el objetivo principal de evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales; así establecer el porcentaje más óptimo tomando en cuenta la incidencia en la resistencia a la compresión. El proceso de investigación se basó en elaborar 24 especímenes de concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y 168 especímenes de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con diferentes porcentajes de sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales; Al realizar los ensayos de resistencia a la compresión a los 14, 28 y 56 días de curado a una temperatura promedio de 13°C (temperatura representativa de la ciudad de Puno). Los resultados demuestran que los agregados naturales disminuyen la resistencia a la compresión en relación al concreto patrón a los 28 días en 223.03kg/cm^2 , 214.29 kg/cm^2 , 209.00 kg/cm^2 , 180.14 kg/cm^2 , 151.92 kg/cm^2 , 122.35 kg/cm^2 y 110.76 kg/cm^2 para la cantera “San Antonio” y disminuye a razón de 227.39 kg/cm^2 , 221.05 kg/cm^2 , 210.04 kg/cm^2 , 194.93 kg/cm^2 , 178.16 kg/cm^2 , 144.38 kg/cm^2 y 117.92 kg/cm^2 para la cantera “Phara”, cuando se sustituye agregados naturales al agregado fino a razón del 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 20% y 25% respectivamente. En conclusión, para alcanzar una resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ el porcentaje máximo de agregados naturales que debe tener el agregado fino será de 7.5% para la cantera “San Antonio” y 10% para la cantera “Phara”.

Palabras Clave: Concreto, Resistencia a la Compresión, Agregados Naturales.



ABSTRACT

The present investigation was carried out in the construction laboratory of the Professional School of Civil Engineering of the National University of Altiplano - Puno, with the main objective of evaluating the variation of the compressive strength of concrete with partial substitution of fine aggregate by aggregates natural; thus establish the most optimal percentage taking into account the impact on compressive strength. The research process was based on elaborating 24 specimens of standard concrete $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ and 168 specimens of concrete $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ with different percentages of partial substitution of the fine aggregate by natural aggregates; When performing the compressive strength tests at 14, 28 and 56 days of curing at an average temperature of 13°C (representative temperature of the city of Puno). The results show that natural aggregates decrease the compressive strength in relation to the standard concrete at 28 days in $223.03\text{kg} / \text{cm}^2$, $214.29 \text{ kg} / \text{cm}^2$, $209.00 \text{ kg} / \text{cm}^2$, $180.14 \text{ kg} / \text{cm}^2$, $151.92 \text{ kg} / \text{cm}^2$, $122.35 \text{ kg} / \text{cm}^2$ and $110.76 \text{ kg} / \text{cm}^2$ for the “San Antonio” quarry and decreases at a rate of $227.39 \text{ kg} / \text{cm}^2$, $221.05 \text{ kg} / \text{cm}^2$, $210.04 \text{ kg} / \text{cm}^2$, $194.93 \text{ kg} / \text{cm}^2$, $178.16 \text{ kg} / \text{cm}^2$, $144.38 \text{ kg} / \text{cm}^2$ and $117.92 \text{ kg} / \text{cm}^2$ for the “Phara” quarry, when natural aggregates are substituted for fine aggregates at a rate of 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 20% and 25% respectively. In conclusion, to achieve a resistance of $f'c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$ the maximum percentage of natural aggregates that the fine aggregate must have will be 7.5% for the “San Antonio” quarry and 10% for the “Phara” quarry.

Keywords: Concrete, rice husk ash, compression resistance.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los ingredientes que componen el concreto deben de cumplir ciertas características de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones (NORMA E-060), y en específico los agregados para obtener un buen concreto deberán estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica y otras sustancias dañinas para el concreto.

Teodoro E. Harmsen en su libro “Diseño de Estructuras de Concreto Armado” dice: los agregados (Finos y Gruesos), no deben contener más de 5% de arcillas y finos ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc.

Enrique Riva López en su libro “Diseño de Mezclas” dice: el porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites.

Material más fino que la malla N° 200 (Concretos sujetos a abrasión con un 3% y otros concretos con un 5%)

En la actualidad, adquirir un agregado de acuerdo a las exigencias del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) tiene que cumplir con ciertos parámetros y características para así ser aprobado y utilizado en obras de construcción civil.

En cuestión a lo anterior se pretende evaluar la resistencia a la compresión del concreto usando agregados de dos canteras “San Antonio - Puno” y “Phara - Sandia” con características mineralógicas distintas, pero con presencia de agregados naturales (material fino + orgánico) que exceden los límites permisibles establecidos en normas y



bibliografías. Además, que no se cuenta con estudios que permitan garantizar el uso de estos agregados en las condiciones que se encuentran INSITU.

Para poder justificar el uso de los agregados de estas canteras se propone evaluar la variación de la resistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales a diferentes porcentajes para así determinar un porcentaje máximo permisible de tal manera que la resistencia a la compresión se mantenga mayor o igual a $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Por otro lado, cercanas a ambas canteras se tiene estructuras construidas con este material de estudio tales como: Canteras San Antonio (Centro de Salud Cachipascana) y Cantera Phara (Puente Carrozable Tiraca), y para poder verificar el valor de la resistencia a la compresión del concreto se realizó la Prueba de Esclerometría.

Bajo este contexto, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar el porcentaje permisible de Agregados Naturales (orgánico e inorgánico) con respecto al agregado fino para su buen funcionamiento.

1.1.1 Problema General

- ¿En qué medida reducirá la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara?

1.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál será la resistencia a la compresión de un concreto sustituido parcialmente con 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara, respecto a un concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$?



- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de sustitución del agregado fino por agregados naturales entre 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara, mediante su resistencia a la compresión?
- ¿Cuáles deben ser las dosificaciones adecuadas de cada cantera para la elaboración de un concreto $f'c=210$ kg/cm², de acuerdo a la sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara?
- ¿Cuál será la resistencia de la prueba de Esclerometría en el Centro de Salud Cachipascana (Distrito San Antonio) y el Puente Carrozable Tiraca – Chejani - Phara (Distrito Phara) del Departamento de Puno?

1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a la compresión de un concreto sustituido parcialmente con agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara, respecto a un concreto patrón $f'c=210$ kg/cm².
- Establecer el porcentaje óptimo por sustitución del agregado fino por agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara, mediante su resistencia a la compresión.
- Determinar las dosificaciones adecuadas de cada cantera para la elaboración de un concreto $f'c=210$ kg/cm², de acuerdo a la sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara.



- Determinar la resistencia de la prueba de Esclerometría en el Centro de Salud Cachipascana (Distrito San Antonio) y el Puente Carrozable Tiraca – Chejani - Phara (Distrito Phara) del Departamento de Puno.

1.3 HIPOTESIS

1.3.1 Hipótesis General

- La sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales, disminuye la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² en los distritos de San Antonio y Phara.

1.3.2 Hipótesis Específicas

- La resistencia a la compresión que alcanza el concreto con sustitución parcial de agregados naturales al 5%, 10% en los distritos de San Antonio y Phara, llega a una resistencia promedio para un concreto patrón $f'c=210$ kg/cm² a los 28 días de su elaboración.
- El porcentaje óptimo de agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara como sustituto parcial del agregado fino, mantiene su resistencia a la compresión con porcentajes menores al 10%.
- Las dosificaciones para la elaboración de concreto, con agregados naturales al 5% y 10% en los distritos de San Antonio y Phara permiten alcanzar la resistencia del concreto patrón $f'c=210$ kg/cm².
- La resistencia de la prueba de Esclerometría en el Centro de Salud Cachipascana (Distrito San Antonio) y el Puente Carrozable Tiraca – Chejani - Phara (Distrito Phara) del Departamento de Puno, es mayor a la resistencia $f'c=210$ kg/cm².



1.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La variable independiente estudiada es el porcentaje de agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% como sustituto parcial en el peso del agregado fino, en el concreto $f'c=210$ kg/cm² y su incidencia en la resistencia a la compresión, siendo esta la variable dependiente.

1.4.1 Variable Independiente

- Concreto con agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara.

1.4.2 Variable Dependiente

- Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm².

1.5 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1.5.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es del tipo: correlacional – cuantitativo; puesto que tiene como propósito relacionar y vincular entre si una de las características del concreto patrón $f'c= 210$ kg/cm² (resistencia a la compresión) y el concreto con sustitución de diferentes porcentajes de agregados naturales respecto al agregado fino en su diseño, la segunda porque los experimentos se realizan solo en periodos determinados y la tercera porque la información utilizada es de tipo cuantitativo.

“La investigación correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, Baptista Lucio – 2006, pág. 104)

1.5.2 Nivel de Investigación

El nivel de esta investigación es explicativo, ya que se estudian las causas que originan la variación de resultados al manipular la variable independiente.



“la investigación explicativa pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudien”, (Hernández Sampieri, Fernández Collado, Baptista Lucio – 2006, pág. 108)

1.5.3 Diseño de Investigación

El diseño de una investigación puede ser de campo, experimental o bibliográfico. Para este caso se utilizará un diseño experimental ya que naturalmente es necesario obtener datos bibliográficos de los cuales justifiquen los distintos aspectos de la investigación. Es con estos datos que será posible desarrollar distintas actividades como las cantidades de cada uno de los materiales necesarios para producir el concreto, el cual luego de una serie de experimentos nos permitan determinar la resistencia.

“La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de escribir de qué modo o por que causa se produce una situación o acontecimiento particular (Tamayo – 2004, pág. 47)

1.5.4 Población, muestra y muestreo.

1.5.4.1. Población.

Es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio (Arias Odon - 2012)

La población está conformada por dieciséis diseños de mezcla: el concreto patrón con resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto con sustitución de diferentes porcentajes de agregados naturales en 0%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15%, 20% y 25% con respecto al peso del agregado fino en su diseño. Se realizará por cada

diseño 12 probetas, en conclusión, se realizará 192 probetas de concreto en total (Figura 1 y Figura 2)

El esquema general de la población (08 diseños para la cantera nro. 01 – San Antonio y 08 diseños para la cantera nro. 02 - Phara), es el siguiente:

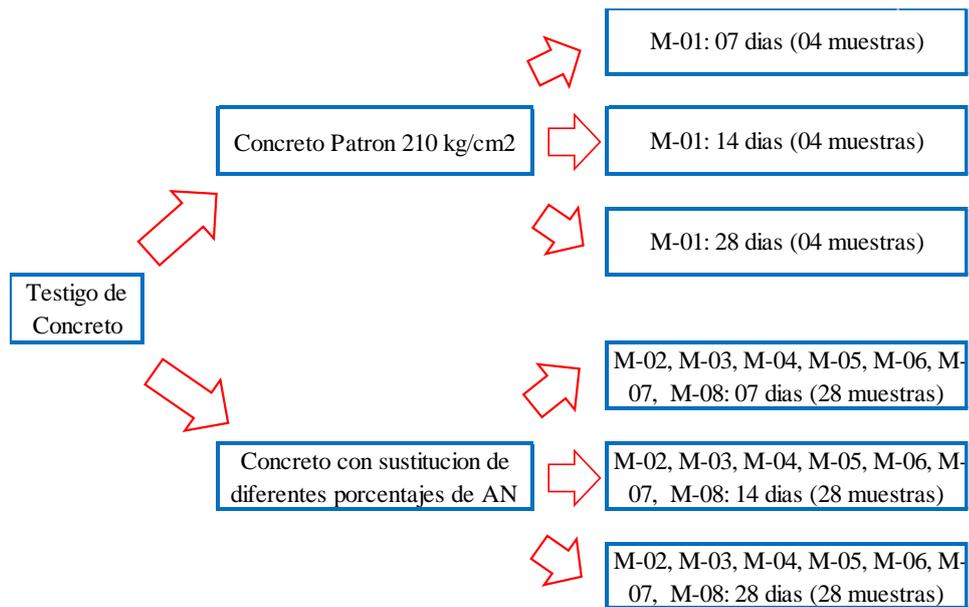


Figura 1: Esquema general de la población para la cantera San Antonio.
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Población que conforman los diseños:

- ◆ Diseño M-01(100% A.F. + 0% A.N.), 100% Agregado Fino + 0% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-02(95% A.F. + 5% A.N.), 95% Agregado Fino + 5% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-03(92.5% A.F. + 7.5% A.N.), 92.5% Agregado Fino + 7.5% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-04(90% A.F. + 10% A.N.), 90% Agregado Fino + 10% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-05(87.5% A.F. + 12.5% A.N.), 87.5% Agregado Fino + 12.5% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-06(85% A.F. + 15% A.N.), 85% Agregado Fino + 15% Agregado Natural.

- ◆ Diseño M-07(80% A.F. + 20% A.N.), 80% Agregado Fino + 20% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-08(75% A.F. + 25% A.N.), 75% Agregado Fino + 25% Agregado Natural.

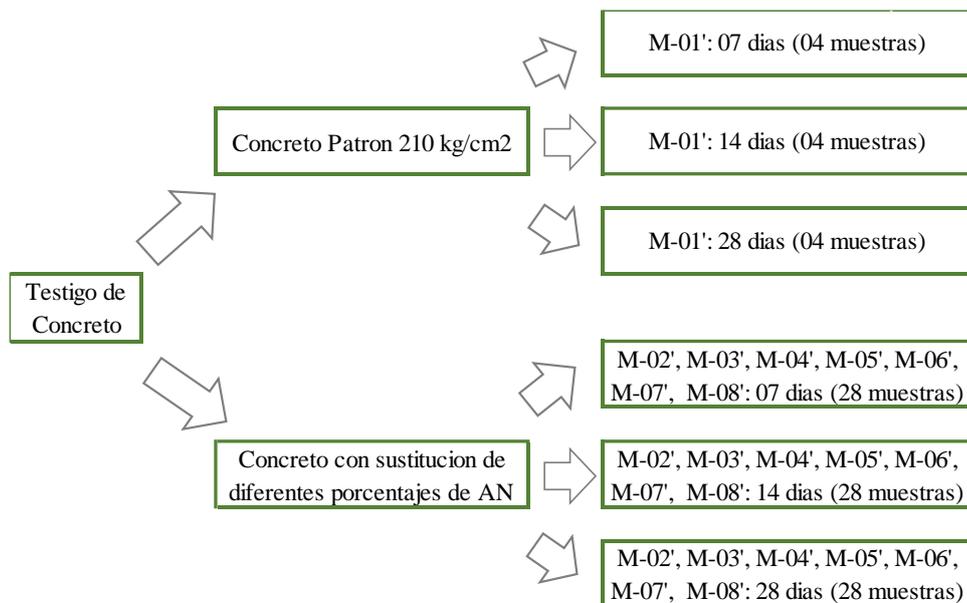


Figura 2: Esquema general de la población para la cantera Phara.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Población que conforman los diseños:

- ◆ Diseño M-01' (100% A.F. + 0% A.N.), 100% Agregado Fino + 0% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-02' (95% A.F. + 5% A.N.), 95% Agregado Fino + 5% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-03' (92.5% A.F. + 7.5% A.N.), 92.5% Agregado Fino + 7.5% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-04' (90% A.F. + 10% A.N.), 90% Agregado Fino + 10% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-05' (87.5% A.F. + 12.5% A.N.), 87.5% Agregado Fino + 12.5% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-06' (85% A.F. + 15% A.N.), 85% Agregado Fino + 15% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-07' (80% A.F. + 20% A.N.), 80% Agregado Fino + 20% Agregado Natural.
- ◆ Diseño M-08' (75% A.F. + 25% A.N.), 75% Agregado Fino + 25% Agregado Natural.



1.5.4.2. Muestra.

Para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio - 2006)

En nuestro caso la muestra estuvo conformada por probetas cilíndricas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 12 de c/u del concreto patrón (dosificación sin agregados naturales) y 12 c/u del concreto con agregados naturales.

Teniendo en cuenta la cantidad de material es: 2 metro cúbico de cada cantera debido a la dificultad que se tiene de trasladar estos materiales por la lejanía con respecto al lugar de elaboración de las probetas cilíndricas de concreto.

Se utiliza el material de estas dos canteras teniendo en cuenta las condiciones, características de los agregados y las dos obras de construcción civil que estas canteras presentan y cumplen los ensayos de esclerometría para una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Técnica de Muestreo: Para la selección de la muestra, empleamos el método probabilístico, específicamente el muestreo aleatorio indicando que la muestra es igual a la población; es decir, las características son similares a las de la población objetivo. Para la elección del tamaño de la muestra se usa la proporción poblacional para una muestra finita, (Ver tabla NRO. 1 y tabla NRO. 2).

Tabla 1: Resumen de cantidad de muestra – Cantera Nro. 01 (San Antonio)

Concreto		Resistencia a la Compresión $f'c= 210$ kg/cm ²			Nro. De Briquetas
Agregado Fino	Agregado Natural	7 días	14 días	28 días	
100% A.F.	0% A.N.	4	4	4	12
95% A.F.	5% A.N.	4	4	4	12
92.5% A.F.	7.5% A.N.	4	4	4	12
90% A.F.	10% A.N.	4	4	4	12
87.5% A.F.	12.5% A.N.	4	4	4	12
85% A.F.	15% A.N.	4	4	4	12
80% A.F.	20% A.N.	4	4	4	12
75% A.F.	25% A.N.	4	4	4	12
Cantidad Total de Briquetas Cantera Nro. 01 - San Antonio					96

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 2: Resumen de cantidad de muestra – Cantera Nro. 02 (Phara)

Concreto		Resistencia a la Compresión $f'c= 210$ kg/cm ²			Nro. De Briquetas
Agregado Fino	Agregado Natural	7 días	14 días	28 días	
100% A.F.	0% A.N.	4	4	4	12
95% A.F.	5% A.N.	4	4	4	12
92.5% A.F.	7.5% A.N.	4	4	4	12
90% A.F.	10% A.N.	4	4	4	12
87.5% A.F.	12.5% A.N.	4	4	4	12
85% A.F.	15% A.N.	4	4	4	12
80% A.F.	20% A.N.	4	4	4	12
75% A.F.	25% A.N.	4	4	4	12
Cantidad Total de Briquetas Cantera Nro. 02 - Phara					96

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

La muestra probabilística es el subgrupo de la población en que todos los elementos de esta tienen la misma posibilidad de ser elegidos (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio – 2006)

Las cantidades hallados para cada uno de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto son los obtenidos de las normas correspondientes por lo cual justifica la cantidad calculada para la población y muestra.



Para esta finalidad, se consideró las especificaciones de la norma NTP 339.033(ASTM C31/C31M – 03^a) – Practica Normalizada para la preparación y curado de las probetas para los 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) x 12” (300mm) o de al menos tres (03) probetas de 4” (100mm) x 8” (200mm), preparadas de la misma muestra de concreto, para lo cual se considera 4 probetas de 4” (100mm) x 8” (200mm), para este proyecto de investigación para las edades de 07 días, 14 días y 28 días.

1.5.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

1.5.5.1. Técnica.

Las principales técnicas que se utilizó en este estudio fueron por observación directa, análisis de documentos, ensayos de probetas cilíndricas con y sin Agregados Naturales.

- Toma de muestra
- Granulometría: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012
Análisis granulométrico agregados gruesos y finos: NTP 400.037 Análisis para agregado grueso.
- Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso NTP 400.021, NTP 400.022, ASTM C-127 y ASTM C-128
- Ensayo de contenido de humedad de los agregados NTP 400.016, ASTM C-566.
- Peso unitario del agregado fino y grueso NTP 400.017, ASTM C-29.
- Densidad del Cemento Portland ASTM C-188, ASHTO T-133



- Resistencia a la compresión ASTM C-39
- Asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035, ASTM C-143.
- Medición de la Temperatura.
- Peso unitario indicador de prueba NTP 339.046, ASTM C-138.

1.5.5.2. Instrumentos.

Entre los instrumentos requeridos para llevar a cabo el presente estudio, se encuentran:

- Equipos de laboratorio (balanzas digitales, termómetro, cono de Abrams, medidor de aire, cilindros graduados y máquina de ensayo) e implementos utilizados para llevar a cabo los ensayos correspondientes (carretilla, molde, cuchara metálica, barra compactadora, moldes cilíndricos, entre otros).
- Plantillas, cuadro para el registro de los resultados arrojados por los diversos ensayos efectuados.

1.5.6 Procedimiento de recolección de datos.

La recolección de datos de la investigación se realizó en forma directa, la primera etapa a través del muestreo para luego llevarlos al laboratorio y la segunda etapa a partir de los diseños y ensayos de acuerdo a los procedimientos técnicos y normativos establecidos y en función al cronograma establecido del proyecto de tesis; así como las fechas de obtención de las probetas cilíndricas, fecha de los respectivos ensayos de resistencia a la compresión axial ASTM C-39.

1.5.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó equipos de laboratorio, hoja de cálculo Microsoft Office Excel 2018, tomando en cuenta que los datos obtenidos son variables cuantitativas.



1.5.7.1. Técnica de procesamiento.

Para la investigación experimental se utilizaron las metodologías de ensayo ASTM C-39 método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto y formatos del laboratorio de construcciones.

1.5.7.2. Análisis de datos.

Las variables de respuesta se evaluaron mediante tablas y gráficos en Microsoft Office Excel 2018 para un rango de variación según el aumento del porcentaje del agregado natural en función al peso del agregado fino.

Tabla 3: Matriz de consistencia: Objetivo general y específicos

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	OPERACIONALIZACION	FACTORES A MEDIR
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Indicadores
¿En qué medida reducirá la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² con sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara?	Evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² con sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara.	La sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales, disminuye la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² en los distritos de San Antonio y Phara.	INDEPENDIENTE Concreto con agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. DEPENDIENTE Resistencia a la compresión del concreto	Porcentaje de los agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% con respecto al agregado fino Resistencia a la compresión del concreto con agregados naturales $F'c=210$ kg/cm ²
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE
¿Cuál será la resistencia a la compresión de un concreto sustituido parcialmente con agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara, respecto a un concreto patrón $f'c=210$ kg/cm ² ?	Determinar la resistencia a la compresión de un concreto sustituido parcialmente con agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara, respecto a un concreto patrón $f'c=210$ kg/cm ² a los 28 días de su elaboración.	La resistencia a la compresión que alcanza el concreto con sustitución parcial de agregados naturales al 5%, 10% en los distritos de San Antonio y Phara, llega a una resistencia promedio para un concreto patrón $f'c=210$ kg/cm ² a los 28 días de su elaboración.	INDEPENDIENTE Concreto con agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara DEPENDIENTE Resistencia a la compresión del concreto.	Porcentaje de los agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% con respecto al agregado fino Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto $F'c=210$ kg/cm ²
¿Cuál es el porcentaje óptimo de sustitución del agregado fino por agregados naturales entre 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara, mediante su resistencia a la compresión?	Establecer el porcentaje óptimo por sustitución del agregado fino por agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara, mediante su resistencia a la compresión.	El porcentaje óptimo de agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara como sustituto parcial del agregado fino, mantiene su resistencia a la compresión con porcentajes menores al 10%.	INDEPENDIENTE Concreto con agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara DEPENDIENTE Resistencia a la compresión del concreto.	Porcentaje de los agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% con respecto al agregado fino Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto $F'c=210$ kg/cm ²

¿Cuáles deben ser las dosificaciones adecuadas de cada cantera para la elaboración de un concreto $f_c=210$ kg/cm ² , de acuerdo a la sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara?	Determinar las dosificaciones adecuadas de cada cantera para la elaboración de un concreto $f_c=210$ kg/cm ² , de acuerdo a la sustitución parcial del agregado fino por agregados naturales en los distritos de San Antonio y Phara.	Las dosificaciones para la elaboración de concreto, con agregados naturales al 5% y 10% en los distritos de San Antonio y Phara permiten alcanzar la resistencia del concreto patrón $f_c=210$ kg/cm ² .	INDEPENDIENTE Concreto con agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara DEPENDIENTE Resistencia a la compresión del concreto.	Porcentaje de los agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% con respecto al agregado fino. Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto	Porcentaje de los agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% con respecto al agregado fino $F_c=210$ kg/cm ²
¿Cuál será la resistencia de la prueba de Esclerometría en el Centro de Salud Cachipascana (Distrito San Antonio) y el Puente Carrozable Tiraca - Phara (Distrito Phara) del Departamento de Puno?	Determinar la resistencia de la prueba de Esclerometría en el Centro de Salud Cachipascana (Distrito San Antonio) y el Puente Carrozable Tiraca - Phara (Distrito Phara) del Departamento de Puno.	La resistencia de la prueba de Esclerometría en el Centro de Salud Cachipascana (Distrito San Antonio) y el Puente Carrozable Tiraca - Phara (Distrito Phara) del Departamento de Puno, es mayor a la resistencia $f_c=210$ kg/cm ² .	INDEPENDIENTE Infraestructuras construidas en los distritos de San Antonio y Phara DEPENDIENTE Resistencia a la compresión del concreto por esclerometría.	Numero de golpes en elementos de las estructuras construidas Método de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión por esclerometría	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Una de las tareas más importantes del proyectista es asegurar la resistencia y durabilidad de un concreto con resistencia requerida cualesquiera, de acuerdo al tipo de uso en infraestructura.

Martinez (2009), en su tesis de grado “Calidad de dos Bancos de Agregados para Concreto, en el Departamento de Chiquimula”, Universidad de San Carlos de Guatemala; indica que los agregados para concreto constituyen entre el 60 y 80 por ciento del volumen de la masa endurecida, contribuyendo a mejorar la resistencia del concreto, que en general, mientras más densamente pueda empaquetarse el agregado, mejor será la resistencia a la intemperie y la economía del concreto por lo que es necesario el estudio de las propiedades físicas, mecánicas, petrográficas y químicas de estos elementos, para dictaminar si es o no recomendable el empleo de dichos materiales. A las conclusiones que llegan, los agregados finos, presentan arenas gruesas en su composición, (según su módulo de finura), también puede observarse una mala distribución de partículas según las curvas granulométricas, lo cual se refleja en el porcentaje de vacíos y repercute en una excesiva cantidad de aire incorporado a la mezcla de concreto, lo cual reduce su resistencia nominal. Los resultados de los ensayos de laboratorio para los cilindros de concreto, de los diseños de mezcla de resistencia nominal de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, obtuvieron un porcentaje de 96% y 86%, respectivamente, de resistencia última a una edad de 28 días. Lo cual no alcanza el 100% estipulado por la norma, por lo que se requiere efectuar correcciones a la granulometría de los agregados finos, lo cual repercutirá en los diseños de mezcla, para alcanzar una mejor dosificación.



Guzmán, Zambrano & Zavala (2014), en su tesis “Análisis de Calidad Físico y Mecánico de los Agregados Pétreos para Concreto, de los Principales Bancos de Materiales de la Zona Oriental de El Salvador”, Universidad de El Salvador. Contempla el objetivo, estudiar las propiedades físicas y mecánicas de agregados pétreos de la zona oriental, a través de normas ASTM. Concluyendo que todos los ensayos realizados a los agregados de cada cantera indican que son aptos y/o recomendados para la elaboración de concreto, siempre y cuando sean utilizados en proporciones adecuadas y en las condiciones favorables según las características de cada obra; se pudo constatar que las canteras evaluadas poseen características similares en algunos aspectos y en otros difieren considerablemente (como es el caso de los resultados obtenidos en la prueba de abrasión mecánica donde El Ángel demostró una resistencia superior a los materiales gruesos de Pro-Block y La Hulera).

Campos (2017), en su tesis de grado “Determinación de las Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados Extraídos de las Canteras “Josecito” y “Manuel Olano” y su Influencia en la Calidad de Concreto $F'c= 250 \text{ kg/cm}^2$, en la Ciudad de Jaén”, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Contempla el objetivo, determinar las propiedades físico mecánicas de los agregados extraídos de las canteras “Josecito” y “Manuel Olano” y su influencia en la resistencia del concreto $f'c= 250$. Donde se concluye que los agregados de las dos canteras en estudio son aptos para el uso en la fabricación de concreto de buena calidad; siendo la Cantera de Josecito la que alcanzo ligeramente una mayor resistencia, con un 2.59% más que la Cantera Manuel Olano.

Olarte Buleje Zuly (2017), en su tesis “Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles.”, Universidad Tecnológica de los Andes - Apurímac. La presente tesis, “ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LOS



AGREGADOS DE LAS PRINCIPALES CANTERAS DE LA CIUDAD DE ANDAHUAYLAS Y SU INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EMPLEADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.”, se realizó estudiando tres canteras o minas que son explotadas en la ciudad de Andahuaylas, para producir concreto, las mismas que son: Cantera ALTAMIRANO, cantera SANTA LUCIA y la cantera ESPINOZA, las mismas que abastecen de material pétreo para la construcción de obras civiles en la ciudad de Andahuaylas y sus alrededores. La investigación consistió en acudir a las minas antes nombradas y obtener material pétreo con el consentimiento de los propietarios de las mismas, estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Materiales de CONSTRUCTORES Y CONSULTORES GENERALES “JFA” Andahuaylas. En donde pasaron por diversos ensayos con la finalidad de obtener sus propiedades mecánicas. Una vez obtenidas las propiedades mecánicas de las muestras en estudio se procedió a realizar el cálculo de la dosificación para el concreto de diferentes resistencias a compresión y asentamientos, mediante el método A.C.I. (American Concrete Institute), con la norma A.C.I. 211.1, basada en la norma ASTM C33, donde se explica el procedimiento para optimizar la granulometría en las mezclas de concreto; con estas dosificaciones se elaboraron probetas de concreto de diferentes resistencias a compresión y todos para un asentamiento de 6 a 9 cm que es el tipo de concreto más común empleado en obras civiles. Finalmente, estos cilindros fueron ensayados a compresión para obtener su respectiva resistencia y comprobar si cumplían con lo establecido por la dosificación aplicada.

Caceres Pachari Isaac Milton y Larico Tito Jose Luis (2017), en su tesis “Evaluación de mezclas de concreto $f_c=175, 210$ y 245 kg/cm^2 con relave minero del Distrito de Ananea - Putina - Puno, 2017”, Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Esta investigación es un estudio experimental de la resistencia a la compresión del



concreto adicionado con relave minero, uno de los principales que tiene la industria es la adecuada disposición y almacenaje de los subproductos del procesamiento de los minerales, los relaves mineros no son tan utilizados y se desconocen sus posibles aplicaciones, el propósito principal es evaluar la resistencia a la compresión, propiedades del relave minero y su impacto ambiental y por último el análisis económico con el uso del relave. La metodología para el uso del relave como adición puzolánico consistió en preparar mezclas de concreto $f'c=175, 210$ y 245 kg/cm^2 con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento Portland Puzolánico IP por relave (se han adicionado reemplazos de orden 3%, 6% y 9%). La resistencia más alta obtenida a la compresión en 28 días es 182 kg/cm^2 para $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y 218 kg/cm^2 para 210 kg/cm^2 , se propone usar concretos con relave minero incorporado de 3% y 6% para $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ se asemeja a la resistencia, para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ al adicionar 3% de relave minero es el que más se asemeja al diseño y para $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ no llegan a la resistencia. Se utilizaron testigos de concreto de 4" de diámetro con 8" de altura y de 6" de diámetro con 12" de altura un total de 144 testigos; las propiedades de los testigos de concreto fueron observadas a las edades de 7, 14 y 28 días; con un curado a una temperatura promedio de 13°C (temperatura del agua y del medio normal en nuestra zona).

Panca Cruz, William Milton (2018), en su tesis "Estudio comparativo del diseño, costo, producción y calidad del concreto dosificado In Situ vs. premezclado, para zonas accesibles de las ciudades de Puno y Juliaca", Universidad Nacional del Altiplano - Puno. El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad, efectuar el estudio comparativo del diseño, costo, producción y calidad del concreto dosificado "In Situ" en comparación con el uso del servicio de concreto premezclado fabricado en una planta dosificadora. Para determinar el estudio comparativo, se han realizado análisis comparativos del diseño de mezcla usado para la fabricación de concreto en ambos casos, se realizó un estudio de



costos para la fabricación de concreto realizado en pie de obra, el cual fue comparado con el dosificado en planta. Se realizó una comparación de cada uno de los procesos para la fabricación de concreto en cada uno de los casos y finalmente compararse la calidad del concreto realizado en ambos casos. Los resultados muestran que es mucho mejor construir usando las nuevas tecnologías en construcción, como es el caso del concreto premezclado, el cual tiene un costo mayor (S/ 325.00 soles) en comparación del dosificado en pie de obra (S/ 252.87 soles) habiendo una diferencia de S/ 72.13 soles por metro cubico, equivalente a un 22.19% del costo de concreto premezclado, el uso del concreto premezclado garantiza el uso correcto del diseño de mezcla para fabricación de concreto, el proceso productivo de fabricación de concreto de manera industrial, hace que el producto final sea de calidad, garantizando un producto conforme a las exigencias de obra requeridas, cumpliendo las normativas vigentes en el ámbito de estudio. La calidad del concreto premezclado es mucho mejor en comparación con el realizado en pie de obra, los resultados reflejan que en los ensayos a compresión del concreto muestreado en pie de obra en la ciudad de Puno, solo alcanzan en promedio a $f'c=150.12$, el cual representa el 71.49% de la resistencia en comparación que es el $f'c=210$. Y en los ensayos a compresión del concreto muestreado en pie de obra en la ciudad de Juliaca, solo alcanzan en promedio a $f'c=147.95$, el cual representa el 70.45% de la resistencia en comparación que es el $f'c=210$ kg/cm².

Percy Arapa y Washington Mamani (2018), en su tesis “Evaluación de la Calidad de los Agregados de Cuatro Canteras Aledañas a la Ciudad de Juliaca y su Influencia en la resistencia del Concreto Empleado en la Construcción de Obras Civiles”, Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Contempla el objetivo, evaluar la calidad de los agregados de cuatro canteras aledañas a la ciudad de Juliaca y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles. Concluyendo que todos los



ensayos realizados a los agregados de las canteras Yocara, Isla, Unocolla y Piedra Azul, indican que son aptos y/o recomendados para la elaboración de concreto, siempre y cuando sean utilizados en proporciones adecuadas y en las condiciones favorables según las características de cada obra. Existen diferentes factores relacionados entre sí que determinan la calidad del concreto obtenido a través del desarrollo y proporcionamiento de la mezcla de concreto, así como el funcionamiento y servicialidad de este. Con las pruebas desarrolladas a lo largo de la presente investigación y los resultados obtenidos con cada una de las características que fueron evaluadas poseen características similares en algunos aspectos.

Erazo Gonzales Nilo Elio (2018), en su tesis “Evaluación del diseño de concreto $f'c=175$ kg/cm² utilizando agregados naturales y reciclados para su aplicación en elementos no estructurales”, Universidad Nacional Federico Villareal – Lima. La presente tesis tiene como objetivo principal evaluar el diseño de mezcla de un concreto $f'c = 175$ kg/cm² elaborado con agregados reciclados y agregados naturales y poder aplicarlo en elementos no estructurales. Los agregados reciclados se obtuvieron de la trituración de residuos sólidos de demolición de concreto ubicados en el distrito de El Agustino. Estos residuos se colocaron en la chancadora y se tamizaron en una malla pasante de 1”. El material obtenido fue llevado al laboratorio para poder calcular sus propiedades físicas. Se realizó la combinación de 65% de agregado fino natural + 35% de agregado fino reciclado, y se obtuvo un “Agregado fino combinado” con una granulometría dentro de lo estipulado por la NTP. El agregado grueso es 100% reciclado. Calculadas las propiedades físicas de los agregados, se realizó el diseño de mezcla del concreto a una resistencia de $f'c = 175$ kg/cm², usando el método del ACI. La proporción obtenida fue: 1:2.3:2.7/ 30.4lt/bolsa, con una relación $a/c = 0.71$. Se realizó la mezcla del concreto, y se calcularon sus propiedades físicas en estado fresco. El slump obtenido fue de 3”, con



una temperatura de 29.6 °C, peso unitario igual a 2199.86 kg/m³ y un contenido de aire de 3%. Se realizó el muestreo del concreto en probetas cilíndricas de 15x30cm. Posteriormente, a las probetas obtenidas se le realizó el ensayo a la compresión y se obtuvieron como resultado resistencias en un 39% más de la resistencia de diseño de 175 kg/cm². 4 Calculamos el costo total de los materiales por 1m³ de concreto reciclado y obtuvimos un valor de S/. 194.81. Comparándolo con el costo total de materiales en 1m³ de concreto convencional equivalente a S/. 211.08, se puede ver que el uso de concreto reciclado es más económico en S/. 16.27. Evaluando las propiedades físicas del concreto reciclado y su costo total, se puede llegar a la conclusión que el empleo de agregados reciclados es rentable, además de obtenerse una resistencia a la compresión mayor al 100%, lo que nos garantiza su uso en elementos no estructurales como sardineles, topellantas, veredas, etc.

Vélez Gallardo, Gustavo Antonio (2019), en su tesis “Determinación de la resistencia a la compresión del concreto mediante el método de esclerometría”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Lima. Debido al crecimiento continuo que se tiene cada año del consumo del concreto como primer material de construcción, resulta de gran ayuda contar con distintos métodos no destructivos que nos permitan conocer, de una manera rápida y sencilla, la resistencia del concreto. Uno de los métodos no destructivos es el índice esclerométrico, que consiste en determinar nivel de compacidad de las partículas del concreto. Durante años se han hecho distintos estudios para correlacionar el índice esclerométrico y la resistencia del concreto, hallando altos niveles de relación; sin embargo, dichos estudios no toman en cuenta la edad del concreto ni el tipo de piedra que se utiliza en la mezcla, siendo parámetros que no resultan ajenos al ensayo de esclerometría. Por ello, la siguiente investigación propone el ensayo de dureza superficial (esclerometría) como un método confiable para la determinación de la



resistencia del concreto analizando distintas muestras de acuerdo a su edad y tamaño máximo nominal. Estos factores serán analizados y serán almacenados en una base de datos en la que serán separados según su característica, generando distintos gráficos de regresión lineal para así aumentar el índice de confianza de correlación de Pearson.

Quispe Fuentes, Daniel Christian (2019), en su tesis “El presente trabajo de investigación titulado “Evaluación de la resistencia compresión del concreto en edificaciones comunes de la ciudad de Puno 2018”, Universidad Nacional del Altiplano – Puno. La cual comprende un análisis completo del estado del concreto en cuento a su resistencia a compresión se refiere, este estudio se realizó con el objetivo de conocer el estado actual del concreto en edificaciones comunes de la ciudad de Puno como lo son las viviendas, haciendo uso de una metodología no destructiva como lo es la del índice de rebote, realizado con el denominado esclerómetro o martillo Smith, ensayo de fácil muestreo y precisión considerable aceptable. Para lo cual se recurrió conocimiento previos expresados tanto en normas como las ASTM C805 y UNE-EN-12504-2, las que norman el uso del esclerómetro, como también en investigaciones anteriores, investigaciones enfocadas principalmente en datos estadísticos de la denominada “autoconstrucción” y de aspectos relevantes que afectan los ensayos de índice de rebote, para una posterior recolección de datos que constituyen la espina dorsal de la presente investigación haciendo uso de una metodología de muestreo y análisis de datos, es así que se generan resultados confiables; es en ese esfuerzo que el muestreo se realizó abarcando la totalidad de la ciudad de Puno exceptuando sectores poblados cercanos como son Salcedo, Jayllihuaya, Alto Puno, Collacachi, Ichu y Uros - Chulluni, tomándose una gran cantidad de muestras que garanticen la confiabilidad de los datos y resultado que se muestran, finalmente con estos valores se procedió a su análisis e interpretación a fin de conocer aspectos concernientes a nuestro punto de estudio, datos estadísticos como son



la media aritmética, mediana, moda, desviación estándar y otros de relevancia con el fin de dar a conocer el estado actual del concreto en la ciudad Puneña. Los resultados muestran que el concreto presenta dispersión alta desde concreto de resistencia inferior a 28.34 kg/cm² hasta concretos de 368.78 kg/cm² y una resistencia promedio de 151.89 kg/cm² que representa el 72.33% de la resistencia esperada para este tipo de elementos estructurales como son las columnas.”

Apaza Illanes Karla Wendy e Ysarbe Rojas Joselyn Marlene (2019) en su tesis, “Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y características físicas del concreto patrón y concreto reciclado, evaluando su comportamiento en estado fresco y endurecido”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). En el presente trabajo, se discutirá acerca del análisis comparativo de las propiedades mecánicas y características físicas del concreto patrón y concreto reciclado, evaluando su comportamiento en estado fresco y endurecido. La hipótesis que se pretende demostrar es que los principales beneficios de la utilización de agregados reciclados provenientes en la fabricación del concreto son: beneficios económicos: ya que con la reutilización de desechos sólidos se reduce el uso de agregados naturales, lo que conlleva a una disminución en los costos de producción y beneficios estructurales: ya que se logra un desempeño similar o mejor del concreto.

2.2 EL CONCRETO

Siendo el concreto objeto de estudio de la presente tesis, es necesario conceptualizarlo, así como también los factores que afectan su desarrollo y las propiedades del mismo.

“La pasta, compuesta de cemento portland y agua unen los agregados, creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua” (PCA, 2004, p.1).



El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

$$\text{CONCRETO} = \text{CEMENTO PORTLAND} + \text{AGREGADOS} + \text{AIRE} + \text{AGUA}$$

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran algunas propiedades del concreto. (Abanto Castillo, 2009)

2.3 MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO

Ligantes

- Cemento
- Agua

Agregados

- Agregado fino: arena
- Agregado grueso: grava, piedra chancada

2.4 CEMENTO

El cemento cumplirá con los requisitos exigidos por la norma NTP 334.009.

2.4.1 Cemento Portland

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

2.4.2 Compuestos Químicos Forman al Cemento Portland

Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química, No obstante, hay cuatro compuestos que constituyen más del 90% del peso del cemento y son:

Tabla 4: Principales componentes del cemento portland

Nombre del Componente	Composición oxida	Abreviatura
Silicato Tricalcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato Bicalcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato Tricalcico	$3\text{CaO} \cdot \text{AlO}_3$	C_3A
Aluminoferrato	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	SO_3

Fuente: Abanto Castillo, 1997

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación. (Abanto Castillo, 1997)

2.4.3 Hidratación del Cemento

La reacción mediante la cual el cemento portland se transforma en un agente de enlace, se genera por los procesos químicos responsables de la formación de compuestos durante la hidratación, los cuales originan propiedades mecánicas útiles en las aplicaciones estructurales. Los fenómenos que ocurren durante la hidratación del cemento son sumamente complejos; sin embargo, existen algunos aspectos generales que permiten formarse una idea global de los procesos. El estudio de las reacciones de hidratación del cemento suele hacerse sobre la pasta de cemento, la cual consiste en sólidos, agua y poros (Sánchez de Guzmán, 2001).



2.4.4 Clasificación del Cemento Portland

Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Portland ASTM C 150. (Abanto Castillo,1997)

TIPO I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.

TIPO II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y a obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.

TIPO III: Es el cemento de alta resistencia inicial, el concreto hecho con este tipo de cemento desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cementos tipo I o tipo II.

TIPO IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación

TIPO V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas a aguas de mar.

En el Perú se utilizan los cementos tipo I, II y V. La Norma ASTM C 150 o NTP 339.009 incluye especificaciones para un cemento con incorporado de aire, el cual no se producen ni se utiliza en el Perú. (Rivva Lopez, 2014)

Los cementos adicionados usan una combinación de cemento portland o Clinker y yeso mezclados o molidos juntamente con puzolanas, escorias o ceniza volante. La ASTM C 595 establece cinco clases principales de cementos adicionados: (PCA, 2004)

Tipo IS Cemento portland alto horno



Tipo IP y Tipo P Cemento portland puzolánico.

Los cementos portland puzolánicos se designan como tipo IP o tipo P, el tipo IP se lo puede usar para la construcción en general y el tipo P se usa en construcciones que no requieran altas resistencias iniciales.

Se fabrican estos cementos a través de la molienda conjunta del Clinker de cemento portland con una puzolana adecuada, o por el mezclado de cemento portland o cemento de alto horno con puzolana, o por la combinación de la molienda y del mezclado. El contenido de puzolana de estos cementos esta entre 15% y 40% de la masa del cemento. Los ensayos (pruebas) de laboratorio indican que el desempeño de los concretos preparados con el cemento tipo IP es similar al concreto del cemento tipo 1.

Se puede especificar el tipo IP con aire incluido, moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación a través de la adición de los sufijos A, MS o MH. Se puede especificar el tipo P con bajo calor de hidratación (LH), moderada resistencia a los sulfatos (MS) o aire incorporado (A) (PCA, 2004).

Tipo I (PM) Cemento portland modificado con puzolana

Tipo S Cemento de escoria o siderúrgico

Tipo I (SM) Cemento portland modificado con escoria.

2.4.5 Ensayos del Cemento

Peso Específico (ASTM C 188-95, AASTHO T - 133)

El peso específico relativo es la relación entre el peso de un volumen dado de material a cierta temperatura, al peso de un volumen igual de agua a esa misma temperatura. En este caso, la temperatura a la cual se haga la prueba no ocasiona



mucha diferencia en los resultados; pero es importante que la temperatura del frasco, del líquido y del cemento se mantenga constante durante toda la práctica. La principal utilidad que tiene el peso específico del cemento está relacionada con el diseño y control de mezclas de concreto, la misma que se determina con la siguiente ecuación:

$$C d. = \frac{M}{(V_f - V_i)}$$

$$C p. e. r = \frac{C d.}{(H_2O)}$$

Donde:

M : Masa de la muestra del cemento.

V_f : Volumen final del líquido (después de introducir los 64 g de cemento), (cm³).

V_i : Volumen inicial del líquido introducido al frasco Le Chatelier, (cm³).

$C d.$: Densidad del cemento, (g/cm³).

$C p. e. r$: Peso específico relativo del cemento, (g/cm³).

2.5 EL AGUA

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. Además, precisa que, el agua a emplearse en la preparación de concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. (Abanto Castillo, 1997)



El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088, y ser de preferencia potable.

Tabla 5: Requisitos para el agua de mezcla.

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	150 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: La NTP 339.088 y ASTM C 109M

La NTP 339.088 distingue cuatro tipos de agua utilizable para el concreto:

Agua combinada, la cual es el resultado de la mezcla de dos o más fuentes combinadas a la vez, antes o durante su introducción en la mezcla.

Agua no potable, la cual proviene de fuentes de agua que no son aptos para el consumo humano, o si ésta contiene cantidades de sustancias que la decoloran o hacen que huelga o tenga un sabor objetante.

Aguas de las operaciones de producción del concreto, que ha sido recuperada de procesos de producción de concreto de cemento Portland; agua de lluvia colectada en un recipiente en una planta de producción de concreto; o agua que contiene cantidades de los ingredientes del concreto.

Agua potable, que es apta para el consumo humano.

2.6 AGREGADOS

Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan



alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total (60% al 75%), luego la calidad de estos tiene una importancia primordial en el producto final.

La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importante como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductividad, durabilidad, etc.

Están constituidos usualmente por partículas minerales de areniscas, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto.

La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente así como una trabajabilidad adecuada. Está científicamente demostrado que debe haber un ensamble casi total en las partículas, de manera que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto este unido por la pasta de cemento. (Pasquel Carbajal, 1998)

2.6.1 AGREGADOS NATURALES

En la presente tesis se da como Agregado Natural (A.N.) a los componentes que se encuentran en el agregado fino como material perjudicial debido a la cantidad de material orgánico e inorgánico.

Estos materiales deben tener un mínimo de porcentaje con respecto al agregado para no reducir la resistencia y de esta manera poder ser utilizado teniendo en cuenta los márgenes que establece los textos los cuales indican un 1.5% máximo de presencia de material orgánico y un 5% con respecto al material inorgánico.

2.7 CLASIFICACION DE LOS AGREGADOS

- ◆ Por su Composición Granulométrica.

Los requisitos de granulometría de los agregados serán los establecidos en las normas técnicas peruanas correspondientes.

La composición granulométrica se determinará empleando los tamices especificados en la siguiente tabla.

Tabla 6: Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico.

Agregado	Tamices Normalizados
Fino	150 μm (N° 100)
	300 μm (N° 50)
	600 μm (N° 30)
	1.18 mm (N° 16)
	2.36 mm (N° 8)
	4.75 mm (N° 4)
Grueso	9.50 mm (3/8)
	12.5 mm (1/2)
	19.0 mm (3/4)
	25.0 mm (1)
	37.5 mm (1 1/2)
	50.0 mm (2)
	63.0 mm (2 1/2)
	75.0 mm (3)
	90.0 mm (3 1/2)
	100.0 mm (4)

Fuente: La NTP 400.011

- ◆ Por su Densidad.

Por su densidad los agregados para uso de hormigones (concretos) se clasifican en livianos y pesados.

Los requisitos que deben cumplir los agregados livianos y pesados se establecen en la siguiente tabla.

Tabla 7: Clasificación de los agregados por su Densidad

Agregados	Clasificación
	<p>Uso en hormigón (concreto) aislante térmico. Grupo I : Agregados resultantes de productos expandidos, tales como perlitas o vermiculitas. Grupo II: Agregados resultantes de productos expandidos, calcinados o sinterizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas, diatomitas, esquistos o pizarras y agregados preparados del procesamiento de materiales naturales, tales como punitas, escorias o tufos.</p>
Agregado Liviano	<p>Uso en hormigón (concreto) estructural. Tipo I: Agregados resultantes de productos expandidos, paletizados o sinterizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas diatomitas, esquistos o pizarras. Tipo II: Agregados resultantes del procedimiento de materiales naturales, tales como punitas, escorias o tufos.</p>
	<p>Uso en unidades de albañilería. Tipo I: Agregados resultantes de productos expandidos, paletizados o sinterizados, tales como escoria de altos hornos, arcillas diatomitas, esquistos o pizarras. Tipo II: Agregados resultantes del procedimiento de materiales naturales, tales como punitas, escorias o tufos. Tipo III: Agregados resultantes de la combustión final de productos de carbón o coque.</p>
Agregado Pesado (hormigones para protección reactiva)	<ol style="list-style-type: none">1. Agregados minerales naturales de alta densidad o alto contenido de agua: barita, magnetita, hematina, ilmanita y serpentina.2. Agregados sintéticos: acero, hierro, ferrosforosos, fritas de boro y otros compuestos de boro.3. Agregados finos consistentes de arena natural o manufacturada incluyendo minerales de alta densidad. El agregado grueso puede consistir de mineral triturado, piedra chancada, productos sintéticos y combinaciones o mezclas de estos.

Fuente: La NTP 400.011

◆ Por su Constitución Mineralógica

Minerales de silice (Cuarzo, Opalo, Calcedonia, Cristobalita)

Feldespatos (Ferromagnesianos, Micasios, Arcillosos, Zeolitas)

Carbonatos (Calcita, Dolomita)

Sulfatos (Yeso, Yeso y anhidrita)

Minerales de sulfuro de hierro (Pirita, Marcasita, Pirrotita)

Oxido de fierro (Magnetita, Hematita)

Rocas Igneas, Rocas Sedimentarias, Rocas Metamórficas

◆ Por la Forma.

Clasificación, con ejemplos de la forma de las partículas de los agregados.

Tabla 8: Clasificación de los agregados por la Forma

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeado	Completamente desgastada por agua o fricción	Grava de río o playa: arena del desierto, playa.
Irregular	Naturalmente irregular o parcialmente moldeado por fricción y con bordes pulidos	Otras gravas: pedernal de tierra o excavado.
Laminar	Material cuyo espesor es pequeño en relación con las otras dos dimensiones	Roca laminada
Angular	Posee bordes bien definidos formados en la intersección de caras planas	Rocas trituradas de todos tipos, escoria triturado.
Alargada	Material angular en el que la longitud es considerablemente mayor que las otras dos dimensiones	-

Fuente: La NTP 400.011

◆ Por la Textura.

Clasificación, con ejemplos de la textura superficial de los agregados.

Tabla 9: Clasificación de los agregados por la Textura

Grupo	Textura de la Superficie	Características	Ejemplos
1	Vidrioso	Fractura conoidal	Pedernal negro, escoria vitrea
2	Lisa	Desgaste por agua o debido a fractura de laminada o roca de grano fino	Gravas, esquisto, pizarra, marmol
3	Granulosa	Fracturas que muestran granos uniformes más o menos pulidas	Arenisca, oolita
4	Rugosa	Fractura rugosa de roca granular fina a media que tiene constituyentes cristalinos que no se pueden ver fácilmente	Basalto, felsita, porfido, caliza
5	Cristalina	Contiene constituyentes cristalinos fácilmente visibles	Granito, gabro, gneis
6	Panal de abeja	Con cavidades y poros visibles	Ladrillo, pomez, escoria espumosa

Fuente: La NTP 400.011



2.7.1 Agregado Fino

Definición:

El agregado fino consistirá en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndosele como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.37 o ASTM C 33.

Requisitos:

El agregado fino estará compuesto de partículas limpias, de un perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente; libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

2.7.1.1 Propiedades Físicas

a) Análisis Granulométrico

Normas NTP 400.037, ASTM C-33

Definición:

El análisis granulométrico es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños, el cual consiste en tamizar las partículas por una serie de mallas de aberturas estandarizadas y pesar los materiales refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total. Con este ensayo se busca averiguar la distribución del agregado fino con relación a los diferentes diámetros de sus partículas. Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100, están basadas de acuerdo con sus perforaciones cuadradas; la granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua. El agregado no deberá retener más del 45% en dos

tamices consecutivos cualesquiera. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de una mezcla a otra. Las arenas muy finas son con frecuencia costosas y las arenas muy gruesas pueden producir mezclas muy ásperas y poco manejables. La granulometría más conveniente para el agregado fino depende del tipo de trabajo, riqueza de la mezcla y tamaño máximo del agregado grueso. Se recomiendan para el agregado fino los siguientes límites:

Tabla 10: Requisitos granulométricos para el agregado fino

Malla	Porcentaje que pasa
3/8" (9,50 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 mm)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (600 micrones)	25 a 60
N° 50 (300 micrones)	10 a 30
N° 100 (150 micrones)	2 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

b) Módulo de Finura

Normas NTP 400.012, ASTM C -136

Definición:

Es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material.

Determinación del Módulo de Finura del Agregado Fino:

Se determina en base al análisis granulométrico del agregado fino. Su valor se obtiene mediante la suma de porcentajes acumulados de los agregados retenidos en los tamices estándar dividiendo por 100 tal como se indica:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$



El uso del módulo de finura se ha restringido al agregado fino y según este módulo las arenas se clasifican en :

Arenas finas: Módulo de finura entre 0.5 – 1.5

Arenas medias: Módulo de finura entre 1.5 – 2.5

Arenas gruesas: Módulo de finura entre 2.5 - 3.5

El agregado fino su módulo de finura no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1. el módulo de finura se mantendrá dentro de más o menos de 0.2 del del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto.

c) **Peso Específico**

Normas NTP 400.022, ASTM C -127

Definición:

El peso específico viene dado por la relación del peso seco de las partículas del agregado, al peso de un volumen igual de agua, se expresa en (gr/cm³).

Es un buen indicador de calidad de los agregados y se usa como medida de control y diseño en las mezclas de concreto.

- 1. Peso específico de los sólidos:** Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material).

$$P. e. s = \frac{W_o}{(V - V_a)}$$

Donde:

P. e. s : Peso específico de sólidos.



W_o : Peso en el aire de la muestra secada en el horno, en gramos.

V : Volumen del frasco cm^3

V_a : Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida en el picnómetro.

- 2. Peso específico de sólidos saturado con superficie seca:** Es la relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.

$$P. e. SSS = \frac{W_{sss}}{(V - V_a)}$$

Donde:

V : Volumen del frasco cm^3

V_a : Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida en el picnómetro.

W_{sss} : Peso de la muestra saturada con superficie seca

- 3. Peso específico aparente:** Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo.

$$P. e. a = \frac{W_o}{(V - V_a) - (W_{sss} - W_o)}$$

Donde:

W_o : Peso en el aire de la muestra secada en el horno, en gramos.

V : Volumen del frasco cm^3

V_a : Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida en el picnómetro.

W_{sss} : Peso de la muestra saturada con superficie seca

Sánchez de Guzmán(2001), menciona que en el campo de la Tecnología del Concreto, la densidad que interesa es la densidad aparente, debido a que lógicamente con ella es que se determina la cantidad (en peso) de agregado



requerida para un volumen unitario de concreto, porque los poros interiores de las partículas de agregados van ocupar un volumen dentro de la masa de concreto y porque el agua que se aloja dentro de los poros saturables no hace parte del agua de mezclado; entendiéndose por agua de mezclado tanto al agua de hidratación del cemento como el agua libre que en combinación con el cemento produce la pasta lubricante de los agregados cuando la mezcla se encuentra en estado plástico. La densidad aparente del agregado depende de la constitución mineralógica de la roca madre y por lo tanto de su densidad, así como también de la cantidad de huecos o poros que contenga. Por lo general, el valor de esta densidad en los agregados pétreos oscila entre 2.30 g/cm³ y 2.8 g/cm³ según la roca de origen.

d) Porcentaje de Absorción

Normas NTP 400.022- ASTM C-128

Definición:

El porcentaje de absorción de un agregado es la cantidad de agua que tienen los poros libres (abiertos) de los agregados y esto se obtiene saturando el material.

La absorción total ocurre cuando el agregado alcanza el estado de saturado superficialmente seco.

$$\%Abs = \frac{W_{sss} - W_o}{W_o} \times 100$$

W_o : Peso en el aire de la muestra secada en el horno, en gramos.

W_{sss} : Peso de la muestra saturada con superficie seca.



e) Contenido de Humedad

Normas NTP 400.016- ASTM C- 566

Definición:

El contenido de humedad viene dado por la cantidad de agua que posee el agregado en estado natural, se expresa en porcentaje (%).

El contenido de humedad es de importancia por cuanto influye en la relación a/c en el diseño de mezclas y esta a su vez determina la trabajabilidad y compactación de la mezcla.

Determinación del Contenido de Humedad del Agregado Fino.

$$\% C, H \text{ del Agregado Fino.} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

f) Peso Unitario Suelto y Compactado (NTP 400.017 Y ASTM C 29)

Normas NTP 400.017, ASTM C-29

Definición:

Se denomina también peso volumétrico del agregado, y no es más que el peso que alcanza un determinado volumen unitario de material generalmente expresado en kilos por metro cúbico. Este valor es requerido para clasificar el agregado en liviano, normal y pesado, al igual que calcular el contenido de vacíos y para convertir cantidades en volumen y viceversa. Existen dos tipos de pesos unitarios:

Liviano, normal y pesado, al igual que calcular el contenido de vacíos y para convertir cantidades en volumen y viceversa. Existen dos tipos de pesos unitarios:



- 1. Peso unitario suelto: (P.U.S.):** El agregado es llenado en el recipiente en una sola capa y sin ninguna presión.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

- 2. Peso Unitario Compactado: (P.U.C.):** El agregado es llenado en tres capas y cada una de ellas es compactada con 25 golpes por una varilla estandarizada.

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

g) Método de ensayo normalizado para determinar las impurezas orgánicas (NTP 400.024)

Normas NTP 400.024

Definición:

Esta Norma Técnica Peruana se aplica al concreto para la determinación de impurezas orgánicas en agregados finos.

Este método de ensayo es usado para tomar una determinación preliminar de la aceptación de los agregados finos con respecto a los requisitos de la NTP 400.011 que la relaciona a las impurezas orgánicas.

El principal valor de este método de ensayo es proporcionar una advertencia sobre la cantidad de impurezas orgánicas no deseadas que pueden estar presentes. Cuando una muestra que está sometida a esta prueba produce un color mayor que al estándar es aconsejable desarrollar la prueba del efecto de las



impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero de conformidad con el método de ensayo NTP 400.013.

- Botellas de vidrio: Botellas de vidrio graduadas, incoloras de aproximadamente 240 ml a 470 ml de capacidad nominal, equipadas con tapones impermeables, no solubles en los reactivos especificados. En ningún caso el espesor máximo del lado externo de las botellas, medido siguiendo la línea de visión utilizada para la comparación del color será mayor de 63,5 mm o menor de 38,1 mm. Las graduaciones en las botellas serán en mililitros u onzas, excepto que las botellas no marcadas serán calibradas y marcadas con graduaciones por el usuario. En cuyo caso, las marcas de graduaciones serán requeridas en sólo 3 puntos como sigue
- Nivel de la solución de color estándar: 75 ml
- Nivel del agregado fino: 130 ml
- Nivel de solución NaOH: 200 ml

h) Extracción y preparación de las muestras (NTP 400.010)

Normas NTP 400.010

Definición:

El muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto, el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

Las muestras para los ensayos de investigación preliminar serán obtenidas por la parte responsable del desarrollo de la fuente potencial. Las muestras de materiales para el control de la producción en la cantera o el control en la obra,



serán obtenidas por el productor, contratistas u otras partes responsables para verificar el trabajo.

Las muestras utilizadas para aceptación o rechazo serán tomadas por el comprador o su representante autorizado.

2.7.2 Agregado Grueso

Definición:

Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 o ASTM C33.

El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (Abanto Castillo, 1997).

- **Gravas**

Comúnmente llamados “canto rodado”, es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la desintegración natural de las rocas, por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en formas más o menos redondeadas.

Las gravas pesan de 1600 a 1700 kg/m³.

- **Piedra partida o chancada**

Se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente.



Su función principal es dar volumen y apoyar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda.

El peso de la piedra chancada se estima en 1450 a 1500 kg/m³.

2.7.2.1 Propiedades Físicas

a) Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

Normas NTP 400.037, ASTM C -33

Definición:

El mismo concepto que el agregado fino, con el empleo de tamices estándar correspondientes.

- Tamaño máximo

La Norma NTP 400.037 define al Tamaño Máximo: Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

- Tamaño máximo nominal

La Norma NTP 400.037 define al Tamaño Máximo Nominal: Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Según la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, el Tamaño Máximo Nominal de agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso.



- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o “cangrejas”.

- **Limites granulométricos**

Los límites granulométricos (Husos) que recomienda la NTP 400.037 para el agregado grueso se detallan de acuerdo a la tabla 5., en donde se observa 15 límites granulométricos.

b) Módulo de Fineza

Normas NTP 400.012, ASTM C-136

Definición:

El mismo concepto del agregado fino.

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el de la arena, para su cálculo se usa el mismo criterio que para la arena, o sea se suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3”, 1 1/2”, 3/4”, 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100. (Abanto Castillo, 1997)

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

c) Contenido de Humedad

Normas NTP 339.185, ASTM C-566

Definición:

El mismo concepto del agregado fino.



Determinación del Contenido de Humedad del Agregado Grueso.

Lo mismo que en el agregado fino.

$$\% C, H. del A. Grueso = \frac{(Peso Húmedo - Peso Seco)}{Peso Seco} * 100$$

Tabla 11: Límites granulométricos para el agregado grueso – Norma ASTM

Huso	Tamaño Máximo Nominal	Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso															
		Porcentaje que pasa por los Tamices Normalizados															
		100mm 4 pulg	90mm 3 ½ pulg	75mm 3 pulg	63mm 2 ½ pulg	50mm 2 pulg	37,5mm 1 ½ pulg	25mm 1 pulg	19mm ¾ pulg	12,5mm ½ pulg	9,5mm 3/8 pulg	4,75mm Nº 4	2,36mm Nº 8	1,18mm Nº 16	4,75µm Nº 50		
1	90mm a 37,5mm (3½ Pulg a 1½ Pulg)	100	90 a 100	0	25 a 60	0	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0	0	0
2	63mm a 37,5mm (2½ Pulg a 1½ Pulg)	0	0	100	9 a 100	35 a 70	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0	0	0
3	50mm a 25mm (2 Pulg a 1 Pulg)	0	0	0	100	90 a 100	35 a 70	0	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
357	50mm a 4,75mm (2 Pulg a Nº4)	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0	0 a 5	0	0	0	0	0
4	37,5mm a 19mm (1½ Pulg a ¾Pulg)	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0	0 a 5	0	0	0	0	0	0
467	37,5mm a 4,75mm (1½ Pulg a Nº4)	0	0	0	0	100	95 a 100	0	35 a 70	0	10 a 30	0 a 5	0	0	0	0	0
5	25mm a 12,5mm (1 Pulg a ½ Pulg)	0	0	0	0	0	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	0	0	0	0	0	0
56	25mm a 9,5mm (1 Pulg a 3/8 Pulg)	0	0	0	0	0	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	0	0	0	0	0
57	25mm a 4,75mm	0	0	0	0	0	100	95 a 100	0	25 a 60	0	0 a 10	0 a 5	0	0	0	0



(1 Pulg a N°4)										
19mm a 9.5mm										
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3/4Pulg a 3/8 Pulg)										
19mm a 4.75mm										
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3/4Pulg a N°4)										
12.5mm a 4.75mm										
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(1/2 Pulg a N°4)										
9.5mm a 2.36mm										
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3/8 Pulg a N°8)										
9.5mm a 1.18mm										
89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(3/8 Pulg a N°16)										
4.75mm a 1.18mm										
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(N°4 a N°16)										

Fuente: Norma ASTM C33:2011



d) Peso Específico

Normas NTP 400.022, ASTM C-128

Definición:

El peso específico está dado por la relación del peso de las partículas del agregado grueso, al peso de un volumen igual de agua.

El peso específico es un indicador de calidad, cuando se tiene valores altos estamos frente a materiales de buena calidad; pero cuando el valor es bajo nos indica que los agregados son absorbentes y de mal comportamiento, ameritando realizar pruebas adicionales a fin de determinar el uso de dichos materiales.

Agregados normales con peso específico entre 2.5 a 2.7, tienen resistencias en compresión del orden de 750 a 1,200 kg/cm². Los agregados ligeros con peso específico entre 1.6 a 2.5 usualmente manifiestan resistencias de 200 a 750 kg/cm². La resistencia del agregado condiciona en gran medida la resistencia del concreto, por lo que es fundamental el evaluarla directa o indirectamente cuando se desea optimizar la calidad de los concretos. (Pasquel Carbajal, 1998)

La norma ASTM C 128 considera tres tipos de expresión del peso específico, (Rivva Lopez, 2000).

- Peso específico de masa; el cual es definido por la Norma ASTM E 12, como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.



- Peso específico de masa saturado superficialmente seco; el cual es definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables.
- Peso específico aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

En las determinaciones del peso sólido y el volumen absoluto, así como en la selección de las proporciones de la mezcla, se utiliza el peso específico de masa.

Las características de los agregados se determinan por las siguientes formulas:

$$\text{Peso Específico de Masa} = \frac{A}{(B - C)}$$

$$\text{Peso Específico Aparente} = \frac{A}{(A - C)}$$

$$\text{Peso Específico SSS} = \frac{B}{(B - C)}$$

Peso específico en gr/cm^3 .

Donde:

A : Peso de la muestra seca, en gramos.

B : Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS), en gramos.

C : Peso de la muestra sumergida en agua, en gramos.

e) Peso Unitario Suelto y Compactado

Normas NTP 400.017, ASTM C-29

Definición:

Es el mismo concepto que del agregado fino.

Se distinguen dos tipos de peso unitario P.U.S. y P.U.C. del agregado grueso.

f) Absorción

Normas NTP 400.021, ASTM e -127

Definición:

El mismo concepto del agregado fino.

Determinación del porcentaje de Absorción del Agregado Grueso

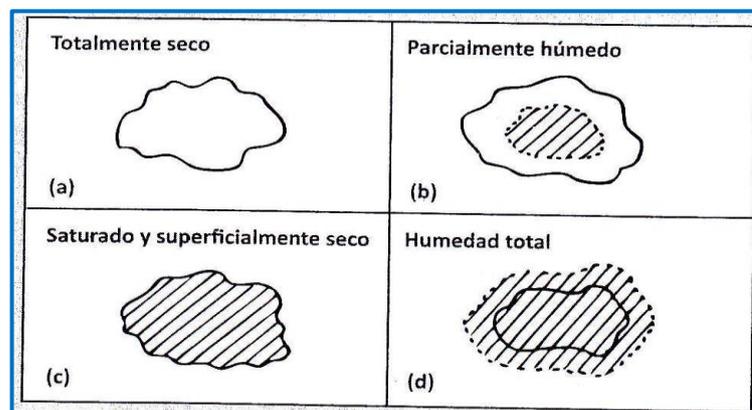


Figura 3: Estados de saturación del agregado.

Fuente: Niño Hernández, 2010

Se sigue el mismo criterio del agregado fino.

2.8 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

2.8.1 Dureza

Propiedad que depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia del agregado. En la elaboración de concretos sometidos a elevadas tasas de desgaste por roce o abrasión, como aplicaciones en pavimentos o revestimientos de canales, la dureza del agregado grueso es una propiedad decisiva para la selección de los materiales. (Niño Hernández, 2000)

- Resistencia a la Abrasión

Norma NTP 400.019

La resistencia que los agregados gruesos oponen a sufrir desgaste, rotura o desintegración de partículas por efecto de la abrasión, es una característica que suele considerarse como índice de calidad en general, y en particular para producir concretos durables en condiciones de servicio donde intervienen acciones deteriorantes de carácter abrasivo.

La prueba de los ángeles (Abrasión) según norma NTP 400.019; cuantifica la pérdida por desgaste de los agregados, la cantidad de finos que se originan como resultado de someter un conjunto de partículas de grava, a los efectos combinados del impacto y la abrasión producidos por una carga esferas de metálicas dentro de un cilindro giratorio, al cabo de un número de revoluciones.

Agregados con altos valores de desgaste a la abrasión (> 50 %) producen concretos con características resistentes inadecuadas en la mayoría de casos (Pasquel, 1998).

$$\% \text{ Desgaste} = 100 * \left(\frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} \right)$$



2.8.2 Resistencia

El agregado grueso, en mayor medida que el fino, va a resultar relacionado con el comportamiento de las resistencias del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. En tal sentido, una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso (las otras son por la pasta y por la interface de contacto entre pasta y agregado). De esta manera, la resistencia de los agregados cobra importancia y se debe buscar que éste nunca falle antes que la pasta de cemento endurezca.

La falla a través del agregado grueso se produce bien sea porque tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas o porque previamente se les han inducido fallas a sus partículas durante el proceso de explotación (especialmente cuando éste se hace por voladura) o por un inadecuado proceso de trituración. (Niño Hernández, 2000)

2.8.3 Tenacidad o Resistencia a la Falla por Impacto

Es una propiedad que depende de la roca de origen y se debe tener en cuenta ya que tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles ante las cargas de impacto, se puede alterar su granulometría y también disminuir la calidad del concreto que con ellos se elabore. (Niño Hernández, 2000)

2.8.4 Adherencia

Es la interacción que existe en la zona de contacto agregado pasta, la cual es producida por fuerzas de origen físico-químico. Entre más adherencia se logre entre la pasta de cemento endurecida y los agregados, mayor será la resistencia del concreto. La adherencia depende de la calidad de la pasta de cemento y, en gran medida, del tamaño, forma, rigidez y textura de las partículas del agregado, especialmente cuando se trata de resistencia a flexión. Hoy en día, no se conoce



ningún método que permita medir la buena o mala adherencia de los agregados, pero es claro que aumenta con la rugosidad superficial de las partículas. (Niño Hernández, 2000)

2.9 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

a) Trabajabilidad

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 éste puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad. (Rivva López, 2000)

b) Consistencia

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. (Rivva López, 2000)

- **Prueba de revenimiento (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 lo que excede 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.

Inmediatamente después del llenado se levanta el cono con suavidad y el concreto se desploma, de ahí el nombre de la prueba. La disminución de la altura en el centro del concreto desplomado se denomina revenimiento y se mide hasta lo más alto cercano a 5mm (1/4"). Para reducir la influencia de la variación en la fricción superficial, en el interior del molde y su base deben estar húmedos al comienzo de cada prueba, y antes de levantar el molde, el área que le rodea debe estar limpia, libre del concreto que pueda haber caído accidentalmente.

Si en vez de desplomarse uniformemente en todo el rededor, como en un verdadero desplome, la mitad del cono se desliza en un plano inclinado, se dice que ocurre un revenimiento cortante y la prueba debe repetirse. Si persiste el revenimiento cortante, como puede ser el caso con mezclas ásperas, será una señal de falta de cohesión de la mezcla.

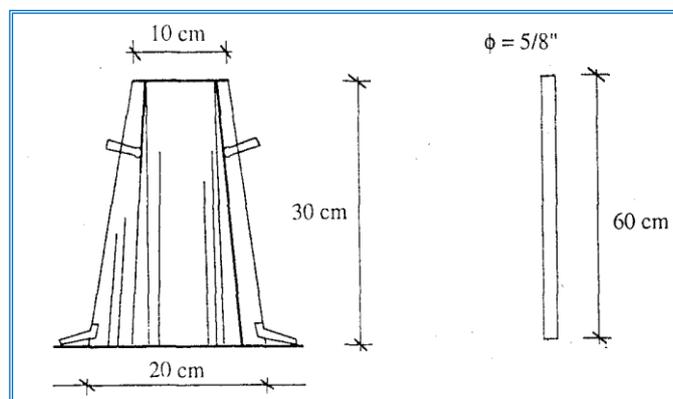


Figura 4: Equipo tronco de cono y barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica
Fuente: Abanto Castillo, 1997

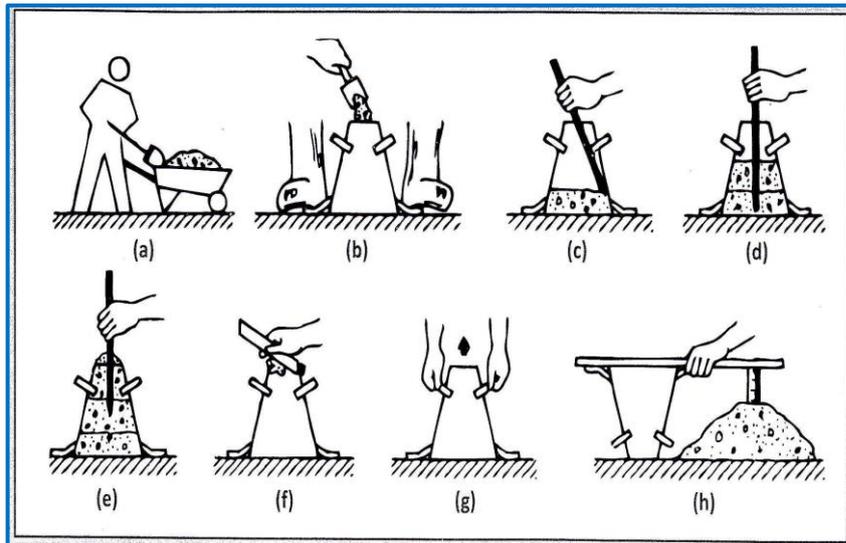


Figura 5: Ensayo de asentamiento
Fuente: Niño Hernández, 2000

Tabla 12: Consistencia de mezcla de concreto

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	> 5"	muy trabajable	Chuseado

Fuente: Abanto Castillo, 1997

c) Exudación

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación.



d) Segregación

Se define como la separación de los materiales que constituyen una mezcla heterogénea (como es el concreto), de manera que su distribución deje de ser uniforme por falta de cohesión. Entre las causas inherentes al concreto, que puede producir segregación, se encuentra la diferencia en tamaño de partículas y su distribución granulométrica, así como la densidad de los constituyentes y su proporción dentro de la mezcla. (Sánchez de Guzmán, 2001)

e) Tiempo de fraguado

El tiempo de fraguado del concreto no es usualmente afectado por el agregado. Sin embargo, la presencia en la superficie de éste de sales solubles o materia orgánica pueden afectar esta propiedad en la medida que ellas pueden actuar como acelerantes o retardadores de fragua. (Rivva López, 2000)

2.10 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

a) Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39.

b) 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 agua/cemento 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” (Pasquel Carbajal, 1998).

Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llega a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

2.11 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 13: Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días.

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: Harmsen & Mayorca, 1997.

Donde:

$f'c(t)$: Resistencia a compresión en un periodo de tiempo

$f'c(28)$: Resistencia a compresión a los 28 días

2.12 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. Este procedimiento se describe en detalle en las normas ASTM C-192-90a y C-39-93

Actualmente la norma ASTM C-39-93 permite utilizar los resultados de ensayos a compresión de probetas no estándar siempre que se les aplique factores de corrección. Los factores de corrección se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14: Factores de corrección de resistencia para diferentes relaciones h/d.

Relación h/d	2.00	1.75	1.50	1.25	1.10	1.00	0.75	0.50
A	1.00	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87	0.70	0.50
B	1.00	1.02	1.04	1.06	1.11	1.18	1.43	2.00

Fuente: La Norma ASTM C-39-93a.

Donde:

h : Altura de la probeta ensayada

d : Diámetro de la probeta ensayada

A : Factor de corrección de resistencia de la probeta ensayada

B : Razón entre la resistencia de la probeta ensayada y del cilindro estándar

Los factores de corrección antes mencionados se aplican a concretos ligeros de 1600 a 1920 kg/m³ y a concretos normales con resistencia a la compresión entre 140 Kg/cm² y 420 Kg/cm².

Del mismo modo, existen factores de corrección para las probetas que aun teniendo la misma relación h/d que la probeta estándar de 6" x 12" no tiene las dimensiones de esta. Esto se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 15: Efecto del tamaño del espécimen en la resistencia del concreto

Dimensiones del Cilindro (cm.)	f'c cilindro/f'c estándar
5 x 10	1.09
7.5 x 15	1.06
15 x 30	1.00
20 x 40	0.96
30 x 60	0.91
45 x 90	0.86
60 x 120	0.84
90 x 180	0.82

Fuente: Harmsen & Mayorca, 1997

2.13 DISEÑO DE MEZCLAS.

El proporcionamiento de mezclas de concreto o “Diseño de mezclas”, es un proceso que consiste en la selección de los ingredientes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir, tan económicamente como sea posible, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad y apariencia adecuadas. Estas proporciones dependen de las propiedades particulares del concreto especificado, de las condiciones particulares bajo las cuales el concreto será producido y colocado. (Sánchez de Guzmán, 2001)

2.13.1 Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados.

En el método del módulo de finura de la combinación de agregados, los contenidos de agregados fino y grueso varían para las diferentes resistencias, siendo esta variación función, principalmente, de la relación agua/cemento y del contenido total de agua, expresados a través del contenido de cemento de la mezcla.



Este método tiene como consideración fundamenta, además de lo ya expresado, la premisa de que el módulo de finura del agregado, fino o grueso, es un índice de superficie específica y que en la medida que se aumenta se incrementa la demanda de pasta, así como que si se mantiene constante la pasta y se incrementa la finura del agregado disminuye la resistencia por adherencia.

Se ha podido establecer una ecuación que relaciona el módulo de finura de los agregados fino y grueso, así como su participación porcentual en el volumen absoluto total de agregado.

Dicha ecuación es:

$$m = r_f \times m_f + r_g \times m_g \dots \dots \dots (1)$$

La proporción de agregado fino, de módulo de finura conocido, en relación al volumen absoluto total del agregado necesario para, de acuerdo a la riqueza de la mezcla, obtener un módulo de finura determinado en la combinación de agregados puede ser calculada, a partir de la siguiente ecuación (Riva, 2014):

$$r_f = \frac{(m_g - m)}{(m_g - m_f)} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

m = Módulo de finura de la combinación de agregados.

m_f = Módulo de finura del agregado fino.

m_g = Módulo de finura del agregado grueso.

r_f = Porcentaje de agreado fino en relacion al vol. absoluto total de agregado.

R_g =

Porcentaje de agreado grueso en relación al vol. absoluto total de agregado.

2.14. SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

2.14.1 Cálculo de Desviación Estándar

El registro de los resultados de ensayos de resistencia en compresión, a partir del cual se calculará la desviación estándar deberá:

- a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad, y condiciones de trabajo similares a aquellos que se espera en la obra que se va iniciar. Las diferencias existentes en materiales y proporciones del registro del conjunto de ensayos no deberán ser en más rigurosas que aquellas que se ha especificado para la obra propuesta.
- b) Representar a concretos preparados para alcanzar una resistencia en compresión de diseño especificada del orden de la del trabajo, a ser iniciado; aceptándose un rango de variación de 35 kg/cm² para resistencias en compresión hasta de 280 kg/cm², y de 70 kg/cm² para resistencias mayores en relación a la resistencia de diseño especificada para la obra propuesta.
- c) Consiste de por lo menos 30 resultados de ensayos consecutivos, o de dos grupos de ensayos consecutivos que totalicen por lo menos 30 ensayos.

La desviación estándar se calculará a partir de los resultados con que se cuenta, aplicando la siguiente ecuación:

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - X)^2 + (x_2 - X)^2 + \dots + (x_n - X)^2}{(n - 1)}}$$

s : Desviación estándar, en kg/cm²

$x_1, x_2 \dots x_n$: Resistencia de la probeta de concreto, en kg/cm²

X : Resistencia promedio de n probetas, en kg/cm²

n : Numero de ensayos de la serie.

Si la compañía constructora no cuenta con un registro de resultados de muestras de ensayo, pero si tiene un registro de resultados de ensayo basado en 15 a 29 pruebas consecutivas, se deberá determinar la desviación estándar de estas y luego multiplicarla por el factor de corrección indicado en la Tabla 10, obteniéndose así la desviación estándar a ser utilizada en el cálculo de la resistencia de la resistencia promedio.

Este procedimiento da un valor más conservador para la resistencia promedio el valor de la tabla se basa en la distribución muestral de la desviación estándar y proporciona protección contra la posibilidad de que el menor número de muestras de una desviación estándar que se aparte significativamente del valor que deberá ser empleado.

Tabla 16: Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos

Numero de Ensayos	Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra
Menos de 15	Usar tabla
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o mas	1.00

Fuente: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)

2.14.2 Cálculo de la Resistencia Promedio

- a) La resistencia a la compresión promedio requerida, la cual ha de emplearse como base para selección de las proporciones de la mezcla de concreto, deberá ser el mayor de los valores obtenidos a partir de la solución de las ecuaciones (1) o (2), en las que se empleará, según sea el caso.



$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35 \quad \dots\dots\dots (2)$$

La ecuación (1) da una probabilidad de 1 en 100 de que el promedio de tres resultados de ensayos este por debajo de la resistencia de diseño especificada. La ecuación (2) da una probabilidad similar de que los resultados individuales de ensayos estén 35 kg/cm^2 por debajo de la resistencia de diseño especificada.

- b) Cuando no se cuente con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la Tabla 11.

Tabla 17: Resistencia promedio

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

Fuente: Rivva López, 2014



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. SELECCIÓN DE LOS AGREGADOS PROCEDENTES DE LAS CANTERA

SAN ANTONIO - PUNO Y PHARA - SANDIA

El estudio de la evaluación de los agregados de estas dos canteras Cantera San Antonio - Puno y Cantera Phara - Sandia se realizó a partir del mes de junio del 2019 y tuvo una duración de 8 meses.

Los agregados usados para realizar esta investigación fueron extraídos de dos canteras, Cantera San Antonio - Puno y Cantera Phara - Sandia, se consideró estas canteras porque sus agregados contienen el parámetro que se ha planteado analizar que son los agregados naturales (material orgánico e inorgánico) y además hasta la fecha no se tiene registros confiables que permitan el uso de estos agregados en la ejecución de obras.

De acuerdo a una inspección visual realizada al agregado de estas dos canteras se pudo apreciar que los agregados poseen cantidades excesivas de material orgánico(raíces de paja en la cantera San Antonio y diferentes tipos de raíces en Phara) y debido a su composición mineralógica poseen material inorgánico (limos, arcillas de color café en San Antonio y de color verde cemento en Phara) que no permiten tener un buen diseño de mezclas de concreto, esto conlleva a realizar un tratamiento adecuado para disminuir estos elementos perjudiciales y de esta manera garantizar un agregado óptimo que pueda ser utilizado en obras de infraestructuras.



Figura 6: Acopio y traslado de agregado de la Cantera Phara
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 7: Acopio y traslado de agregado de la Cantera San Antonio
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Según las referencias encontradas, con los agregados de la cantera SAN ANTONIO se ejecutó la construcción del “Centro de Salud Cachipascana”, del mismo modo con los agregados de la cantera PHARA, se ejecutó la construcción del “Puente Carrozable Tiraca”, en ambos casos se utilizaron concreto de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Para corroborar estas resistencias en ambas estructuras se tuvo que realizar pruebas de ESCLEROMETRIA en varios puntos de dichas construcciones.



Figura 8: Puente Carrozable Tiraca - Distrito de Phara

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 9: Obra Puesto de Salud Cachipascana - Distrito de San Antonio

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Cantera San Antonio - Puno

La ubicación política de la cantera denominada “San Antonio” se encuentra en la provincia de Puno, distrito de San Antonio y centro poblado de Jesús María. Según las coordenadas geográficas UTM WGS-84 la cantera se ubica por el ESTE a 350081.00 m y NORTE 8217585.00 m a una altitud de 4032 m.s.n.m.

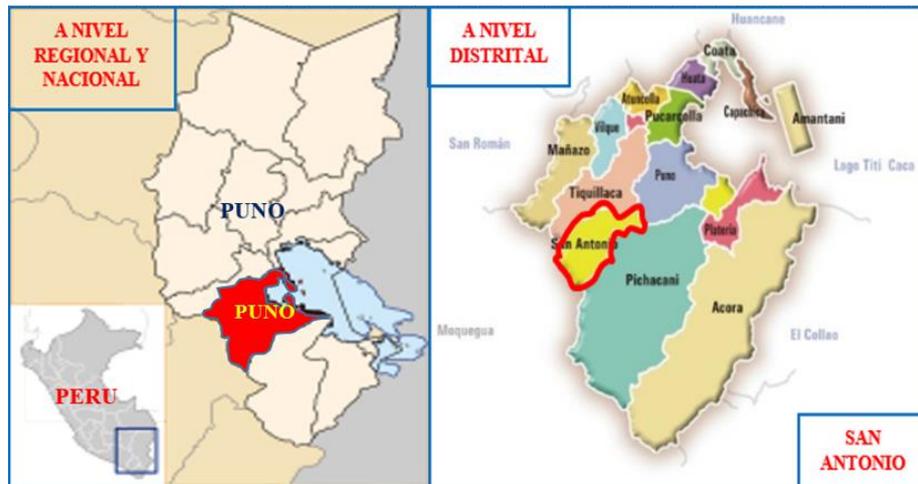


Figura 10: Ubicación política de San Antonio
Fuente: Wikipedia

Para acceder a la cantera denominada “San Antonio” se tuvo que recorrer aprox. 81.8 km desde la ciudad de Puno hasta el centro poblado de Juncal a través de una vía trocha carrozable y exactamente la cantera en mención se encuentra a 8.44 km del centro poblado de Juncal en dirección a una vía que lleva al departamento de Moquegua.

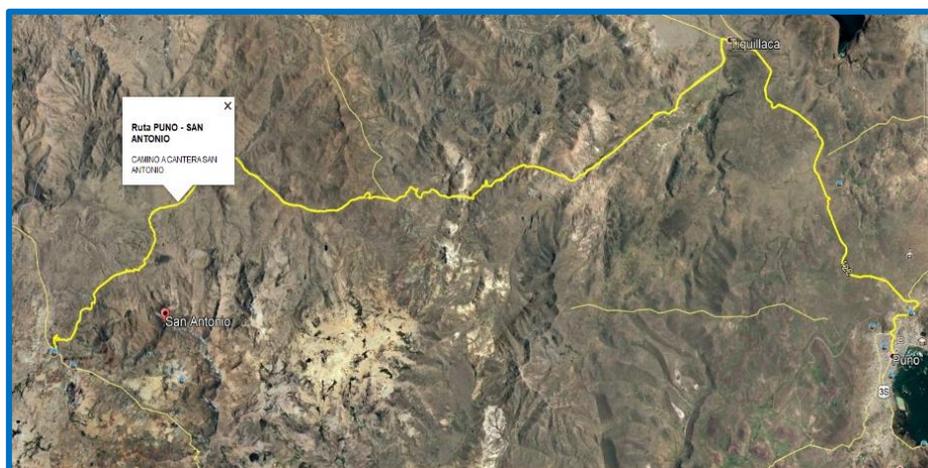


Figura 11: Ruta de Puno a Juncal
Fuente: Google Earth

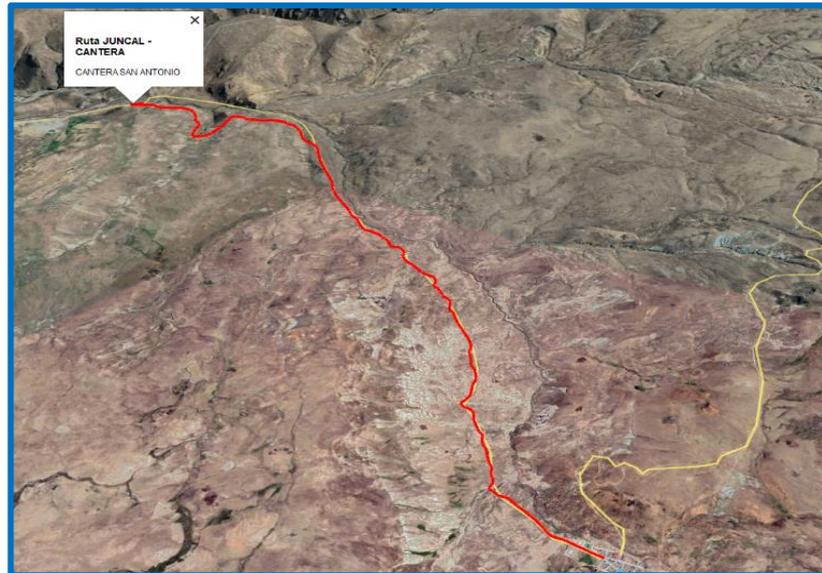


Figura 12: Ubicación de las canteras San Antonio
Fuente: Google Earth

Cantera Phara - Sandia

La ubicación política de la cantera denominada “Phara” se encuentra en la provincia de Sandia, distrito de Phara y centro poblado de Chejani. Según las coordenadas geográficas UTM WGS-84 la cantera se ubica por el ESTE a 435268.04 m y NORTE 8421425.66 m a una altitud de 3010 m.s.n.m.

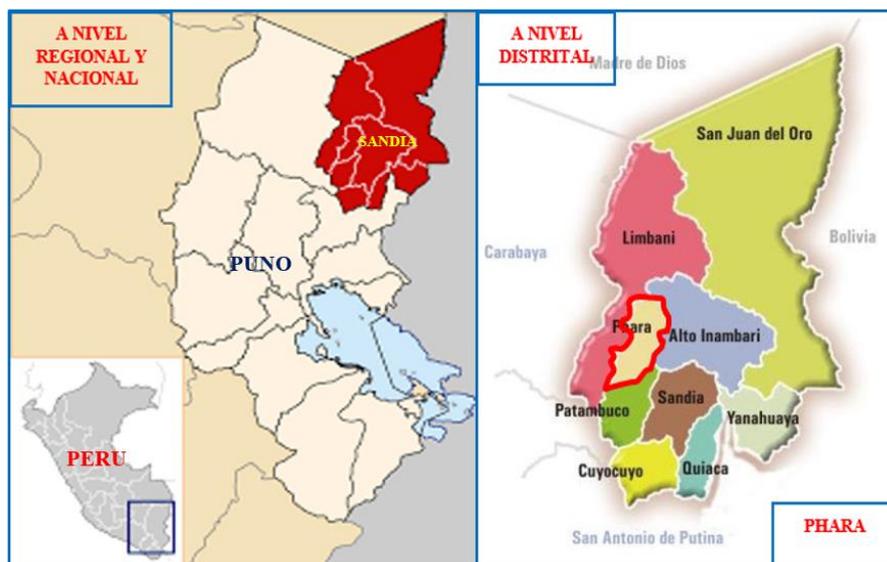


Figura 13: Ubicación política de Phara
Fuente: Wikipedia

Para acceder a la cantera denominada “Phara” se tuvo que recorrer aprox. 305km desde la ciudad de Puno hasta el centro poblado de Phara a través de una vía en parte asfaltada y trocha carrozable y exactamente la cantera en mención se encuentra a 35.4 km del centro poblado de Phara en dirección a una vía que lleva al centro poblado de Chejani.



Figura 14: Ubicación de las canteras Phara

Fuente: Google Earth

3.1.1 Ensayo de esclerometría

Norma

NTP 339.181 y ASTM C805

Equipo y materiales

- Martillo de rebote: Consiste en un martillo de acero, con resorte de carga, que al ser liberado impacta sobre un émbolo de acero en contacto con la superficie del concreto. El martillo de rebote debe moverse a una velocidad constante y



reproducibile. La distancia de rebote del martillo de acero, luego del impacto, es medida sobre una escala lineal adherida al marco del instrumento.

- Piedra abrasiva: Consistente en carburo de silicio con textura de grano medio o un material equivalente.

Procedimiento

- Buscar una zona descubierta en la estructura de espesor mínimo de 100mm donde se ensayará la prueba de esclerometría, para el ensayo evitar superficies con escamaduras o alta porosidad ya que esto haría que se modificara el resultado.
- El área de ensayo será de por lo menos 150 mm de diámetro. Las superficies de textura excesivamente suave, blandas o con mortero suelto, deberán ser pulidas con la piedra abrasiva.
- Sobre la superficie a ensayar realizar una cuadrícula de 6x6, donde cada lado del cuadrado medirá como mínimo 25mm.
- En la cuadrícula trazada asignar de manera aleatoria 10 cuadros donde se realizará el impacto.
- Sostener el instrumento firmemente para que el émbolo esté perpendicular a la superficie de ensayo. Gradualmente empujar el instrumento hacia la superficie de ensayo hasta que el martillo impacte. Después del impacto, mantener presionado el instrumento y, si es necesario, oprimir el botón situado al costado del instrumento para trabar el émbolo en su posición retraída. Leer y registrar el número del rebote en la escala, aproximándolo al entero.
- Tomar diez lecturas de cada área de ensayo.

Ensayo de esclerometría en PUENTE TIRACA-PHARA

- Determinación del promedio de numero de golpes.



Figura 15: Nro de golpes registrado en losa del Puente Tiraca - Phara.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

$$\text{Promedio Nro Golpes} = \frac{28 + 26 + 28 + 31 + 32 + 28 + 28 + 30 + 33 + 29}{10}$$

$$\text{Promedio del Nro de Golpes} = 29.3 \text{ golpes}$$

- Cálculo de la resistencia del concreto de acuerdo al Nro de golpes, se efectuará a través del siguiente ábaco.

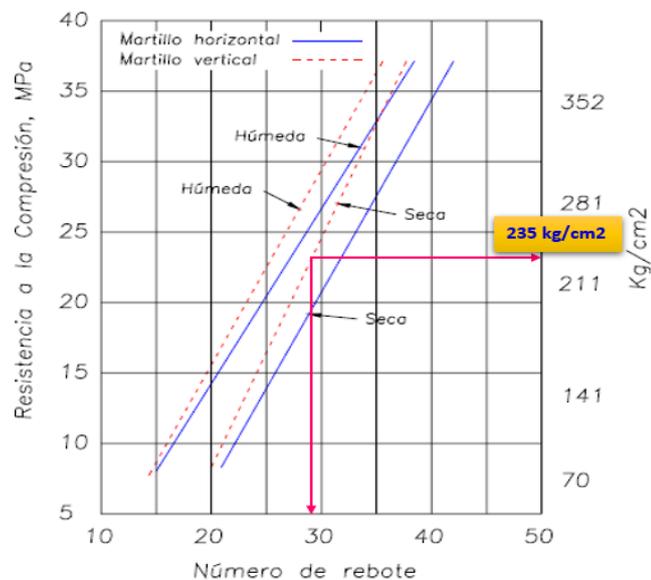


Figura 16: Relación entre f^c vs Nro rebotes, para lecturas del martillo en posición horizontal y vertical.

Fuente: Neville, 2013

- A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en las pruebas de esclerometría en el Puente de concreto Tiraca - Phara.

Tabla 18: Resumen del ensayo realizado en el Puente Tiraca - Phara

DESCRIPCION	CANTERA Phara			
	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03	Promedio
	F'c(kg/cm2)	235	230	233

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Ensayo de esclerometría en PUESTO DE SALUD CACHIPASCANA



Figura 17: Nro de golpes registrado en Puesto de salud de Cachipascana.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Determinación del promedio de numero de golpes.

$$Promedio\ Nro\ Golpes = \frac{30 + 32 + 31 + 32 + 29 + 31 + 28 + 31 + 29 + 31}{10}$$

$$Promedio\ del\ Nro\ de\ Golpes = 30.04\ golpes$$

- Cálculo de la resistencia del concreto de acuerdo al Nro de golpes, se efectuará a través del siguiente ábaco.

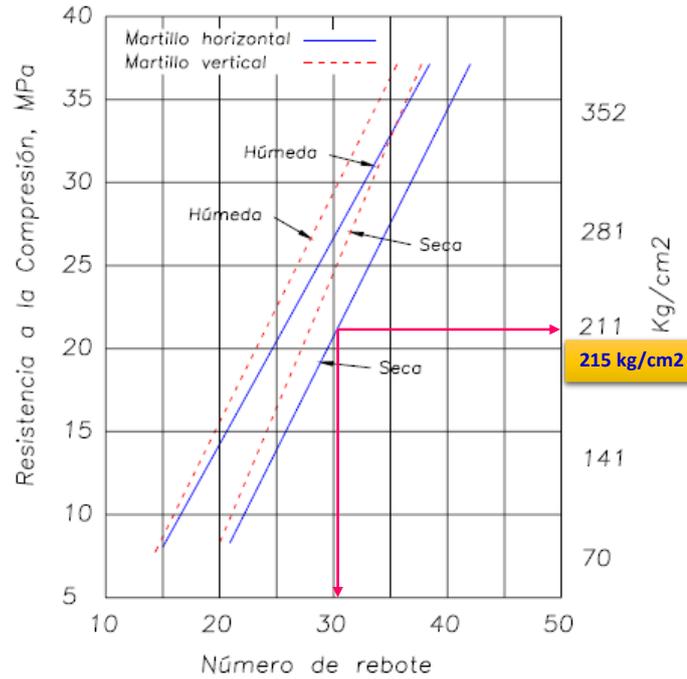


Figura 18: Relación entre $f'c$ vs Nro rebotes, para lecturas del martillo en posición horizontal y vertical.

Fuente: Neville, 2013

Tabla 19: Resumen del ensayo realizado en Puesto de Salud - Cachipascana

DESCRIPCION	CANTERA San Antonio			
	Prueba 01	Prueba 02	Prueba 03	Promedio
	$F'c(kg/cm^2)$	215	212	218

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Mediante el ensayo de esclerometría se obtuvo una resistencia a la compresión de $f'c = 215kg/cm^2$ en columna del puesto de salud Cachipascana y una resistencia a la compresión de $f'c = 234kg/cm^2$ en la Losa del Puente de Concreto de Tiraca – Phara, en ambos casos se aprecia que alcanzaron y superaron la resistencia de diseño de $f'c = 210kg/cm^2$ con la cual fue ejecutados con los agregados y en las condiciones que se plantean en la presente tesis.



3.2. ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Para el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de las canteras SAN ANTONIO y PHARA se desarrollaron los siguientes ensayos con las normativas respectivas:

- Contenido orgánico en suelos mediante perdida por ignición AASHTO T-267
- Contenido de Impurezas orgánicas NTP 400.024
- Peso específico y Absorción ASTM C-70, ASTM C-127, ASTM C-128, NTP 400.021 y NTP 400.022
- Contenido de Humedad NTP 339.185, ASTM C-566
- Densidad Aparente Suelta y Compactada ASTM C-29 y NTP 400.017
- Granulometría ASTM 422, ASTM C-136, ASTM C-33, ASTM C-125, NTP 400.012
- Ensayo de abrasión en agregados ASTM C – 131, MTC E 207 – 2000
- Densidad del Cemento Portland IP ASTM C 188, AASTHO T - 133

3.2.1 Ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Norma

NTP 339.185, ASTM C 566

Equipos y materiales

- Balanza de precisión 0.1gr
- Horno 110 °C ± 5 °C



- Taras
- Recipientes metálicos
- Cuchara de metal

Descripción del Proceso

- Se cuartea el material para tomar una muestra representativa, se coloca la muestra en envases previamente tarados.
- Se registra el peso de la tara más el material “húmedo” y se lleva al horno por 24 horas a 105 +/- 5°C; pasado este tiempo, y luego del enfriado, se procede a pesar el material seco.
- Se toman tres muestras para tener una mejor aproximación del ensayo.
- Se calculará a través de la siguiente manera:

$$P = \frac{W - D}{D} * 100$$

Dónde:

P: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D: Masa de la muestra seca en gramos.

Tabla 20: Contenido de humedad, agregado fino Cantera San Antonio

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	B-7	B-9	B-11	CONT HUM - %
PESO DEL TARA	gr	35.56	31.42	30.39	
PESO TARA + M. HUMEDA	gr	188.46	131.12	135.91	
PESO TARA + M. SECA	gr	181.53	126.63	130.71	
PESO DEL AGUA	gr	6.93	4.49	5.20	4.88
PESO MUESTRA SECA	gr	145.97	95.21	100.32	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.75	4.72	5.18	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 21: Contenido de humedad, agregado grueso Cantera San Antonio

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	ML-1	X-1	M-05	CONT HUM - %
PESO DEL TARA	gr	28.65	30.17	31.88	
PESO TARA + M. HUMEDA	gr	465.78	466.22	469.37	
PESO TARA + M. SECA	gr	456.52	456.47	459.70	
PESO DEL AGUA	gr	9.26	9.75	9.67	2.24
PESO MUESTRA SECA	gr	427.87	426.30	427.82	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.16	2.29	2.26	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 22: Contenido de humedad, agregado fino Cantera Phara

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	F-I	F-II	F-III	CONT HUM - %
PESO DEL TARA	gr	31.17	29.14	33.60	
PESO TARA + M. HUMEDA	gr	144.03	140.44	165.09	
PESO TARA + M. SECA	gr	140.90	137.36	161.59	
PESO DEL AGUA	gr	3.13	3.08	3.50	2.81
PESO MUESTRA SECA	gr	109.73	108.22	127.99	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.85	2.85	2.73	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 23: Contenido de humedad, agregado grueso Cantera Phara

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	G-I	G-II	G-III	CONT HUM - %
PESO DEL TARA	gr	27.89	32.41	27.71	
PESO TARA + M. HUMEDA	gr	482.29	484.85	469.57	
PESO TARA + M. SECA	gr	480.63	483.33	468.16	
PESO DEL AGUA	gr	1.66	1.52	1.41	0.34
PESO MUESTRA SECA	gr	452.74	450.92	440.45	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.37	0.34	0.32	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 24: Resumen del contenido de humedad del agregado fino y grueso Canteras San Antonio y Phara

DESCRIPCION	CANTERA San Antonio		CANTERA Phara	
	Agregado	Agregado	Agregado	Agregado
	Fino	Grueso	Fino	Grueso
Contenido de humedad w%	4.88%	2.24%	2.81%	0.34%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 19: Contenido de Humedad - Agregado Grueso y Agregado Fino.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Estos resultados del contenido de humedad serán usados en la corrección por humedad del diseño de mezclas y así tener un diseño con proporciones reales en condiciones húmedas.

3.2.2 Peso específico y absorción del agregado fino.

Norma

NTP 400.022, ASTM C 128

Equipo y materiales

- Balanza, con aproximación al 0.1gr
- Picnómetro con capacidad 500 ml.
- Frasco LE CHATELIER apropiado para muestra de aproximadamente 55 gr.
- Molde metálico en forma de tronco de cono 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. Fabricado con una plancha metálica de espesor mínimo a 0.8 mm.



- Barra compactadora de metal (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.
- Bandejas metálicas
- Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Procedimiento

- Se selecciona agregado fino (material pasante de la malla N° 4) de aproximadamente 1 kg., a continuación, este material se sumerge en el agua por un periodo de 24 horas para lograr su saturación.
- Una vez saturado, se decanta cuidadosamente el agua evitando pérdidas de finos y comienza el proceso de secado, poniendo el material fino en un recipiente metálico y suministrándole calor a través de una cocina, hasta que la muestra quede homogénea en condición saturada superficialmente seca.
- A continuación, se toma el material y se rellena el tronco de cono cuidadosamente y se apisona sin mayor fuerza con 25 golpes sobre la superficie, se retira el cono y se verificará el primer desmoronamiento lo cual indica el estado saturado superficialmente seco (S.S.S.) del agregado.
- Se toma el material resultante del proceso anterior y se introduce una cantidad adecuada, en el frasco de LE CHATELIER previamente tarado y se determina su peso; en seguida se llena de agua hasta un 90% aproximadamente de su capacidad y se retira el aire atrapado girando el picnómetro y sometiéndolo a baño maría.
- Finalmente, el frasco de LE CHATELIER lleno hasta el total de su capacidad se pesa, se decanta nuevamente el agua y el agregado se retira a una tara para

ser secado al horno por 24 horas y se determina también el peso seco de este material, y se calculan mediante las siguientes formulas

- $Peso\ específico\ aparente = \frac{A}{B+S-C}$
- $Peso\ específico\ aparente\ (S.S.S.) = \frac{S}{B+S-C}$
- $Peso\ específico\ nominal = \frac{A}{B+A-C}$
- $Absorción = \frac{S-A}{A} * 100$

Dónde:

A: Peso seco de la muestra.

B: Peso del picnómetro + agua.

C: Peso del picnómetro + agua + muestra.

S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca.



Figura 20: El agregado fino secada en una estufa hasta la condición SSS y se coloca en un cono hasta que se desmorone al retirar el cono.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 21: Llenado de agua, agregado fino al picnómetro y girado para eliminar aire atrapado.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 25: Datos del ensayo de peso específico Cantera San Antonio

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION_AGREGADO FINO			
SIMB	DESCRIPCION	UND	DATOS
S	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	500.00
B	PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr	705.13
C	PESO DE LA ARENA S.S.S.+PESO PICNOMETRO+PESO DEL AGUA	gr	1003.40
T	PESO DE TARA	gr	112.24
M	PESO MUESTRA + PESO TARA	gr	597.61
A	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO (T-M)	gr	485.37

SIMB	DESCRIPCION	UND	RESULTADO
1	PESO ESPECIFICO APARENTE: $(A)/(B+S-C)$	gr/cm ³	2.406
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS((S-A)/A)$	%	3.01

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 26: Datos del ensayo de peso específico Cantera Phara

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION_AGREGADO FINO			
SIMB	DESCRIPCION	UND	DATOS
S	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	500.02
B	PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr	705.83
C	PESO DE LA ARENA S.S.S.+PESO PICNOMETRO+PESO DEL AGUA	gr	1017.61
T	PESO DE TARA	gr	129.93
M	PESO MUESTRA + PESO TARA	gr	623.41
A	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO (T-M)	gr	493.48

SIMB	DESCRIPCION	UND	RESULTADO
1	PESO ESPECIFICO APARENTE: $(A/(B+S-C))$	gr/cm ³	2.62
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS((S-A)/A)$	%	1.33

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 27: Resumen del peso específico y absorción del agregado fino

DESCRIPCION	CANTERA San Antonio	CANTERA Phara
	Agregado Fino	Agregado Fino
Peso específico aparente	2.406 gr/cm ³	2.62 gr/cm ³
Absorción	3.01%	1.33%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Los pesos específicos están relacionados con la porosidad, mientras más alto es su valor este será más estable y menos poroso. De acuerdo al valor 2.406 gr/cm³(cantera San Antonio) y 2.622 gr/cm³(cantera Phara), es aceptable el agregado fino para la elaboración de concreto, ya que el peso específico deberá ser siempre mayor a 2.4 para obtener concretos con peso normal.

3.2.3 Peso específico y absorción del agregado grueso.

Norma

NTP 400.021, ASTM C 127

Equipo utilizado



- Horno 105 +/- 5 °C
- Recipientes
- Balanza sensible a 0.5gr
- Probeta graduada
- Cesta con malla de alambre.

Procedimiento

- De acuerdo a la tabla Nro 01 de la NTP 400.021 se obtiene una muestra representativa de 3kg para un TMN de 1”, la cual se satura por 24 horas, en seguida se retira el agregado cuidadosamente y se vierte sobre un paño absorbente.
- Seguidamente para obtener su estado saturado superficialmente seco mediante secado manual, se toma cierto porcentaje de la muestra S.S.S., aproximadamente 600gr, se pesa y se introduce este material a un recipiente que está sumergido en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada, se determina su peso sumergido y a continuación este mismo material se seca en un horno por 24 horas y se determina, también, su peso seco.

- $Peso\ específico\ de\ masa = \frac{A}{B-C}$

- $Peso\ específico\ aparente\ (S.S.S.) = \frac{B}{B-C}$

- $Peso\ específico\ aparente = \frac{A}{A-C}$

- $Absorción = \frac{B-A}{A} * 100$

Donde:

A: Peso al aire de la muestra seca al horno. (gr.)

B: Peso de la muestra S.S.S. (gr.)

C: Peso en el agua de la muestra saturada. (gr.)



Figura 22: Secado del agregado grueso hasta un estado S.S.S y pesado con la canastilla sumergida

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 28: Datos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso Cantera San Antonio

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION_AGREGADO GRUESO			
SIMB	DESCRIPCION	UND	DATOS
S	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	1800.00
CS	PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA	gr	170.73
MS	PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA+MUESTRA S.S.S. SUMERGIDA	gr	1247.07
C	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA SUMERGIDA EN AGUA (MS-CS)	gr	1076.34
T	PESO DE TARA	gr	162.20
M	PESO MUESTRA + PESO TARA	gr	1902.63
A	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (T-M)	gr	1740.43
SIMB	DESCRIPCION	UND	RESULTADO
1	PESO ESPECIFICO APARENTE: $(A/(S-C))$	gr/cm ³	2.405
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS((S-A) / A)$	%	3.42

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 29: Datos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso Cantera Phara

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION_AGREGADO GRUESO			
SIMB	DESCRIPCION	UND	DATOS
S	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	2000.48
CS	PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA	gr	166.75
MS	PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA+MUESTRA S.S.S. SUMERGIDA	gr	1403.03
C	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA SUMERGIDA EN AGUA (MS-CS)	gr	1236.28
T	PESO DE TARA	gr	134.29
M	PESO MUESTRA + PESO TARA	gr	2103.34
A	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (T-M)	gr	1969.05

SIMB	DESCRIPCION	UND	RESULTADO
1	PESO ESPECIFICO APARENTE: $A/(S-C)$	gr/cm ³	2.58
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS((S-A) / A)$	%	1.60

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 30: Resumen del peso específico y absorción del agregado grueso

DESCRIPCION	CANTERA San Antonio	CANTERA Phara
	Agregado Grueso	Agregado Grueso
Peso específico aparente	2.405 gr/cm ³	2.58 gr/cm ³
Absorción	3.42%	1.60%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 23: Pesaje con canastilla sumergida del agregado grueso
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.2.4 Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

Norma

NTP 400.017, ASTM C 29

Equipo y materiales

- Balanza con aproximación a 0.05%
- Martillo de goma
- Pala, bandeja, brochas.
- Varilla metálica lisa con punta semiesférica
- Recipientes de volúmenes adecuados.

Procedimiento

- Se elige un molde de dimensiones adecuadas, de acuerdo al TMN del agregado, sin embargo, para el ensayo se utilizó un molde de briqueta de 15 cm x 30 cm aproximadamente, por ser el más aproximado a las recomendaciones del ensayo. Se determina su peso y dimensiones de tal manera que se pueda lograr su volumen.

- Para determinar el peso unitario compactado por apisonado del agregado se deberá colocar el material en tres capas de igual volumen, de tal manera que colmen el molde; cada capa recibe un total de 25 golpes con el apisonador sin que este choque a la base o altere capas inferiores de agregado, finalmente se enrasa el molde con el mismo apisonador y se pesa el molde más agregado.
- Para determinar el peso unitario suelto del agregado, el procedimiento es similar, más en este caso no se utiliza el apisonador, solo se deja caer la muestra desde una altura no mayor a 2” desde el borde superior con una herramienta adecuada que puede ser una cuchara, se enrasa y pesa como en el caso anterior.



Figura 24: Registro de medidas del molde para peso unitario
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

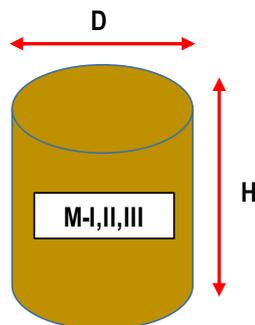
NOTA. El procedimiento es el mismo para el agregado grueso y fino.



Figura 25: Procedimiento para determinar peso unitario suelto y compacto del agregado fino.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

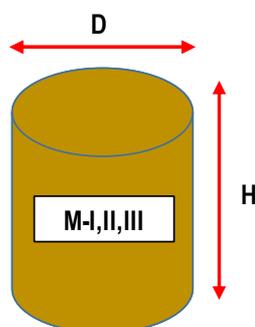
Tabla 31: Dimensiones Geométricas del molde usado para Cantera San Antonio



DIMENSIONES GEOMETRICAS			
MEDIDAS	Di cm	Hi cm	Vol. Molde cm ³
01	15.28	29.90	5460.04
02	15.27	29.80	
03	15.22	29.90	
Promedio	15.26	29.87	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 32: Dimensiones Geométricas del molde usado para Cantera Phara



DIMENSIONES GEOMETRICAS			
MEDIDAS	Di cm	Hi cm	Vol. Molde cm ³
01	15.22	30.30	5508.15
02	15.23	30.20	
03	15.23	30.25	
Promedio	15.23	30.25	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 33: Peso unitario suelto del agregado fino Cantera San Antonio

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.S. - kg/m ³
PESO DEL MOLDE	gr	4765	4765	4765	1413.30
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	12430	12505	12510	
PESO DE LA MUESTRA	gr	7665	7740	7745	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	5460.04	5460.04	5460.04	
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.404	1.418	1.418	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1403.84	1417.57	1418.49	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 34: Peso unitario compactado del agregado fino Cantera San Antonio

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.C. - kg/m ³
PESO DEL MOLDE	gr	4765	4765	4765	1636.74
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	13705	13665	13735	
PESO DE LA MUESTRA	gr	8940	8900	8970	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	5460.04	5460.04	5460.04	
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.637	1.630	1.643	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1637.35	1630.02	1642.84	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 35: Peso unitario suelto del agregado fino Cantera Phara

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.S. - kg/m ³
PESO DEL MOLDE	gr	10015	10015	10015	1558.60
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	18645	18555	18600	
PESO DE LA MUESTRA	gr	8630	8540	8585	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	5508.15	5508.15	5508.15	
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.567	1.550	1.559	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1566.77	1550.43	1558.60	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 36: Peso unitario compactado del agregado fino Cantera Phara

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.C. - kg/m ³
PESO DEL MOLDE	gr	10015	10015	10015	1811.25
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	19985	19945	20045	
PESO DE LA MUESTRA	gr	9970	9930	10030	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	5508.15	5508.15	5508.15	
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.810	1.803	1.821	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1810.04	1802.78	1820.94	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Estos valores se encuentran dentro de los rangos recomendables que son entre 1500 y 1900 kg/m³, teniendo una mayor capacidad de reacomodo de sus partículas.

A continuación, se muestran los valores obtenidos del ensayo de Peso Unitario del agregado grueso.

Tabla 37: Peso unitario suelto del agregado grueso Cantera San Antonio

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.S. - kg/m ³
PESO DEL MOLDE	gr	4765	4765	4765	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	12515	12545	12625	
PESO DE LA MUESTRA	gr	7750	7780	7860	1427.95
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	5460.04	5460.04	5460.04	
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.419	1.425	1.440	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1419.40	1424.90	1439.55	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 38: Peso unitario compactado del agregado grueso Cantera San Antonio

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.C. - kg/m ³
PESO DEL MOLDE	gr	4765	4765	4765	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	13415	13490	13510	
PESO DE LA MUESTRA	gr	8650	8725	8745	1594.62
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	5460.04	5460.04	5460.04	
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.584	1.598	1.602	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1584.24	1597.97	1601.64	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 39: Peso unitario suelto del agregado grueso Cantera Phara

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.S. - kg/m ³
PESO DEL MOLDE	gr	10015	10015	10015	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	18505	18695	18550	
PESO DE LA MUESTRA	gr	8490	8680	8535	1555.57
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	5508.15	5508.15	5508.15	
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.541	1.576	1.550	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1541.35	1575.85	1549.52	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 40: Peso unitario compactado del agregado grueso Cantera Phara

PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.C. - kg/m ³
PESO DEL MOLDE	gr	10015	10015	10015	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	19760	19770	19835	
PESO DE LA MUESTRA	gr	9745	9755	9820	1774.34
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	5508.15	5508.15	5508.15	
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm ³	1.769	1.771	1.783	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1769.20	1771.01	1782.81	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Estos valores se encuentran dentro de los rangos recomendables que son entre 1500 y 1900 kg/m³, teniendo una mayor capacidad de acomodamiento de sus partículas.



Figura 26: Peso unitario suelto y compacto del agregado grueso

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.2.5 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

Norma

NTP 400.012, ASTM C 136

Equipo y materiales



- 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", 1/2", 3/8", # 4 y para agregados finos son #4, # 8, # 16, #30, #50, #100, #200 base y tapa.
- Horno a 105 +/- 5°C

Procedimiento

- Se separa el material por la malla N°4, el retenido será agregado grueso y el fino será el que pase este tamiz.
- Una vez obtenido el material seco y libre de impurezas se vierte en el juego de tamices y se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto hasta obtener peso constante en cada tamiz.
- Para el agregado grueso, por ser mayor la cantidad, el total de la muestra se pasará por cada tamiz.
- Cada cantidad retenida de agregado se pesa, incluyendo lo que queda en la base; además se deberá pesar el total del material antes de comenzar la operación y compararla con la suma de los retenidos en las mallas, que como se explicó, esta diferencia no deberá exceder el 0.3%



Figura 27: Análisis Granulométrico – A. Fino y A. Grueso de Cantera Phara
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 41: Granulometría del agregado fino Canteras San Antonio

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETEN. gr	% RET. PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
3"	76.200	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		Peso inicial gr.	1000	gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		peso final gr.	999.59	gr.
2"	50.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		perdida %	0.041	%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA		
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		Módulo de fineza	2.67	
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	Peso Especifico	2.406	gr/cm3
No 4	4.760	1.14	0.11%	0.11%	99.89%	95.00%	Peso Unt.Suelto	1413.30	tn/m3
No 8	2.380	139.62	13.97%	14.08%	85.92%	80.00%	Peso Unt.Varillado	1636.74	tn/m3
No 16	1.190	119.23	11.93%	26.01%	73.99%	50.00%	Humedad Natural	4.88	%
No 30	0.590	236.22	23.63%	49.64%	50.36%	25.00%	Absorción	3.01	%
No 50	0.300	328.56	32.87%	82.51%	17.49%	5.00%	OBSERVACIONES:		
No 100	0.149	124.38	12.44%	94.95%	5.05%	0.00%			
No 200	0.074	33.66	3.37%	98.32%	1.68%				
BASE		16.78	1.68%	100.00%	0.00%				
TOTAL		999.59	100.00%	MOD.FINEZA					
% PERDIDA		0.041%	Análisis Granulométrico Aceptado		< 0.30%				

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

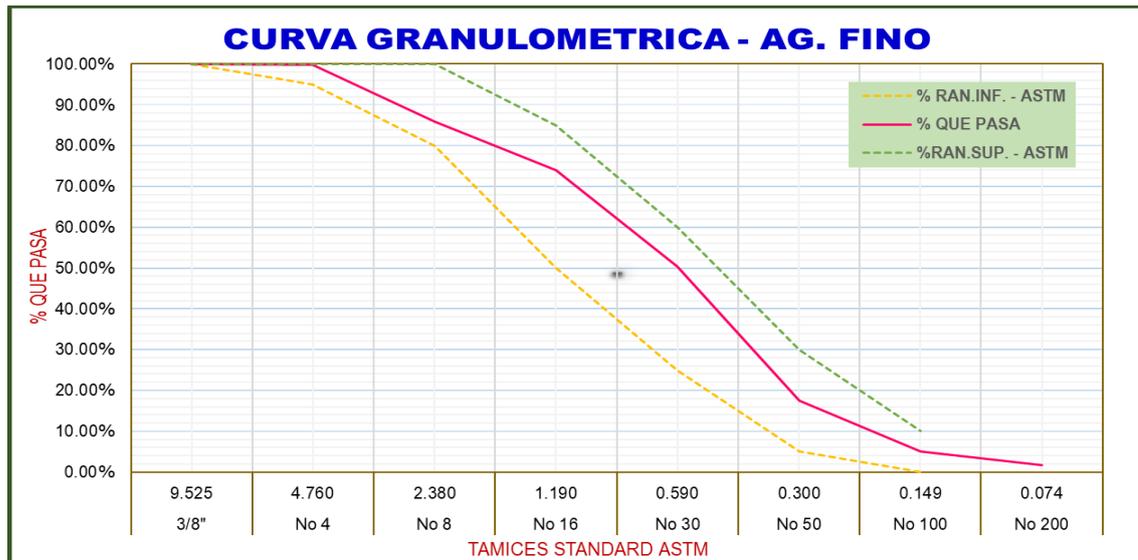


Figura 28: Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Se puede observar que la granulometría del agregado fino está dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.037, por lo que se considera aceptable para la preparación de concreto.

Módulo de Fineza (NTP 400.011)

El módulo de finura se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acum. Retenidos } (3", 1\ 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

$$MF = \frac{0.11 + 14.08 + 26.01 + 49.64 + 82.51 + 94.95}{100}$$

$$MF = 2.67$$

De donde el módulo de fineza del agregado fino ensayado es: 2.67.

Tabla 42: Granulometría del agregado grueso Cantera San Antonio

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETEN. gr	% RET. PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Peso inicial gr.	10005 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			peso final gr.	9998.71 gr.
2"	50.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			perdida %	0.063 %
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%		
1"	25.400	894.26	8.94%	8.94%	91.06%	90.00%	100.00%	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	
3/4"	19.050	1178.16	11.78%	20.73%	79.27%	57.50%	80.00%		
1/2"	12.700	2132.94	21.33%	42.06%	57.94%	25.00%	60.00%	Módulo de fineza	6.80
3/8"	9.525	1853.74	18.54%	60.60%	39.40%	12.50%	35.00%	Peso Especifico	2.405 gr/cm3
No 4	4.760	3808.42	38.09%	98.69%	1.31%	0.00%	10.00%	Peso Unt.Suelto	1427.95 kg/m3
No 8	2.380	131.19	1.31%	100.00%	0.00%	0.00%	5.00%	Peso Unt.Varillado	1594.62 kg/m3
No 16	1.190	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			Humedad Natural	2.24 %
No 30	0.590	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			Absorción	3.42 %
No 50	0.300	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			OBSERVACIONES:	
No 100	0.149	0.00	0.00%	100.00%	0.00%				
No 200	0.074	0.00	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
BASE		0.00	0.00%	100.00%	0.00%				
TOTAL		9998.71	100.00%	MOD.FINEZA					
% PERDIDA		0.063%	Análisis Granulométrico Aceptado		< 0.30%				

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

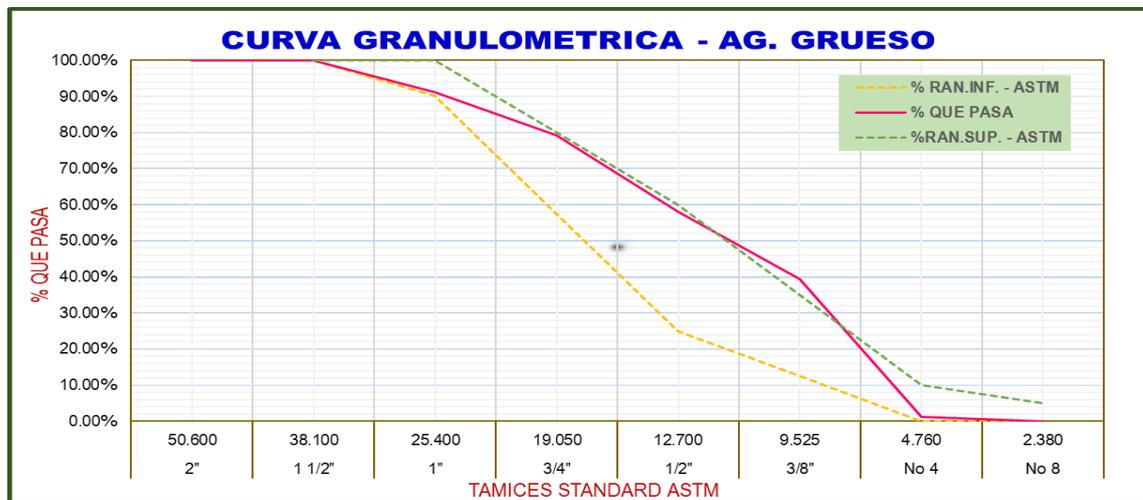


Figura 29: Curva granulométrica del agregado grueso Cantera San Antonio

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Los resultados indican que los agregados, aunque se encuentran de manera muy ajustada dentro de los límites permitidos y recomendados de granulometría, se pueden considerar como aceptables y adecuados para el uso de ellos en el proceso de investigación.



Módulo de Fineza (NTP 400.011)

El módulo de fineza del agregado grueso, para su cálculo se usa el mismo criterio que para la arena, o sea se suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acum. Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 0 + 20.73 + 60.60 + 98.69 + 5 * 100.00}{100}$$

$$MF = 6.80$$

El módulo de fineza del agregado grueso ensayado es: 6.80

Interpretación: El módulo de fineza del agregado grueso es menos usado que el de la arena, de 6.80 significa que en mayor porcentaje es agregado de granulometría gruesa.

Tabla 43: Granulometría del agregado fino Cantera Phara

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETEN. gr	% RET. PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
3"	76.200	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Peso inicial gr.	501	gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			peso final gr.	500.49	gr.
2"	50.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			perdida %	0.102	%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%					
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA		
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%					
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Módulo de fineza	2.92	
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	Peso Especifico	2.620	gr/cm3
No 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%	Peso Unt.Suelto	1558.60	tn/m3
No 8	2.380	77.17	15.42%	15.42%	84.58%	80.00%	100.00%	Peso Unt.Varillado	1555.57	tn/m3
No 16	1.190	105.65	21.11%	36.53%	63.47%	50.00%	85.00%	Humedad Natural	2.81	%
No 30	0.590	125.95	25.17%	61.69%	38.31%	25.00%	60.00%	Absorción	1.33	%
No 50	0.300	108.40	21.66%	83.35%	16.65%	5.00%	30.00%	OBSERVACIONES:		
No 100	0.149	60.49	12.09%	95.44%	4.56%	0.00%	10.00%			
No 200	0.074	18.47	3.69%	99.13%	0.87%					
BASE		4.36	0.87%	100.00%	0.00%					
TOTAL		500.49	100.00%	MOD.FINEZA						
% PERDIDA		0.102%	Análisis Granulométrico Aceptado		< 0.30%					

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

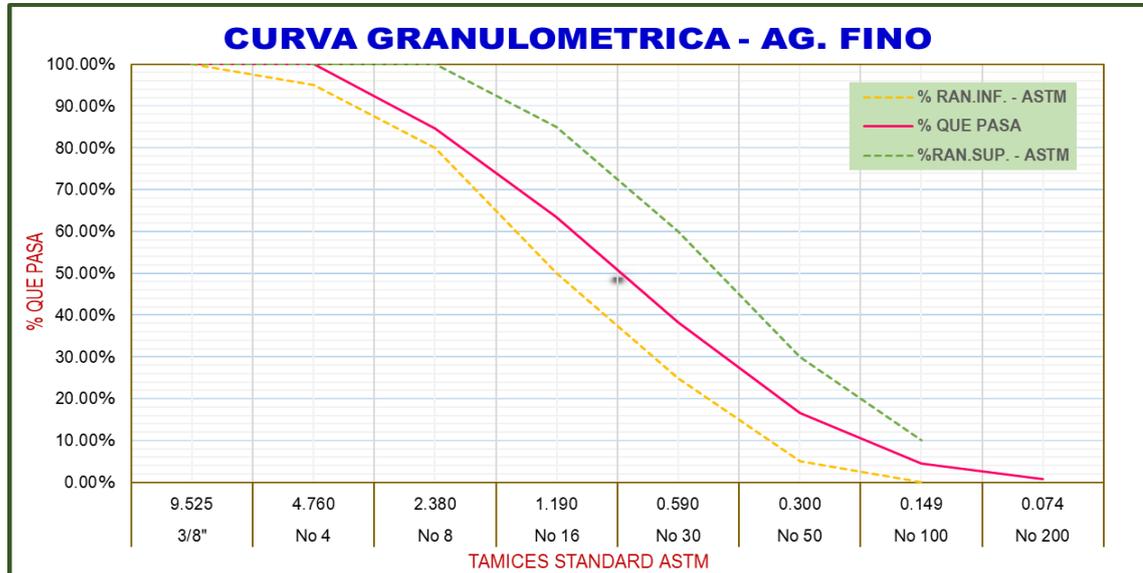


Figura 30: Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Se puede observar que la granulometría del agregado fino está dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.037, por lo que se considera aceptable para la preparación de concreto.

Módulo de Fineza (NTP 400.011)

El módulo de finura se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acum. Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 15.42 + 36.53 + 61.69 + 83.35 + 95.44}{100}$$

$$MF = 2.92$$

De donde el módulo de fineza del agregado fino ensayado es: 2.92.

Interpretación: El módulo de fineza del agregado fino suma valor, debido este mencionado agregado es el que proporciona la consistencia a la mezcla, de acuerdo a lo que se observa el valor de 2.92 significa que en mayor porcentaje es de agregado de granulometría gruesa.

Tabla 44: Granulometría del agregado grueso Cantera Phara

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETEN. gr	% RET. PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
3"	76.200	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Peso inicial gr.	10000	gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			peso final gr.	9994.00	gr.
2"	50.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			perdida %	0.060	%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
1"	25.400	935.00	9.36%	9.36%	90.64%	90.00%	100.00%	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA		
3/4"	19.050	980.00	9.81%	19.16%	80.84%	57.50%	80.00%			
1/2"	12.700	1910.00	19.11%	38.27%	61.73%	25.00%	60.00%	Módulo de fineza	6.69	
3/8"	9.525	1590.00	15.91%	54.18%	45.82%	12.50%	35.00%	Peso Especifico	2.580	gr/cm3
No 4	4.760	4154.00	41.56%	95.75%	4.25%	0.00%	10.00%	Peso Unt.Suelto	1811.25	tn/m3
No 8	2.380	425.00	4.25%	100.00%	0.00%	0.00%	5.00%	Peso Unt.Varillado	1774.34	tn/m3
No 16	1.190	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			Humedad Natural	0.34	%
No 30	0.590	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			Absorción	1.60	%
No 50	0.300	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			OBSERVACIONES:		
No 100	0.149	0.00	0.00%	100.00%	0.00%					
No 200	0.074	0.00	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%			
BASE		0.00	0.00%	100.00%	0.00%					
TOTAL		9994.00	100.00%	MOD.FINEZA						
% PERDIDA		0.060%	Análisis Granulométrico Aceptado		< 0.30%					

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

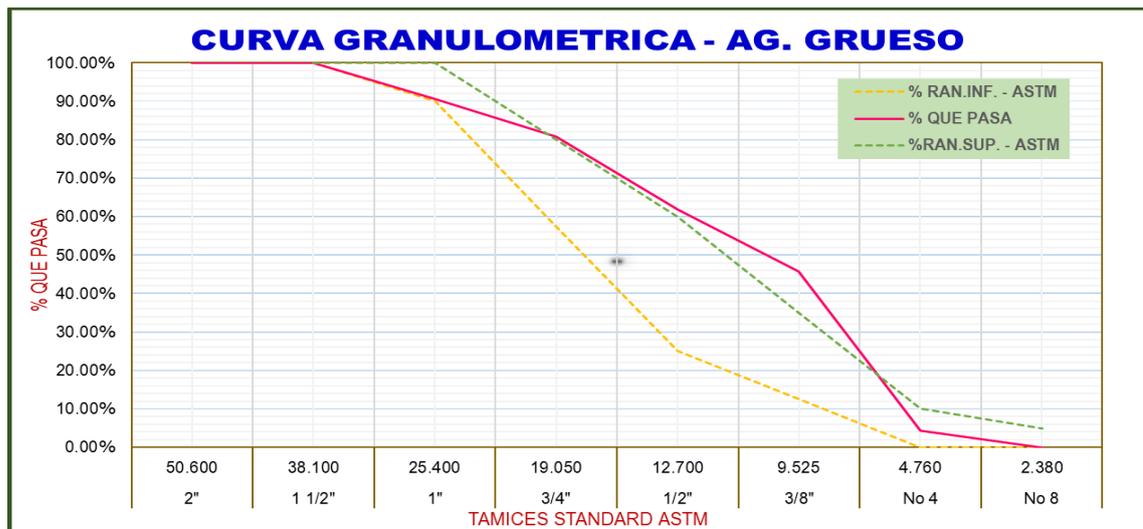


Figura 31: Curva granulométrica del agregado grueso Cantera Phara
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Los resultados indican que los agregados, aunque se encuentran de manera muy ajustada dentro de los límites permitidos y recomendados de granulometría, se pueden considerar como aceptables y adecuados para el uso de ellos en el proceso de investigación.

Módulo de Fineza (NTP 400.011)

El módulo de fineza del agregado grueso, para su cálculo se usa el mismo criterio que para la arena, o sea se suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acum. Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

$$MF = \frac{0 + 0 + 19.16 + 54.18 + 95.75 + 5 * 100.00}{100}$$

$$MF = 6.69$$

El módulo de fineza del agregado grueso ensayado es: 6.69



Interpretación: El módulo de fineza del agregado grueso es menos usado que el de la arena, de 6.69 significa que en mayor porcentaje es agregado de granulometría gruesa.

3.2.6 Ensayo de contenido de materia orgánica

Norma

AASHTO T-267

Equipo y materiales

- Balanza. - Con una sensibilidad de 0.01gr.
- Mufla. - que pueda mantener una temperatura continua de 445 +/-10C.
- Horno a 105 +/- 5°C
- Crisoles o platos de evaporación. – de material de aluminio, porcelana o níquel de capacidad 30 a 50 ml
- Tamiz N°4.- normalizado

Procedimiento

- Se separa el material pasante por la malla N°10(2.00mm), aproximadamente 500gr.
- Coloque la muestra en un recipiente previamente tarado y séquese en horno a 105+/-5C hasta obtener peso constante.
- De la muestra secada escoger una muestra que pese aproximadamente 40gr en tres crisoles tarados previamente.



- Coloque los crisoles que contiene muestra dentro de la mufla durante 6horas a una temperatura de 445+/-10C
- Pese los crisoles con muestras después de haber pasado por el proceso de ignición.
- El cálculo se realiza a través de la siguiente definición:

$$\% \text{ de Materia Organica} = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

Donde:

A: Peso del crisol más el suelo seco al horno antes de la ignición(gr.)

B: Peso del crisol más el suelo seco al horno después de la ignición (gr.)

C: Peso del crisol(gr.)

Tabla 45: Contenido de Materia Orgánica Cantera San Antonio

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA - AGREGADO FINO					
Nro. DE MOLDE	UND	A-01	A-02	A-03	C.M.O. - %
PESO TARA	gr	229.42	233.8	221.69	
PESO TARA + MUESTRA SECA	gr	270.26	272.13	261.86	
PESO TARA + M. SECA IGNEADA	gr	268.98	271.02	260.59	
PESO MUESTRA SECA	gr	40.84	38.33	40.17	3.06
PESO MATERIAL ORGANICO	gr	1.28	1.11	1.27	
CONT. MATERIA ORGANICA	%	3.13	2.90	3.16	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 46: Contenido de Materia Orgánica Cantera Phara

CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA - AGREGADO FINO					
Nro. DE MOLDE	UND	M-01	M-02	M-03	C.M.O. - %
PESO TARA	gr	226.57	239.3	234.21	
PESO TARA + MUESTRA SECA	gr	278.14	291.42	286	
PESO TARA + M. SECA IGNEADA	gr	276.01	289.40	284.20	
PESO MUESTRA SECA	gr	51.57	52.12	51.79	3.83
PESO MATERIAL ORGANICO	gr	2.13	2.02	1.80	
CONT. MATERIA ORGANICA	%	4.13	3.88	3.48	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Se obtuvo un contenido de 3.06% (Cantera San Antonio), 3.83% (Cantera Phara) de materia orgánica, este resultado es con respecto al peso seco del agregado fino, resultado que superan los parámetros permisibles.

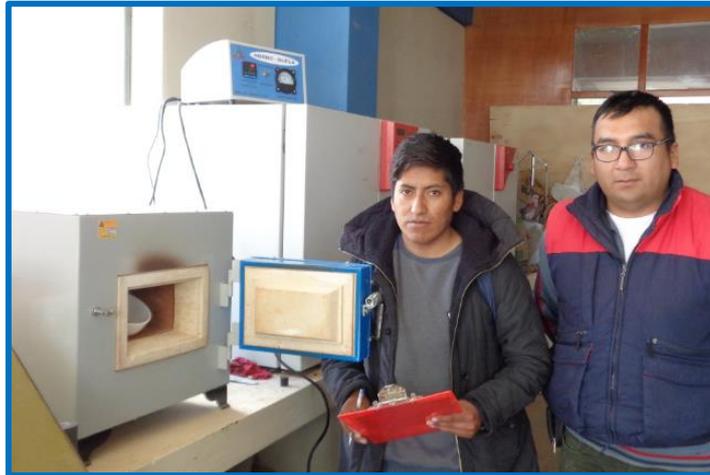


Figura 32: Contenido de materia orgánica – Colocado de los crisoles con muestras en horno de Ignición

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.2.7 Ensayo de Abrasión

El ensayo de abrasión facilita información de las propiedades físicas de desgaste que es de suma importancia para calcular la resistencia y durabilidad que tendrá el concreto luego de su elaboración.

El presente ensayo se hizo de acuerdo a la Norma ASTM C-131. y se determinó las propiedades de las canteras de SAN ANTONIO y PHARA.

Norma

ASTM C – 131, MTC E 207 – 2000

Equipo utilizado

- Horno 105 +/- 5 °C



- Tamices 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y Nro 12
- Bandejas
- Equipo de LOS ANGELES
- Cucharon
- Balanza de precisión

Procedimiento

- Se selecciona el método y el material de acuerdo al MTC E 207 – 2000, en nuestro caso se trata del método A para el agregado; el total del material es 5000gr, 1250gr de material pasante de la malla 1 1/2" y retenido en la malla 1" y 1250gr de material pasante de la malla 1" y retenido en la malla 3/4" y 1250gr de material pasante de la malla 3/4" y retenido en la malla 1/2" y 1250gr de material pasante de la malla 1/2" y retenido en la malla 3/8".
- El material a ser utilizado en el ensayo deberá estar lavado y seco.
- La norma establece que para el método de ensayo A se usan 12 esferas, estas junto con el total del material se depositan en la máquina de Los Ángeles y se programa, según indica el manual, 500 revoluciones a 30 – 33rpm.
- Una vez culminada esta sección, se retira el material y se tamiza por la malla N°12, el retenido se lava y seca en el horno, y se pesa dicho material

El resultado del ensayo es la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado como tanto por ciento del peso original. El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles. Calculándose tal valor así:

$$\% \text{ Desgaste} = 100 (P1 - P2) / P1$$

P1 = Peso muestra seca antes del ensayo.

P2 = Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12).



Figura 33: Agregados retenidos en los tamices para ensayo de desgaste
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 34: Máquina de los Ángeles
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 35: Ensayo de desgaste por abrasión de Los Ángeles
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 47: Desgaste por abrasión e impacto en la Cantera San Antonio

N° DE MALLA		CANTIDAD		MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N° 12	% DE DESGAST E DE ABRASION	METODO	CANTIDAD DE ESFERAS
PASANTE	RETENIDO	PESO	UNIDAD				
1 1/2"	1"	1250	gr.				
1"	3/4"	1250	gr.				
3/4"	1/2"	1250	gr.				
1/2"	3/8"	1250	gr.			A	12
TOTAL, EN PESO		5000	gr.	3768	gr.	1232	gr.
TOTAL, EN PORCENTAJE		100	%			24.64	%

Observación: tamaños menores (500 revoluciones)

Recomendaciones: La muestra posee un desgaste del 24.64% lo cual cumple con las exigencias de la norma ASTM C 131, es recomendable para la elaboración de concreto.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 48: Desgaste por abrasión e impacto en la Cantera Phara-Sandía

N° DE MALLA		CANTIDAD		MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N° 12	% DE DESGASTE DE ABRASION	METODO	CANTIDAD DE ESFERAS
PASANTE	RETENIDO	PESO	UNIDAD				
1 1/2"	1"	1250	gr.				
1"	3/4"	1250	gr.				
3/4"	1/2"	1250	gr.				
1/2"	3/8"	1250	gr.			A	12
TOTAL, EN PESO		5000	gr.	4097	gr.	903	gr.
TOTAL, EN PORCENTAJE		100	%			18.06	%

Observación: tamaños menores (500 revoluciones)

Recomendaciones: La muestra posee un desgaste del 18.06% lo cual cumple con las exigencias de la norma ASTM C 131, es recomendable para la elaboración de concreto.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Interpretación: Se obtuvo un porcentaje de desgaste de 24.64% en la Cantera San Antonio, y 18.06% para la Cantera Phara, este resultado es con respecto al peso de la muestra seca antes del ensayo, resultado que muestra que los agregados de Phara son más resistentes de San Antonio.

3.2.8 Ensayo de Impurezas Orgánicas

Norma

NTP 400.024, ASTM C 40

Equipo utilizado

- Botellas de vidrio
- Nivel de solución de color estándar: 75ml
- Nivel del agregado fino: 130ml
- Nivel de solución NaOH: 200ml

Procedimiento

- Disolver 3 partes del Hidróxido de sodio grado reactivo (NaOH) en 97 partes de agua por peso.
- Disolver Dicromato de Potasio grado reactivo ($K_2Cr_2O_7$) en ácido sulfúrico concentrado ($D=1,84$) a la velocidad de 0,250 g/100 ml de ácido.
- Llenar una botella de vidrio al nivel aproximado de 130 ml con la muestra de agregado fino.
- Añadir la solución de hidróxido de sodio mientras el volumen del agregado fino y el líquido luego de la agitación indican aproximadamente 200 ml.
- Tapar la botella, agitarla vigorosamente y dejarla reposar por 24 h.

- Al final del periodo de 24 h de reposo, llenar una botella de vidrio al nivel aproximado de 75 mL con la solución fresca de color estándar, preparada previamente en no más de 2 h, como lo indicado en el apartado 5.2. Colocar la botella con la muestra de ensayo y la botella con la solución de color estándar, ambas de lado a lado, y comparar el color de luz transmitido a través del líquido sobrenadante por encima de la muestra con el color de luz transmitido a través de la solución de color estándar. Registrar si el líquido sobrenadante es mayor, menor o igual al color de la solución estándar.



Figura 36: Ensayo de Impurezas Orgánicas
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

1	Blanco claro a transparente	Arena de muy buena calidad por no contener materia orgánica, limos o arcillas.
2	Amarillo pálido	Arena de poca presencia de materia orgánica, limos o arcillas. Se considera de buena calidad.
3	Amarillo Encendido	Contiene materia orgánica en altas cantidades. Puede usarse en hormigones de baja resistencia.
4	Café	Contiene materia orgánica en concentraciones muy elevadas. Se considera de mala calidad.
5	Café Chocolate	Arena de muy mala calidad. Existe demasiada materia orgánica, limos o arcillas. No se usa.

Figura 37: Ensayo de Impurezas Orgánicas

Fuente: Adaptado de ASTM C-40

Interpretación: De acuerdo al ensayo realizado los colores producidos por las muestras respecto al color estándar son los siguientes: En la Cantera San Antonio se muestra un color amarillento lo que indica que tiene poca presencia de materia orgánica; y en la cantera Phara se muestra un color chocolate lo que indica demasiada cantidad de materia orgánica.

3.2.9 Densidad del Cemento Portland IP (ASTM C 188, AASTHO T - 133)

Se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Lavamos el frasco Le Chatelier y secamos su interior (asegurarse que se encuentre libre de residuos y de humedad).
- Llenamos el frasco Le Chatelier entre las marcas de 0 y 1 ml (se recomienda llenar el frasco hasta la marca de 0 ml), con kerosene de acuerdo a lo especificado para el material y equipo. Secar el cuello del frasco si es necesario.
- El procedimiento siguiente es sumergir el frasco en Baño María a temperatura ambiente hasta que no existan diferencias mayores de 0.2 C



entre la temperatura del líquido dentro del frasco y la temperatura del líquido exterior a éste. Debido a que cuando se desprendan las burbujas de aire el líquido dentro del frasco disminuirá, llenar éste con una pipeta entre las marcas de 0 y 1 ml (se recomienda mantener la medida en cero). Anotar en la hoja de reporte el volumen de líquido dentro del frasco y la temperatura de ensayo (temperatura ambiente).

- d. Pesamos una cantidad de cemento de 64 ± 0.05 g y depositamos en el frasco. Teniendo cuidado al depositar el cemento de evitar salpicaduras y observar que el cemento no se adhiera al interior del frasco por encima del líquido. Se puede utilizar un aparato vibratorio o un embudo para acelerar la colocación del cemento y para prevenir que éste se adhiera al cuello del frasco.
- e. Colocamos el tapón en el frasco y hacemos girar éste en una posición inclinada o girarlo horizontalmente y suavemente en círculo, de tal manera de liberar de aire el cemento hasta que ya no exista escape de burbujas hacia la superficie.
- f. Sumergimos el frasco en el Baño María y controlamos la temperatura de éste tal como se hizo en el numeral 3) de este apartado. Medir el volumen y anotarlo.
- g. Para desalojar el cemento del frasco que contiene kerosene, colocar éste boca abajo, sin destaparlo. Mover el frasco, y el cemento se ubicará en las cercanías de la boca de éste.

La principal utilidad que tiene el peso específico del cemento está relacionada con el diseño y control de mezclas de concreto, la misma que se determina de la siguiente manera:

$$C d. = \frac{64.00}{(23.30 - 0.60)}$$

$$C d. = 2.82$$

$$C p. e. r = \frac{2.82}{(1.00)}$$

$$C p. e. r = 2.82$$



Figura 38: Agitado de frasco le chatelier para eliminar burbujas de aire
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



Figura 39: Colocación del cemento en el frasco le chatelier
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.2.10 Ensayo de Contenido de Finos

Norma

NTP 339.181

Equipo utilizado

- Balanza. - Si se va a pesar agregados finos se debe utilizar una balanza con aproximación de 0.1gr.
- Tamices. - La serie de tamices para agregados finos son #4, #200 base y tapa.
- Horno a 105 +/- 5°C

Procedimiento

- Separar el agregado fino del grueso usando el tamiz #4.
- Tomar tres muestras representativas de cada cantera para hacerlos secar en horno durante 24horas.
- Pesar en balanza de precisión las muestras secadas en el horno.
- Lavar las muestras con agua con el apoyo de malla #200 para eliminar todo el material fino (limos y arcillas).
- Después de lavar colocar nuevamente en horno, para volver a pesar en balanza.
- El cálculo de para obtener la cantidad de finos encontrados en la muestra se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 49: Contenido de Finos en la Cantera San Antonio - Puno

CONTENIDO DE FINOS - AGREGADO FINO					
Nro DE MOLDE	UND	A-01	A-02	A-03	C.F. - %
PESO TARA	gr	397	396	398	
PESO TARA + M. SECA CON FINOS	gr	1313.75	1313.25	1314.25	
PESO TARA + M. SECA SIN FINOS	gr	1198.99	1198.50	1199.48	
PESO MUESTRA SECA CON FINOS	gr	916.75	917.25	916.25	12.52
PESO MUESTRA SECA SIN FINOS	gr	801.99	802.50	801.48	
PESO SECO DEL MATERIAL FINO	gr	114.76	114.75	114.77	
CONT. MATERIA FINO	%	12.52	12.51	12.53	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 50: Contenido de Finos en la Cantera Phara - Sandía

CONTENIDO DE FINOS - AGREGADO FINO					
Nro DE MOLDE	UND	A-01	A-02	A-03	C.F. - %
PESO TARA	gr	394	393	395	
PESO TARA + M. SECA CON FINOS	gr	1314	1315	1313	
PESO TARA + M. SECA SIN FINOS	gr	1108.00	1109.00	1107.00	
PESO MUESTRA SECA CON FINOS	gr	920.00	922.00	918.00	22.39
PESO MUESTRA SECA SIN FINOS	gr	714.00	716.00	712.00	
PESO SECO DEL MATERIAL FINO	gr	206.00	206.00	206.00	
CONT. MATERIA FINO	%	22.39	22.34	22.44	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.3. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Una vez que se conocen las propiedades de cada uno de los componentes del concreto, podemos combinarlos en proporciones adecuadas buscando así cumplir con las especificaciones solicitadas (resistencia a la compresión), y tener un comportamiento eficiente ante las condiciones a las que estará expuesto.

El diseño de mezclas se ha realizado por el método del Módulo de Fineza, buscando así obtener una mejor combinación de los agregados grueso y fino (en función de sus módulos de fineza).

La resistencia a la compresión de diseño se plantea 210 kg/cm² (a los 28 días), puesto que ésta es considerada como la resistencia común que se usan en obras civiles.

3.3.1 Materiales Cementantes

Se ha optado por trabajar con Cemento Portland tipo IP (ASTM C150) marca RUMI, por ser éste de uso general para obras sin especificaciones particulares, y la marca RUMI por ser esta comercial en la región de Puno.

3.3.2 Agregados

Se utilizaron los agregados provenientes de las canteras San Antonio y Phara, el tamaño estándar del agregado grueso se ciñe a la gradación N° 57 (ASTM C 33).

Y éstos presentan las siguientes características:

Tabla 51: Propiedades del Agregado de la Cantera San Antonio

DESCRIPCION	UND	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	CEMENTO
CANTERA	-	San Antonio - Puno	San Antonio - Puno	-
PERFIL	-	Redondeada Lisa	Redondeada Lisa	-
PESO UNITARIO SUETO	kg/m ³	1413.30	1427.95	-
PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m ³	1636.74	1594.62	-
PESO ESPECIFICO SECO	gr/cm ³	2.406	2.405	-
DENSIDA RELATIVA	gr/cm ³	-	-	2.82
MODULO DE FINEZA	-	2.670	6.800	-
TMN	"	-	1"	-
% DE ABSORCION	%	3.01	3.42	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.88	2.24	-

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 52: Propiedades del Agregado de la Cantera Phara

DESCRIPCION	UND	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	CEMENTO
CANTERA	-	Phara - Sandia	Phara - Sandia	-
PERFIL	-	Redondeada Lisa	Redondeada Lisa	-
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m ³	1558.60	1555.57	-
PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m ³	1811.25	1774.34	-
PESO ESPECIFICO SECO	gr/cm ³	2.62	2.58	-
DENSIDA RELATIVA	gr/cm ³	-	-	2.82
MODULO DE FINEZA	-	2.920	6.690	-
TMN	"	-	1"	-
% DE ABSORCION	%	1.33	1.60	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.81	0.34	-

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.3.3 Agua

Se usó agua potable del Laboratorio de Construcciones de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano – PUNO.

3.4. DISEÑO DE MEZCLA CANTERA SAN ANTONIO F'C = 210 KG/CM² – MÉTODO: MÓDULO DE FINEZA

Se realizará el procedimiento del diseño de mezclas de concreto para la cantera San Antonio, y para la cantera Phara solo se mostrará como un resumen del diseño de mezclas ya que el procedimiento es similar. A continuación, se presenta la secuencia del diseño de mezcla de concreto de la Cantera San Antonio.

Datos: Cantera San Antonio.



DESCRIPCION	UND	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	CEMENTO
PESO UNITARIO SUETO	kg/m ³	1413.30	1427.95	-
PESO UNITARIO COMPACTADO	kg/m ³	1636.74	1594.62	-
PESO ESPECIFICO SECO	gr/cm ³	2.406	2.405	-
DENSIDA RELATIVA	gr/cm ³	-	-	2.82
MODULO DE FINEZA	-	2.670	6.800	-
TMN	"	-	1"	-
% DE ABSORCION	%	3.01	3.42	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.88	2.24	-

a) Cálculo de la Resistencia Promedio

Puesto que no se cuenta con registros anteriores de desviación estándar, para el cálculo de la resistencia promedio se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 53: Resistencia Promedio

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

Fuente: Rivva, 2014.

Por lo tanto, para una resistencia de diseño de 210 kg/cm², se considera el factor de 84 kg/cm², obteniendo una resistencia promedio de 294 kg/cm².

b) Tamaño Máximo Nominal del Agregado

El tamaño máximo nominal del agregado grueso considerado para la presente investigación es de 1", siendo el tamaño máximo 1 ½".

c) Selección del Asentamiento

Se ha considerado realizar el diseño de mezcla con una consistencia plástica con el fin de garantizar la trabajabilidad del concreto, teniéndose un revenimiento de 3" a 4".

d) Volumen Unitario de Agua

Para la determinación del volumen unitario de agua, se ha considerado la siguiente tabla establecida por el ACI 211:

Tabla 54: Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua, en lt/m ³ , para los tamaños Máximos Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: Rivva, 2014.

Por lo tanto, para una mezcla de consistencia plástica (revenimiento de 3" a 4"), y de tamaño máximo nominal de 1", se tiene un volumen unitario de 193 l/m³.

e) Selección del Contenido de Aire

Puesto que no ha sido considerado la incorporación de aire en el diseño, se procede a obtener el porcentaje de aire atrapado, según la siguiente tabla:

Tabla 55: Contenido de aire atrapado

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: Rivva, 2014.

Por lo tanto, para un tamaño máximo nominal de 1", se tiene 1.5% de aire atrapado en la mezcla.

f) Relación Agua/Cemento

Tabla 56: Relación agua cemento a/c

f'_{cr} (28 días)	Relación Agua - Cemento de diseño en peso.	
	Concretos Sin Aire Incorporado	Concretos Con Aire Incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
450	0.38	---

Fuente: Rivva, 2014.

Entrando en la tabla, para una resistencia promedio correspondiente a 294 kg/cm² en un concreto sin aire incorporado, se encuentra una relación agua-cemento por resistencia de 0.56.

g) Factor Cemento

Determinamos el factor cemento por la siguiente expresión:

$$FC = \frac{\text{Vol. unitario de agua}}{\text{Relación a/c}} = \frac{193 \text{ l/m}^3}{0.56} = 344.64 \text{ kg/m}^3$$

h) Cálculo del Volumen Absoluto de Pasta

Determinamos los volúmenes unitarios de los componentes de la pasta

$$\text{Vol. unitario de cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{P.e. del cemento}} = \frac{344.64 \text{ kg/m}^3}{2820 \text{ kg/m}^3} = 0.122$$

$$\text{Vol. unitario de agua} = \frac{\text{Vol. unit. agua}}{\text{P.e. del agua}} = \frac{193 \text{ l/m}^3}{1000 \text{ l/m}^3} = 0.193$$

$$\text{Vol. unitario de Aire} = \% \text{ de aire atrapado} = 1.5\% = 0.015$$

Tabla 57: Volúmenes absolutos de pasta

VOLUMEN ABSOLUTO DE PASTA (M3)	
Cemento	0.122
Agua	0.193
Aire	0.015
VOLUMEN PASTA	0.330

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

i) Cálculo del Volumen Absoluto de Agregado

Siendo el agregado complemento de la pasta, se tiene que:

$$\text{Vol. absoluto de agregado} = \text{Vol. total (1)} - \text{Vol. absoluto de la pasta}$$

$$\text{Vol. absoluto de agregado} = 1 - 0.330 = 0.67$$

j) Cálculo del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados

Una vez conocido el volumen absoluto de agregado en general, necesitamos obtener los volúmenes absolutos de los agregados grueso y fino respectivamente.

Para ello es necesario determinar el módulo de fineza de la combinación de agregados (m), en la siguiente tabla:

Tabla 58: Módulo de fineza de la combinación de los agregados

TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO plg.	Módulo de fineza de la combinación de agregados que dan las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos por metro cubico indicados								
	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3/8"	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19	4.27	4.36	4.44	4.52
1/2"	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69	4.77	4.86	4.94	5.02
3/4"	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19	5.27	5.36	5.44	5.52
1"	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49	5.57	5.66	5.74	5.82
1 1/2"	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79	5.87	5.96	6.04	6.12
2"	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09	6.17	6.26	6.34	6.42
3"	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39	6.47	6.56	6.64	6.72

Fuente: Rivva, 2014.

En la tabla encontramos valores de módulos de fineza de la combinación de agregados (m), que ofrecen las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en bolsas/m³, entonces para el presente diseño de mezcla:

$$\text{N}^\circ \text{ de bolsas de cemento por m}^3 = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{Peso de la bolsa}} = \frac{344.64}{42.5} = 8.11$$



Por lo tanto, interpolando en la tabla se obtiene que para 8.11 bolsas/m³ de concreto y un tamaño máximo de 1” el módulo de fineza de la combinación de agregados es ($m = 5.42$).

k) Cálculo del Valor %Rf.

Obtenido a partir de la siguiente expresión:

$$\%Rf = 100 * \frac{(mg - m)}{(mg - mf)} = 100 * \frac{(6.80 - 5.42)}{(6.80 - 2.67)} = 33.41 \%$$

Dónde:

%Rf : Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto de agregado.

m : Módulo de fineza de la combinación de agregados.

mg : Módulo de fineza del agregado grueso.

mf : Módulo de fineza del agregado fino.

l) Determinación del Porcentaje de Incidencia del Agregado Grueso con respecto al Agregado Global.

$$\% Rg = 1 - Rf$$

$$\% Rg = 1 - 33.41\%$$

$$\% Rg = 66.59 \%$$

m) Cálculo de los Volúmenes Absolutos del Agregado.

Se procede a obtener los volúmenes absolutos de agregado fino y grueso:

$$Vol. abs. de agregado fino = \%Rf * Vol. abs. del agregado$$

$$Vol. abs. de agregad fino = 0.3341 * 0.670 = 0.2238m^3$$

$$Vol. abs. de agregado grueso = \%Rg * Vol. abs. del agregado$$

$$Vol. abs. de agregado grueso = 0.6659 * 0.67 = 0.4460m^3$$



n) Cálculo de los Pesos Secos del Agregado.

$$\text{Peso seco ag. fino} = \text{Vol. abs. de ag. fino} * \text{P. e. del ag. fino}$$

$$\text{Peso seco ag. fino} = 0.2238 * 2406 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 538.47 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso seco ag. grueso} = \text{Vol. abs. de ag. grueso} * \text{P. e. del ag. grueso}$$

$$\text{Peso seco ag. grueso} = 0.4460 * 2405 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1072.59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

o) Cantidad de Material por m3 en peso seco.

MATERIAL	PESO SECO / m3
Cemento	344.64kg
Agua	193.00lts
Agregado Grueso	1072.59kg
Agregado Fino	538.47kg
Aire	1.50%

p) Corrección por Humedad del Agregado.

Peso húmedo de:

Agregado fino	538.47	x	1+4.88%	564.75 kg/m3
Agregado grueso	1072.59	x	1+2.24 %	1096.62 kg/m3

Determinación de humedad superficial del agregado:

Agregado fino	4.88	-	3.01	1.87 %
Agregado grueso	2.24	-	3.42	-1.18 %

Aporte de humedad del:

Agregado fino	538.47	x	1.87 %	10.07lt
Agregado grueso	1072.59	x	-1.18 %	-12.66 lt
Aporte de agua de los agregados				2.59 Lt

q) Cantidad de Material Corregido por m³ de Concreto.

MATERIAL	PESO HUMEDO / m ³
Cemento	344.64kg
Agua Efectiva	195.59lts
Agregado Grueso	1096.62kg
Agregado Fino	564.75kg
Aire	1.50%

r) Proporción en Peso de los Materiales Corregidos.

$\frac{\text{cemento}}{8.11}$:	$\frac{\text{A. Fino}}{8.11}$:	$\frac{\text{A. Grueso}}{8.11}$:	$\frac{\text{Agua}}{8.11}$
8.11		13.45		26.52		195.59
1		1.66		3.27		24.12 lts/bls

s) Cantidad de Material Corregido por Bolsa de Cemento.

Cemento	1.00 x	42.5	42.50	Kg/bls.
Agua efectiva	24.12 x	1.00	23.82	Lt/bls.
Agregado fino	1.66 x	42.5	69.20	Kg/bls.
Agregado grueso	3.27 x	42.5	143.15	Kg/bls.

Se ha considerado la dosificación en peso con fines de eliminar posibles errores en medición. Además, las correcciones por humedad fueron consideradas para cada fecha de elaboración de concreto.

3.5. DISEÑO DE MEZCLAS DE DIFERENTES CANTERAS

Culminado el diseño paso a paso y obtenidas las dosificaciones, calculamos las proporciones en peso de todos los materiales necesarios para una tanda de concreto para la elaboración de los especímenes cilíndricos de 4" x 8" (basado en la norma ASTM C39), para ser sometidos a los ensayos de compresión.

3.5.1 Proporciones de los componentes del concreto patrón

Las proporciones de los agregados han sido determinados para un contenido de agregados naturales (A.N.) al 0%, es decir sin la inclusión de materiales finos (pasantes la malla Nro 200) y orgánicos.

Tabla 59: Diseño de mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en peso seco al 0% de A.N.

Descripción	Dosificación en peso $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
	Cantera San Antonio	Cantera Phara
Cemento	1.00	1.00
Agregado fino	1.56	1.72
Agregado grueso	3.11	3.32
Agua	0.56	0.56

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.5.2 Proporciones de los componentes del concreto con inclusión de agregados naturales.

Al diseño de mezclas patrón se le añade un componente denominado agregado natural (A.N.) en porcentajes de 5%,10%,15%,20%,25% respecto al peso seco del agregado fino, tales porcentajes fueron propuestos en el planteamiento del problema de la presente investigación.

Para obtener resultados y gráficos estadísticos más representativos se tuvo que añadir dos porcentajes de agregado natural al 7.5% y 12.5%.

Tabla 60: Cantera: San Antonio, Diseño de mezclas en peso seco incluyendo A.N.

Descripción	Dosificación en peso $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$						
	Cantera: San Antonio						
	5%	7.5%	10%	12.50%	15%	20%	25%
Cemento	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agregado fino	1.48	1.45	1.41	1.37	1.33	1.25	1.17
Agregado grueso	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
Agua	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Agregado Natural	0.08	0.11	0.15	0.19	0.23	0.31	0.39

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 61: Cantera: Phara, Diseño de mezclas en peso seco incluyendo A.N.

Descripción	Dosificación en peso f'c = 210 kg/cm ²						
	Cantera: Phara						
	5%	7.5%	10%	12.50%	15%	20%	25%
Cemento	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agregado fino	1.63	1.59	1.55	1.51	1.46	1.37	1.29
Agregado grueso	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
Agua	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Agregado Natural	0.09	0.13	0.17	0.21	0.26	0.35	0.43

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del agregado natural (M.O.+M.F.), el contenido de material orgánico y material fino se determinó de manera proporcional a la cantidad encontrada en las muestras de cada cantera, según resultados de los ensayos descritos en los ítems 3.2.6 y 3.2.12.

3.6. FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS

A. Determinación del Tipo y Cantidad de Probetas

Para esta finalidad, se consideró las especificaciones de la Norma ASTM C39 y las recomendaciones del Comité ACI 318-08 Requisitos de Reglamento para concreto estructural, 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.

En la presente investigación se consideró usar 04 probetas de 4”(100mm)x8”(200mm) para obtener el promedio de cada tipo de resultados.



B. Método Estándar Para la Elaboración de Probetas Cilindro de Concreto

Norma

NTP.339.033, ASTM C-192

Método

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

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, cucharón, plancha metálica, desmoldante. Los Moldes usados para formar los especímenes fueron de metal de 4” x 8”
- Varilla apisonadora con punta redondeada de 3/8” de diámetro y 30cm de longitud.
- Mazo de goma de 0.5 kg.

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.



Figura 40: Elaboración de probetas de concreto
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

C. Curado de los Especímenes

Otazzi (2004), menciona que la edad del concreto con cemento tipo I la resistencia a los 7 días es aproximadamente 65% a 70% de la resistencia a los 28 días.

Luego de 24 horas del moldeo de probetas, se procedió al desencofrado de estos y se almacenaron en cilindros o piscina de curado saturada con agua que las cubren totalmente durante un periodo de 7,14 y 28 días, estos son los periodos en el que el concreto deberá cumplir con los requerimientos de resistencia establecidos en el diseño de mezcla.



Figura 41: Curado de probetas de concreto
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.7. ENSAYOS REALIZADOS

3.7.1 Ensayos en Estado Fresco del Concreto

Una vez obtenido el diseño de mezclas se procedió a realizar el vaciado del concreto en los moldes, siendo necesario la realización de ensayos en estado fresco del concreto, con la finalidad de controlar el asentamiento o SLUMP de la mezcla de concreto, parámetro principal de control en lo que a la trabajabilidad del concreto respecta.

3.7.1.1 Ensayo de Revenimiento o Asentamiento en el Cono de Abrams (ASTM-C143).

El presente ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM-C143. Y para realizar esta prueba se utiliza un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso



de 5/8” de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica. (Abanto Castillo, 1997)

Equipo utilizado

- Varilla Lisa de 5/8”.
- Cono de Abrams.

Procedimiento

- El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.
- Enseguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
- La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.
- El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.
- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.



Figura 42: Asentamiento del concreto
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

3.7.2 Ensayo de Concreto Endurecido

3.7.2.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto

Norma

NTP 339.034, ASTM C-39

Método

Este ensayo consiste en la aplicación de carga axial en la parte superior de la probeta, de forma constante hasta alcanzar la rotura del espécimen de prueba, siendo la resistencia a la compresión el cociente resultante de la máxima carga aplicada entre el área promedio de la probeta antes de que ocurra la rotura de la misma.

Se emplea la resistencia a compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran incrementándose esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la



carga máxima para una unidad de área por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto, 1997)

Equipo utilizado

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

Procedimiento de Ensayo

- Retirar los especímenes a ser ensayados de los recipientes de curado.
- Ponerles 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.

Cálculo

La resistencia a la compresión de la probeta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}; \quad A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

$f'c$: Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto. (Kg/cm²).

P: Máxima carga Aplicada (kg).

ϕ : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

A: Área promedio de la probeta (cm²).



Figura 43: Ensayo a la compresión del concreto
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ENSAYO DE LAS MUESTRAS A LOS 7, 14 y 28 DÍAS

Con la finalidad de definir las propiedades mecánicas del concreto, principalmente la resistencia a la compresión simple, se ensayó testigos cilíndricos estándares de 10 cm x 20 cm, de acuerdo a una velocidad de carga rápida, hasta la fractura de testigo. El proceso es descrito en detalle en la Norma ASTM C-192.

Los testigos elaborados, se mantuvieron 24 horas en el molde, para luego del tiempo mencionado fueran trasladadas para el debido curado en los laboratorios.

Luego de alcanzar las edades mencionadas anteriormente de los testigos ya mencionados, estos fueron dispuestos para el ensayo de compresión simple. Se tomaron datos como el diámetro de cada una de ellas que fueron medidas y registradas, también la altura de estas, y luego fueron ensayadas luego de obtener dichos datos, fijando y nivelando las caras superior e inferior de diámetro de 10 cm, teniendo un adecuado ensayo a compresión.

Los resultados obtenidos en las canteras SAN ANTONIO Y PHARA de los ensayos de compresión para la resistencia especificada de 210kg/cm² a las edades de 7, 14 y 28 días para porcentajes de 5%, 7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% de agregado natural, se muestra a continuación en las tablas siguientes:

❖ RESULTADOS DE LA CANTERA SAN ANTONIO

Tabla 62: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 0% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.

Probetas N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTEN. f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	0.0%	SAN ANTONIO	7 DIAS	12190	10.150	80.91	150.66 kg/cm ²	210	71.7%
2	0.0%	SAN ANTONIO	7 DIAS	12420	10.100	80.11	155.03 kg/cm ²	210	73.8%
3	0.0%	SAN ANTONIO	7 DIAS	11530	10.170	81.23	141.95 kg/cm ²	210	67.6%
4	0.0%	SAN ANTONIO	7 DIAS	12200	9.292	67.81	179.92 kg/cm ²	210	85.7%
5	0.0%	SAN ANTONIO	14 DIAS	15260	10.121	80.45	189.68 kg/cm ²	210	90.3%
6	0.0%	SAN ANTONIO	14 DIAS	15790	10.151	80.93	195.09 kg/cm ²	210	92.9%
7	0.0%	SAN ANTONIO	14 DIAS	15670	10.151	80.93	193.61 kg/cm ²	210	92.2%
8	0.0%	SAN ANTONIO	14 DIAS	16160	10.123	80.48	200.80 kg/cm ²	210	95.6%
9	0.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	18210	10.145	80.83	225.29 kg/cm ²	210	107.3%
10	0.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	17950	10.134	80.65	222.56 kg/cm ²	210	106.0%
11	0.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	18100	10.108	80.24	225.57 kg/cm ²	210	107.4%
12	0.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	18310	10.121	80.45	227.59 kg/cm ²	210	108.4%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 64, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 0%; la cantera SAN ANTONIO a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 156.89kg/cm² <> 74.71%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 194.80kg/cm² <> 92.76%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 225.25kg/cm² <> 107.26%).

Tabla 63: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 5% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.

Probetas N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTEN. f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	5.0%	SAN ANTONIO	7 DIAS	11720	10.130	80.59	145.43 kg/cm ²	210	69.3%
2	5.0%	SAN ANTONIO	7 DIAS	11670	10.191	81.56	143.08 kg/cm ²	210	68.1%
3	5.0%	SAN ANTONIO	7 DIAS	11530	10.140	80.76	142.77 kg/cm ²	210	68.0%
4	5.0%	SAN ANTONIO	7 DIAS	11820	10.140	80.75	146.37 kg/cm ²	210	69.7%
5	5.0%	SAN ANTONIO	14 DIAS	14430	10.134	80.65	178.91 kg/cm ²	210	85.2%
6	5.0%	SAN ANTONIO	14 DIAS	15160	10.169	81.22	186.66 kg/cm ²	210	88.9%
7	5.0%	SAN ANTONIO	14 DIAS	14600	10.142	80.78	180.74 kg/cm ²	210	86.1%
8	5.0%	SAN ANTONIO	14 DIAS	14720	10.047	79.28	185.67 kg/cm ²	210	88.4%
9	5.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	18460	10.130	80.59	229.06 kg/cm ²	210	109.1%
10	5.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	17790	10.191	81.56	218.11 kg/cm ²	210	103.9%
11	5.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	18100	10.142	80.78	224.06 kg/cm ²	210	106.7%
12	5.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	17510	10.047	79.28	220.86 kg/cm ²	210	105.2%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 65, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 5%; la cantera SAN ANTONIO a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 144.41kg/cm² <> 68.77%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 183.00kg/cm² <> 87.14%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 223.03kg/cm² <> 106.20%).

Tabla 64: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 7.5% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	7.5%	SAN ANTONIO	7	10240	10.166	81.17	126.16 kg/cm ²	210	60.1%
2	7.5%	SAN ANTONIO	7	10270	10.142	80.78	127.13 kg/cm ²	210	60.5%
3	7.5%	SAN ANTONIO	7	10270	10.136	80.70	127.27 kg/cm ²	210	60.6%
4	7.5%	SAN ANTONIO	7	10470	10.141	80.76	129.64 kg/cm ²	210	61.7%
5	7.5%	SAN ANTONIO	14	13470	10.150	80.91	166.47 kg/cm ²	210	79.3%
6	7.5%	SAN ANTONIO	14	13460	10.110	80.28	167.66 kg/cm ²	210	79.8%
7	7.5%	SAN ANTONIO	14	13690	10.132	80.63	169.78 kg/cm ²	210	80.8%
8	7.5%	SAN ANTONIO	14	13520	10.131	80.62	167.71 kg/cm ²	210	79.9%
9	7.5%	SAN ANTONIO	28 DIAS	17550	10.166	81.17	216.22 kg/cm ²	210	103.0%
10	7.5%	SAN ANTONIO	28 DIAS	16990	10.142	80.78	210.32 kg/cm ²	210	100.2%
11	7.5%	SAN ANTONIO	28 DIAS	17430	10.132	80.63	216.17 kg/cm ²	210	102.9%
12	7.5%	SAN ANTONIO	28 DIAS	17290	10.131	80.62	214.47 kg/cm ²	210	102.1%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 66, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 7.5%; la cantera SAN ANTONIO a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 127.55kg/cm² <> 60.74%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 167.91kg/cm² <> 79.96%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 214.29kg/cm² <> 102.04%).

Tabla 65: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 10% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	10.0%	SAN ANTONIO	7	9900	10.161	81.09	122.08 kg/cm ²	210	58.1%
2	10.0%	SAN ANTONIO	7	9850	10.147	80.87	121.81 kg/cm ²	210	58.0%
3	10.0%	SAN ANTONIO	7	9780	10.032	79.04	123.74 kg/cm ²	210	58.9%
4	10.0%	SAN ANTONIO	7	9950	10.083	79.84	124.62 kg/cm ²	210	59.3%
5	10.0%	SAN ANTONIO	14	12920	10.102	80.16	161.19 kg/cm ²	210	76.8%
6	10.0%	SAN ANTONIO	14	13030	10.026	78.95	165.03 kg/cm ²	210	78.6%
7	10.0%	SAN ANTONIO	14	13060	10.136	80.69	161.86 kg/cm ²	210	77.1%
8	10.0%	SAN ANTONIO	14	12740	10.134	80.66	157.94 kg/cm ²	210	75.2%
9	10.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	16850	10.161	81.09	207.78 kg/cm ²	210	98.9%
10	10.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	17020	10.147	80.87	210.47 kg/cm ²	210	100.2%
11	10.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	16750	10.136	80.69	207.60 kg/cm ²	210	98.9%
12	10.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	16950	10.134	80.66	210.13 kg/cm ²	210	100.1%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 67, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 10%; la cantera SAN ANTONIO a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 123.06kg/cm² <> 58.60%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 161.51kg/cm² <> 76.91%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 209.00kg/cm² <> 99.52%).

Tabla 66: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 12.5% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	12.5%	SAN ANTONIO	7	8550	10.084	79.86	107.06 kg/cm ²	210	51.0%
2	12.5%	SAN ANTONIO	7	8790	10.148	80.89	108.67 kg/cm ²	210	51.7%
3	12.5%	SAN ANTONIO	7	9050	10.072	79.67	113.59 kg/cm ²	210	54.1%
4	12.5%	SAN ANTONIO	7	8530	10.094	80.03	106.59 kg/cm ²	210	50.8%
5	12.5%	SAN ANTONIO	14	11790	10.055	79.40	148.49 kg/cm ²	210	70.7%
6	12.5%	SAN ANTONIO	14	12290	10.084	79.86	153.89 kg/cm ²	210	73.3%
7	12.5%	SAN ANTONIO	14	12170	10.122	80.47	151.23 kg/cm ²	210	72.0%
8	12.5%	SAN ANTONIO	14	11560	10.019	78.84	146.63 kg/cm ²	210	69.8%
9	12.5%	SAN ANTONIO	28 DIAS	14650	10.084	79.86	183.43 kg/cm ²	210	87.3%
10	12.5%	SAN ANTONIO	28 DIAS	14510	10.148	80.89	179.39 kg/cm ²	210	85.4%
11	12.5%	SAN ANTONIO	28 DIAS	14160	10.122	80.47	175.96 kg/cm ²	210	83.8%
12	12.5%	SAN ANTONIO	28 DIAS	14330	10.019	78.84	181.76 kg/cm ²	210	86.6%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 68, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 12.5%; la cantera SAN ANTONIO a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 108.97kg/cm² <> 51.89%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 150.06kg/cm² <> 71.46%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 180.14kg/cm² <> 85.78%).

Tabla 67: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 15% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	15.0%	SAN ANTONIO	7	6840	10.147	80.87	84.58 kg/cm ²	210	40.3%
2	15.0%	SAN ANTONIO	7	6560	10.084	79.87	82.13 kg/cm ²	210	39.1%
3	15.0%	SAN ANTONIO	7	6610	10.064	79.55	83.09 kg/cm ²	210	39.6%
4	15.0%	SAN ANTONIO	7	6640	10.098	80.09	82.90 kg/cm ²	210	39.5%
5	15.0%	SAN ANTONIO	14	10180	10.038	79.13	128.64 kg/cm ²	210	61.3%
6	15.0%	SAN ANTONIO	14	9830	10.150	80.91	121.49 kg/cm ²	210	57.9%
7	15.0%	SAN ANTONIO	14	10490	10.067	79.60	131.78 kg/cm ²	210	62.8%
8	15.0%	SAN ANTONIO	14	9970	10.127	80.54	123.79 kg/cm ²	210	58.9%
9	15.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	12410	10.147	80.87	153.45 kg/cm ²	210	73.1%
10	15.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	12560	10.084	79.87	157.26 kg/cm ²	210	74.9%
11	15.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	11800	10.067	79.60	148.24 kg/cm ²	210	70.6%
12	15.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	11980	10.127	80.54	148.74 kg/cm ²	210	70.8%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 69, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 15%; la cantera SAN ANTONIO a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 83.18kg/cm² <> 39.61%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 126.43kg/cm² <> 60.20%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 151.92kg/cm² <> 72.34%).

Tabla 68: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 20% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	20.0%	SAN ANTONIO	7	5670	10.172	81.26	69.78 kg/cm ²	210	33.2%
2	20.0%	SAN ANTONIO	7	5700	10.115	80.36	70.93 kg/cm ²	210	33.8%
3	20.0%	SAN ANTONIO	7	5250	10.145	80.84	64.94 kg/cm ²	210	30.9%
4	20.0%	SAN ANTONIO	7	5460	10.139	80.73	67.63 kg/cm ²	210	32.2%
5	20.0%	SAN ANTONIO	14	8140	10.105	80.19	101.51 kg/cm ²	210	48.3%
6	20.0%	SAN ANTONIO	14	8380	10.099	80.10	104.62 kg/cm ²	210	49.8%
7	20.0%	SAN ANTONIO	14	8510	10.108	80.25	106.04 kg/cm ²	210	50.5%
8	20.0%	SAN ANTONIO	14	8240	10.134	80.66	102.16 kg/cm ²	210	48.6%
9	20.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	9980	10.172	81.26	122.82 kg/cm ²	210	58.5%
10	20.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	10200	10.115	80.36	126.93 kg/cm ²	210	60.4%
11	20.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	9560	10.108	80.25	119.13 kg/cm ²	210	56.7%
12	20.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	9720	10.134	80.66	120.51 kg/cm ²	210	57.4%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 70, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 20%; la cantera SAN ANTONIO a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 68.32kg/cm² <> 32.53%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 103.58kg/cm² <> 49.32%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 122.35kg/cm² <> 58.26%).

Tabla 69: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 25% de la Cantera SAN ANTONIO a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	25.0%	SAN ANTONIO	7	4760	10.132	80.63	59.04 kg/cm ²	210	28.1%
2	25.0%	SAN ANTONIO	7	5580	10.173	81.28	68.65 kg/cm ²	210	32.7%
3	25.0%	SAN ANTONIO	7	4510	10.211	81.88	55.08 kg/cm ²	210	26.2%
4	25.0%	SAN ANTONIO	7	5380	10.129	80.58	66.76 kg/cm ²	210	31.8%
5	25.0%	SAN ANTONIO	14	7070	10.135	80.68	87.63 kg/cm ²	210	41.7%
6	25.0%	SAN ANTONIO	14	7300	10.109	80.27	90.95 kg/cm ²	210	43.3%
7	25.0%	SAN ANTONIO	14	7430	10.112	80.31	92.52 kg/cm ²	210	44.1%
8	25.0%	SAN ANTONIO	14	8010	10.162	81.11	98.76 kg/cm ²	210	47.0%
9	25.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	8620	10.132	80.63	106.91 kg/cm ²	210	50.9%
10	25.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	9360	10.173	81.28	115.16 kg/cm ²	210	54.8%
11	25.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	9280	10.112	80.31	115.55 kg/cm ²	210	55.0%
12	25.0%	SAN ANTONIO	28 DIAS	8550	10.162	81.11	105.42 kg/cm ²	210	50.2%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 71, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 25%; la cantera SAN ANTONIO a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 62.38kg/cm² <> 29.70%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 92.46kg/cm² <> 44.03%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 110.76kg/cm² <> 52.74%).

❖ RESULTADOS DE LA CANTERA PHARA

Tabla 70: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 0% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.

Probetas N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTEN. f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	0.0%	PHARA	7 DIAS	14840	10.176	81.33	182.46 kg/cm ²	210	86.9%
2	0.0%	PHARA	7 DIAS	13700	10.118	80.40	170.39 kg/cm ²	210	81.1%
3	0.0%	PHARA	7 DIAS	12160	10.130	80.60	150.87 kg/cm ²	210	71.8%
4	0.0%	PHARA	7 DIAS	13260	10.128	80.56	164.60 kg/cm ²	210	78.4%
5	0.0%	PHARA	14 DIAS	16390	10.100	80.11	204.59 kg/cm ²	210	97.4%
6	0.0%	PHARA	14 DIAS	15980	10.147	80.87	197.61 kg/cm ²	210	94.1%
7	0.0%	PHARA	14 DIAS	16260	10.164	81.14	200.39 kg/cm ²	210	95.4%
8	0.0%	PHARA	14 DIAS	15960	10.156	81.00	197.03 kg/cm ²	210	93.8%
9	0.0%	PHARA	28 DIAS	18700	10.136	80.70	231.73 kg/cm ²	210	110.3%
10	0.0%	PHARA	28 DIAS	19440	10.096	80.06	242.82 kg/cm ²	210	115.6%
11	0.0%	PHARA	28 DIAS	18860	10.116	80.37	234.66 kg/cm ²	210	111.7%
12	0.0%	PHARA	28 DIAS	19320	10.148	80.88	238.87 kg/cm ²	210	113.7%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 72, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 0%; la cantera PHARA a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 167.08kg/cm² <> 79.56%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 199.90kg/cm² <> 95.19%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 237.02kg/cm² <> 112.87%).

Tabla 71: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 5% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.

Probetas N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTEN. f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	5.0%	PHARA	7 DIAS	11990	10.161	81.09	147.86 kg/cm ²	210	70.4%
2	5.0%	PHARA	7 DIAS	12450	10.147	80.86	153.97 kg/cm ²	210	73.3%
3	5.0%	PHARA	7 DIAS	11970	10.136	80.69	148.34 kg/cm ²	210	70.6%
4	5.0%	PHARA	7 DIAS	12160	10.169	81.21	149.73 kg/cm ²	210	71.3%
5	5.0%	PHARA	14 DIAS	14970	10.145	80.84	185.18 kg/cm ²	210	88.2%
6	5.0%	PHARA	14 DIAS	15730	10.101	80.14	196.28 kg/cm ²	210	93.5%
7	5.0%	PHARA	14 DIAS	15490	10.110	80.28	192.94 kg/cm ²	210	91.9%
8	5.0%	PHARA	14 DIAS	15050	10.086	79.90	188.37 kg/cm ²	210	89.7%
9	5.0%	PHARA	28 DIAS	18520	10.161	81.09	228.39 kg/cm ²	210	108.8%
10	5.0%	PHARA	28 DIAS	18450	10.147	80.86	228.17 kg/cm ²	210	108.7%
11	5.0%	PHARA	28 DIAS	18310	10.110	80.28	228.07 kg/cm ²	210	108.6%
12	5.0%	PHARA	28 DIAS	17970	10.086	79.90	224.92 kg/cm ²	210	107.1%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 73, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 5%; la cantera PHARA a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 149.98kg/cm² <> 71.42%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 190.69kg/cm² <> 90.80%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 227.39kg/cm² <> 108.28%).

Tabla 72: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 7.5% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	7.5%	PHARA	7 DIAS	11260	10.120	80.44	139.98 kg/cm ²	210	66.7%
2	7.5%	PHARA	7 DIAS	10910	10.047	79.27	137.62 kg/cm ²	210	65.5%
3	7.5%	PHARA	7 DIAS	10500	10.177	81.34	129.08 kg/cm ²	210	61.5%
4	7.5%	PHARA	7 DIAS	11170	10.170	81.24	137.50 kg/cm ²	210	65.5%
5	7.5%	PHARA	14 DIAS	14270	10.073	79.69	179.07 kg/cm ²	210	85.3%
6	7.5%	PHARA	14 DIAS	15070	10.128	80.57	187.05 kg/cm ²	210	89.1%
7	7.5%	PHARA	14 DIAS	13050	10.186	81.49	160.14 kg/cm ²	210	76.3%
8	7.5%	PHARA	14 DIAS	13770	10.141	80.78	170.47 kg/cm ²	210	81.2%
9	7.5%	PHARA	28 DIAS	17510	10.120	80.44	217.67 kg/cm ²	210	103.7%
10	7.5%	PHARA	28 DIAS	17720	10.047	79.27	223.53 kg/cm ²	210	106.4%
11	7.5%	PHARA	28 DIAS	17800	10.186	81.49	218.44 kg/cm ²	210	104.0%
12	7.5%	PHARA	28 DIAS	18140	10.141	80.78	224.57 kg/cm ²	210	106.9%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 74, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 7.5%; la cantera PHARA a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 136.04kg/cm² <> 64.78%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 174.18kg/cm² <> 82.94%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 221.05kg/cm² <> 105.26%).

Tabla 73: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 10% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	10.0%	PHARA	7	9920	10.098	80.09	123.86 kg/cm ²	210	59.0%
2	10.0%	PHARA	7	10740	10.146	80.86	132.83 kg/cm ²	210	63.3%
3	10.0%	PHARA	7	10310	10.125	80.52	128.05 kg/cm ²	210	61.0%
4	10.0%	PHARA	7	10400	10.133	80.65	128.96 kg/cm ²	210	61.4%
5	10.0%	PHARA	14	13440	10.135	80.67	166.59 kg/cm ²	210	79.3%
6	10.0%	PHARA	14	13950	10.176	81.33	171.51 kg/cm ²	210	81.7%
7	10.0%	PHARA	14	13780	10.160	81.07	169.97 kg/cm ²	210	80.9%
8	10.0%	PHARA	14	13040	10.157	81.02	160.95 kg/cm ²	210	76.6%
9	10.0%	PHARA	28 DIAS	16900	10.098	80.09	211.01 kg/cm ²	210	100.5%
10	10.0%	PHARA	28 DIAS	16940	10.146	80.86	209.51 kg/cm ²	210	99.8%
11	10.0%	PHARA	28 DIAS	16810	10.160	81.07	207.34 kg/cm ²	210	98.7%
12	10.0%	PHARA	28 DIAS	17200	10.157	81.02	212.29 kg/cm ²	210	101.1%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 75, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 10%; la cantera PHARA a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 128.42kg/cm² <> 61.15%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 167.26kg/cm² <> 79.65%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 210.04kg/cm² <> 100.02%).

Tabla 74: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 12.5% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	12.5%	PHARA	7 DIAS	8030	10.159	81.06	99.07 kg/cm ²	210	47.2%
2	12.5%	PHARA	7 DIAS	9120	10.080	79.80	114.28 kg/cm ²	210	54.4%
3	12.5%	PHARA	7 DIAS	9188	10.095	80.03	114.80 kg/cm ²	210	54.7%
4	12.5%	PHARA	7 DIAS	10280	10.100	80.12	128.31 kg/cm ²	210	61.1%
5	12.5%	PHARA	14 DIAS	13140	10.116	80.37	163.49 kg/cm ²	210	77.9%
6	12.5%	PHARA	14 DIAS	12390	10.077	79.75	155.36 kg/cm ²	210	74.0%
7	12.5%	PHARA	14 DIAS	12610	10.052	79.35	158.91 kg/cm ²	210	75.7%
8	12.5%	PHARA	14 DIAS	13090	10.070	79.65	164.35 kg/cm ²	210	78.3%
9	12.5%	PHARA	28 DIAS	15600	10.159	81.06	192.46 kg/cm ²	210	91.6%
10	12.5%	PHARA	28 DIAS	15820	10.080	79.80	198.24 kg/cm ²	210	94.4%
11	12.5%	PHARA	28 DIAS	15200	10.052	79.35	191.55 kg/cm ²	210	91.2%
12	12.5%	PHARA	28 DIAS	15730	10.070	79.65	197.49 kg/cm ²	210	94.0%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 76, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 12.5%; la cantera PHARA a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 114.12kg/cm² <> 54.34%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 160.53kg/cm² <> 76.44%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 194.93kg/cm² <> 92.82%).

Tabla 75: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 15% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	15.0%	PHARA	7 DIAS	7490	10.000	78.53	95.37 kg/cm ²	210	45.4%
2	15.0%	PHARA	7 DIAS	6940	10.079	79.79	86.98 kg/cm ²	210	41.4%
3	15.0%	PHARA	7 DIAS	7200	10.084	79.86	90.15 kg/cm ²	210	42.9%
4	15.0%	PHARA	7 DIAS	7340	10.098	80.09	91.64 kg/cm ²	210	43.6%
5	15.0%	PHARA	14 DIAS	11650	10.076	79.74	146.09 kg/cm ²	210	69.6%
6	15.0%	PHARA	14 DIAS	11270	10.107	80.23	140.47 kg/cm ²	210	66.9%
7	15.0%	PHARA	14 DIAS	11730	10.145	80.83	145.12 kg/cm ²	210	69.1%
8	15.0%	PHARA	14 DIAS	11430	10.163	81.12	140.91 kg/cm ²	210	67.1%
9	15.0%	PHARA	28 DIAS	13810	10.000	78.53	175.85 kg/cm ²	210	83.7%
10	15.0%	PHARA	28 DIAS	14550	10.079	79.79	182.35 kg/cm ²	210	86.8%
11	15.0%	PHARA	28 DIAS	13980	10.145	80.83	172.96 kg/cm ²	210	82.4%
12	15.0%	PHARA	28 DIAS	14720	10.163	81.12	181.47 kg/cm ²	210	86.4%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 77, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 15%; la cantera PHARA a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 91.04kg/cm² <> 43.35%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 143.15kg/cm² <> 68.17%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 178.16kg/cm² <> 84.84%).

Tabla 76: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 20% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm ²)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	20.0%	PHARA	7 DIAS	6350	10.055	79.41	79.97 kg/cm ²	210	38.1%
2	20.0%	PHARA	7 DIAS	6980	10.152	80.94	86.24 kg/cm ²	210	41.1%
3	20.0%	PHARA	7 DIAS	6010	10.137	80.70	74.47 kg/cm ²	210	35.5%
4	20.0%	PHARA	7 DIAS	5900	10.154	80.98	72.85 kg/cm ²	210	34.7%
5	20.0%	PHARA	14 DIAS	9530	10.180	81.39	117.09 kg/cm ²	210	55.8%
6	20.0%	PHARA	14 DIAS	9850	10.151	80.93	121.70 kg/cm ²	210	58.0%
7	20.0%	PHARA	14 DIAS	9740	10.095	80.03	121.70 kg/cm ²	210	58.0%
8	20.0%	PHARA	14 DIAS	10040	10.161	81.08	123.82 kg/cm ²	210	59.0%
9	20.0%	PHARA	28 DIAS	11920	10.055	79.41	150.11 kg/cm ²	210	71.5%
10	20.0%	PHARA	28 DIAS	11280	10.152	80.94	139.36 kg/cm ²	210	66.4%
11	20.0%	PHARA	28 DIAS	11840	10.095	80.03	147.94 kg/cm ²	210	70.4%
12	20.0%	PHARA	28 DIAS	11360	10.161	81.08	140.10 kg/cm ²	210	66.7%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 78, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 20%; la cantera PHARA a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 78.38kg/cm² <> 37.32%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 121.08kg/cm² <> 57.66%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 144.38kg/cm² <> 68.75%).

Tabla 77: Ensayos de Resistencia a la compresión simple con agregado natural al 25% de la Cantera PHARA a los 7, 14 y 28 días.

PROBETAS N°	PORCENTAJE	LUGAR	EDAD (días)	CARGA DE ROTURA EN (Kg)	DIAM. PROM	AREA (cm2)	RESISTENCIA f _c (kg/cm2)	DISEÑO f _c (kg/cm2)	% ALCANZADO
1	25.0%	PHARA	7 DIAS	4680	10.114	80.35	58.25 kg/cm2	210	27.7%
2	25.0%	PHARA	7 DIAS	5440	10.198	81.68	66.61 kg/cm2	210	31.7%
3	25.0%	PHARA	7 DIAS	6210	10.157	81.02	76.65 kg/cm2	210	36.5%
4	25.0%	PHARA	7 DIAS	5770	10.118	80.40	71.77 kg/cm2	210	34.2%
5	25.0%	PHARA	14 DIAS	7640	10.236	82.29	92.84 kg/cm2	210	44.2%
6	25.0%	PHARA	14 DIAS	8340	10.149	80.89	103.10 kg/cm2	210	49.1%
7	25.0%	PHARA	14 DIAS	8980	10.111	80.29	111.85 kg/cm2	210	53.3%
8	25.0%	PHARA	14 DIAS	8100	10.150	80.91	100.11 kg/cm2	210	47.7%
9	25.0%	PHARA	28 DIAS	9620	10.114	80.35	119.73 kg/cm2	210	57.0%
10	25.0%	PHARA	28 DIAS	9360	10.198	81.68	114.60 kg/cm2	210	54.6%
11	25.0%	PHARA	28 DIAS	9580	10.111	80.29	119.32 kg/cm2	210	56.8%
12	25.0%	PHARA	28 DIAS	9550	10.150	80.91	118.03 kg/cm2	210	56.2%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Como se muestra en la tabla 79, según el ensayo de la resistencia a la compresión simple con agregados naturales al 25%; la cantera PHARA a los **7días** (alcanzo una resistencia promedio de 68.32kg/cm2 \diamond 32.53%), **14días** (alcanzo una resistencia promedio de 101.98kg/cm2 \diamond 48.56%) y **28días** (alcanzo una resistencia promedio de 117.92kg/cm2 \diamond 56.15%).

Discusión de resultados

Los agregados (Finos y Gruesos), no deben contener más de 5% de arcillas y finos ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc. (Teodoro E. Harmsen)

El porcentaje en peso de material más fino que la malla N° 200 en el agregado fino no deberá exceder los siguientes límites: 3% para concretos sujetos a la abrasión y 5% en otros concretos (Enrique Rivva López).

En la presente investigación se comprobó que para LA CANTERA SAN ANTONIO se alcanzó la resistencia de diseño $f_c=210$ kg/cm2 con la inclusión del 7.5% de agregado natural con respecto al peso seco del agregado fino; y para LA CANTERA PHARA se

alcanzó la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm² con la inclusión del 10% de agregado natural con respecto al peso seco del agregado fino.

4.2. DISEÑO PARA $F'c=210$ kg/cm²

Los resultados obtenidos de la elaboración de 12 probetas de concreto (4 a 7 días, 4 a 14 días y 4 a 28 días) para las canteras de SAN ANTONIO y 12 probetas de concreto (4 a 7 días, 4 a 14 días y 4 a 28 días) para la cantera PHARA, se muestran en las siguientes tablas y figuras las resistencias promedio a la compresión para las edades de 7,14 y 28 días, con sus respectivos porcentajes de agregados naturales.

Tabla 78: Cantera SAN ANTONIO: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 7 días.

PROBETAS N°	LUGAR	PORCENTAJE	EDAD (días)	RESISTENCIA f_c (kg/cm ²)	DISEÑO f_c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	SAN ANTONIO	0.0%	7 DIAS	156.89	210	74.7%
2	SAN ANTONIO	5.0%	7 DIAS	144.41	210	68.8%
3	SAN ANTONIO	7.5%	7 DIAS	127.55	210	60.7%
4	SAN ANTONIO	10.0%	7 DIAS	123.06	210	58.6%
5	SAN ANTONIO	12.5%	7 DIAS	108.97	210	51.9%
6	SAN ANTONIO	15.0%	7 DIAS	83.18	210	39.6%
7	SAN ANTONIO	20.0%	7 DIAS	68.32	210	32.5%
8	SAN ANTONIO	25.0%	7 DIAS	62.38	210	29.7%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

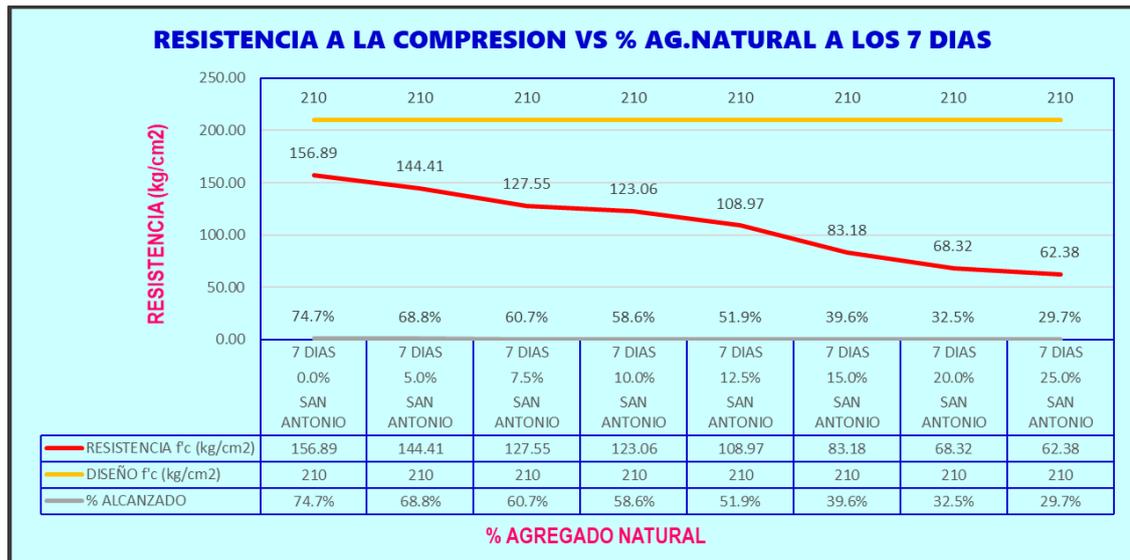


Figura 44: Cantera: SAN ANTONIO; Curvas de F'c vs % A.N. a los 7 días
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

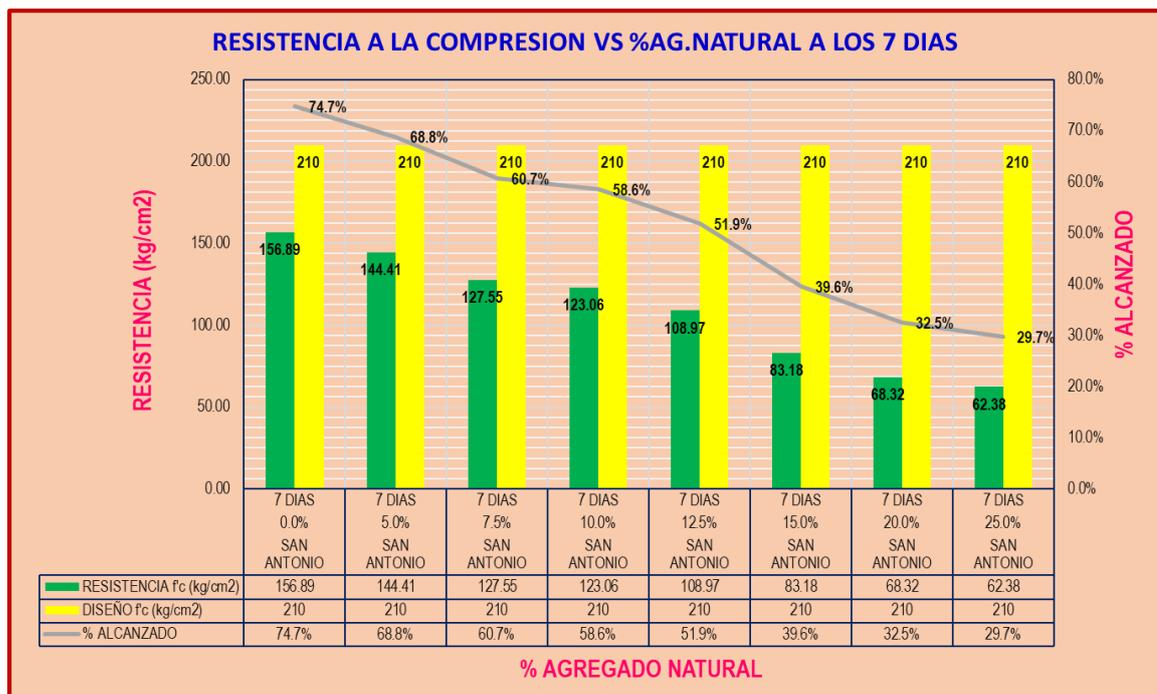


Figura 45: Cantera: SAN ANTONIO; Grafico de barras de F'c vs % A.N. a los 7 días
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Analizando los datos para la CANTERA SAN ANTONIO a una edad de 7 días según la tabla 78, figura 44 y 45, se puede notar que las probetas de concreto con un porcentaje de 7.5% de A.N. alcanzaron una resistencia de 127.55kg/cm² <> 60.7%, valor que está dentro del rango permitido para alcanzar la resistencia de diseño de f'c=210kg/cm² a los 28 días.

Tabla 79: Cantera SAN ANTONIO: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 14días.

PROBETAS N°	LUGAR	PORCENTAJE	EDAD (días)	RESISTENCIA f'c (kg/cm2)	DISEÑO f'c (kg/cm2)	% ALCANZADO
1	SAN ANTONIO	0.0%	14 DIAS	194.80	210	92.8%
2	SAN ANTONIO	5.0%	14 DIAS	183.00	210	87.1%
3	SAN ANTONIO	7.5%	14 DIAS	167.91	210	80.0%
4	SAN ANTONIO	10.0%	14 DIAS	161.51	210	76.9%
5	SAN ANTONIO	12.5%	14 DIAS	150.06	210	71.5%
6	SAN ANTONIO	15.0%	14 DIAS	126.43	210	60.2%
7	SAN ANTONIO	20.0%	14 DIAS	103.58	210	49.3%
8	SAN ANTONIO	25.0%	14 DIAS	92.46	210	44.0%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

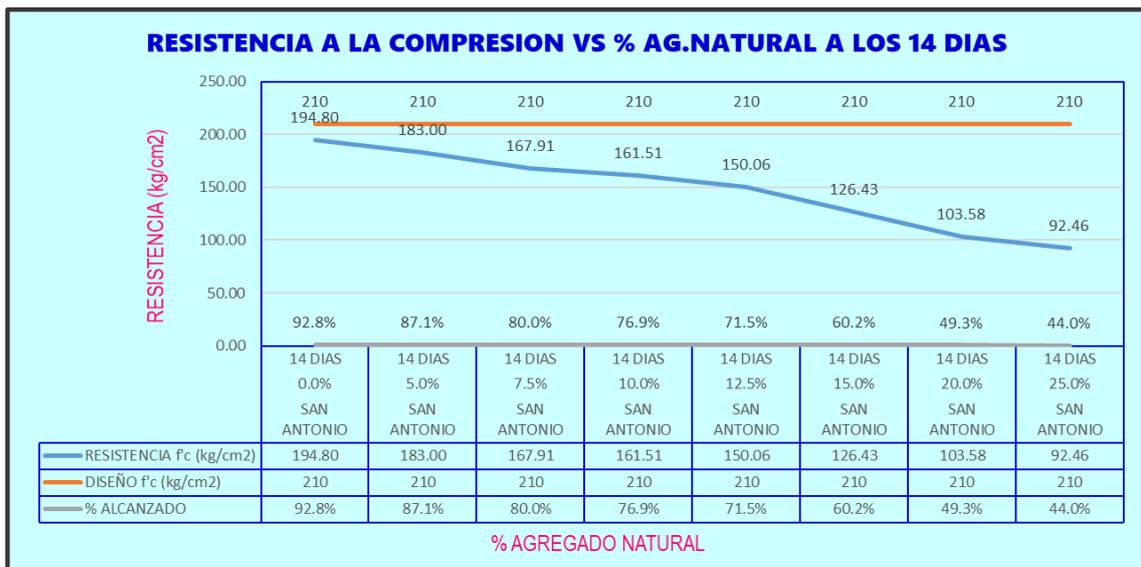


Figura 46: Cantera: SAN ANTONIO; Curvas de F'c vs % A.N. a los 14días

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

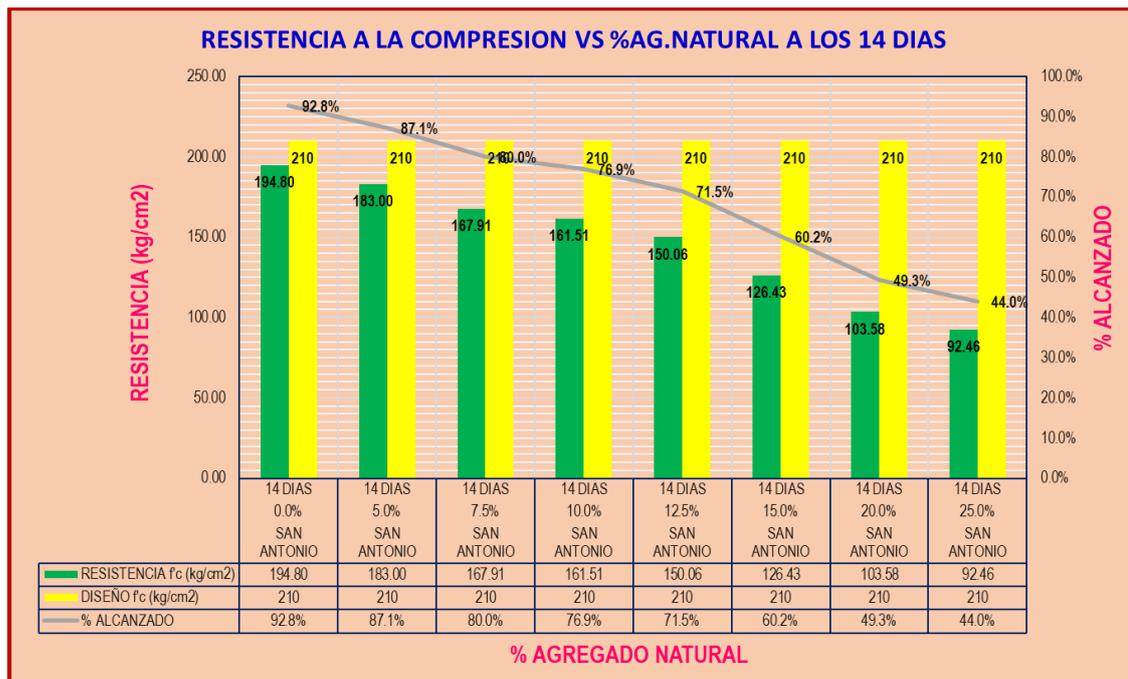


Figura 47: Cantera: SAN ANTONIO; Grafico de barras de F_c vs % A.N. a los 14dias
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Analizando los datos para la CANTERA SAN ANTONIO a una edad de 14dias según la tabla 79, figura 46 y 47, se puede notar que las probetas de concreto con un porcentaje de 7.5% de A.N. alcanzaron una resistencia de 167.91kg/cm² <> 80.0%, valor que está dentro del rango permitido para alcanzar la resistencia de diseño de f_c=210kg/cm² a los 28dias.

Tabla 80: Cantera SAN ANTONIO: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 28días.

PROBETAS N°	LUGAR	PORCENTAJE	EDAD (días)	RESISTENCIA f _c (kg/cm ²)	DISEÑO f _c (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	SAN ANTONIO	0.0%	28 DIAS	225.25	210	107.3%
2	SAN ANTONIO	5.0%	28 DIAS	223.03	210	106.2%
3	SAN ANTONIO	7.5%	28 DIAS	214.29	210	102.0%
4	SAN ANTONIO	10.0%	28 DIAS	209.00	210	99.5%
5	SAN ANTONIO	12.5%	28 DIAS	180.14	210	85.8%
6	SAN ANTONIO	15.0%	28 DIAS	151.92	210	72.3%
7	SAN ANTONIO	20.0%	28 DIAS	122.35	210	58.3%
8	SAN ANTONIO	25.0%	28 DIAS	110.76	210	52.7%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

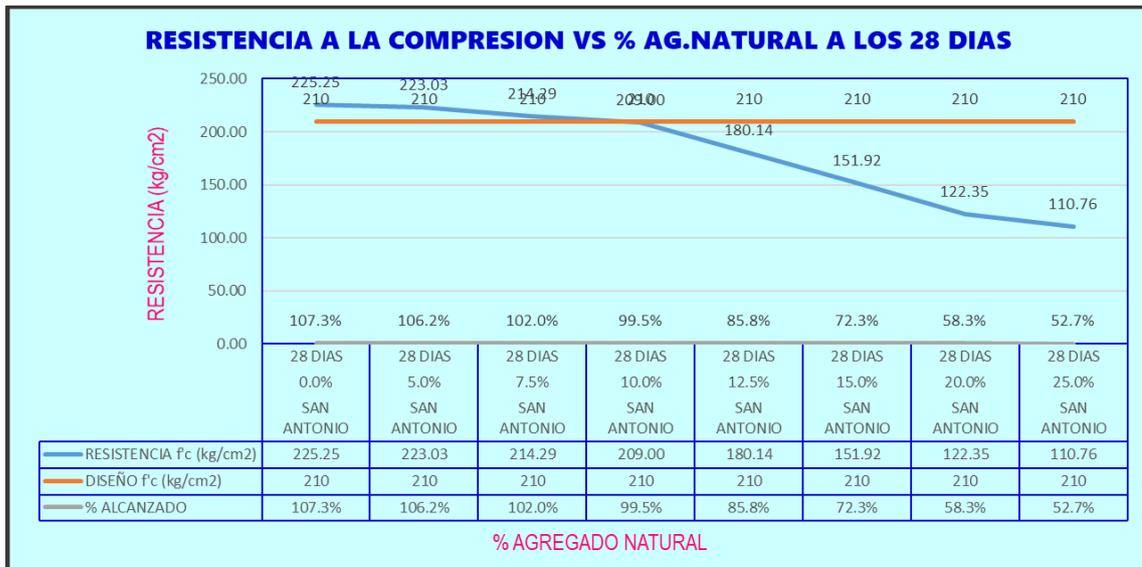


Figura 48: Cantera: SAN ANTONIO; Curvas de F_c vs % A.N. a los 28días
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

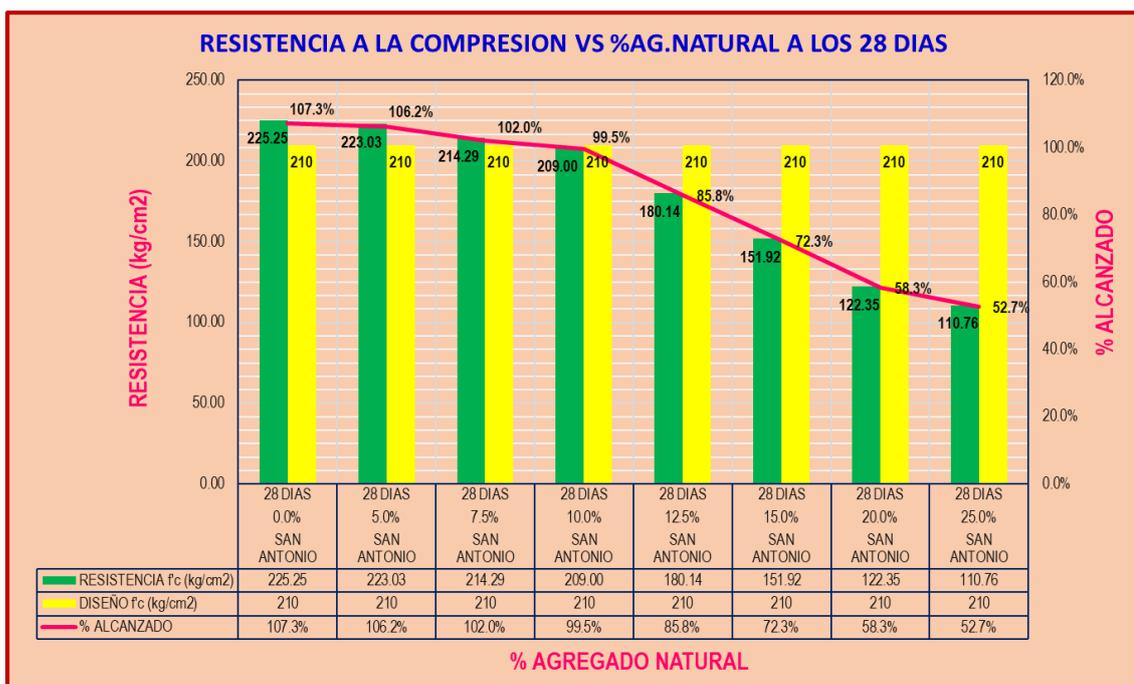


Figura 49: Cantera: SAN ANTONIO; Grafico de barras de F_c vs % A.N. a los 28días
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Analizando los datos para la CANTERA SAN ANTONIO a una edad de 28días según la tabla 80, figura 48 y 49, se puede notar que las probetas de concreto con un porcentaje de 7.5% de A.N. alcanzaron una resistencia de 214.29kg/cm² > 102.0%, valor que supero la resistencia de diseño de f_c=210kg/cm² a los 28días.

Tabla 81: Cantera PHARA: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 7 días.

PROBETAS N°	LUGAR	PORCENTAJE	EDAD (días)	RESISTENCIA ALCANZADA f'c (kg/cm2)	RESISTENCIA DE DISEÑO f'c (kg/cm2)	% ALCANZADO
1	PHARA	0.0%	7 DIAS	167.08	210	79.56%
2	PHARA	5.0%	7 DIAS	149.98	210	71.42%
3	PHARA	7.5%	7 DIAS	136.04	210	64.78%
4	PHARA	10.0%	7 DIAS	128.42	210	61.15%
5	PHARA	12.5%	7 DIAS	114.12	210	54.34%
6	PHARA	15.0%	7 DIAS	91.04	210	43.35%
7	PHARA	20.0%	7 DIAS	78.38	210	37.32%
8	PHARA	25.0%	7 DIAS	68.32	210	32.53%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

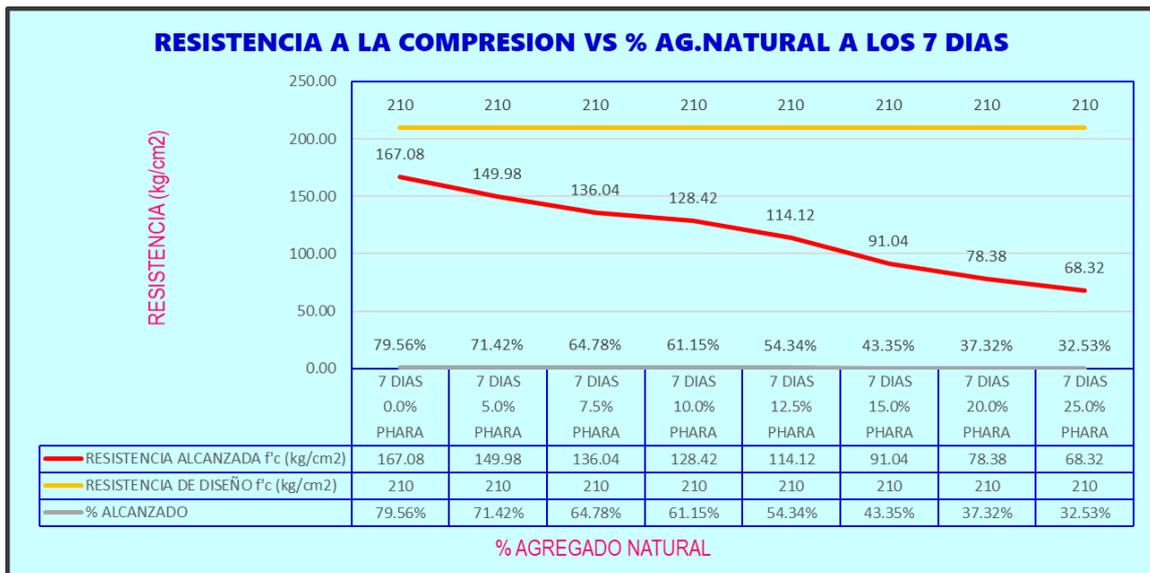


Figura 50: Cantera: PHARA; Curvas de F'c vs % A.N. a los 7días

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

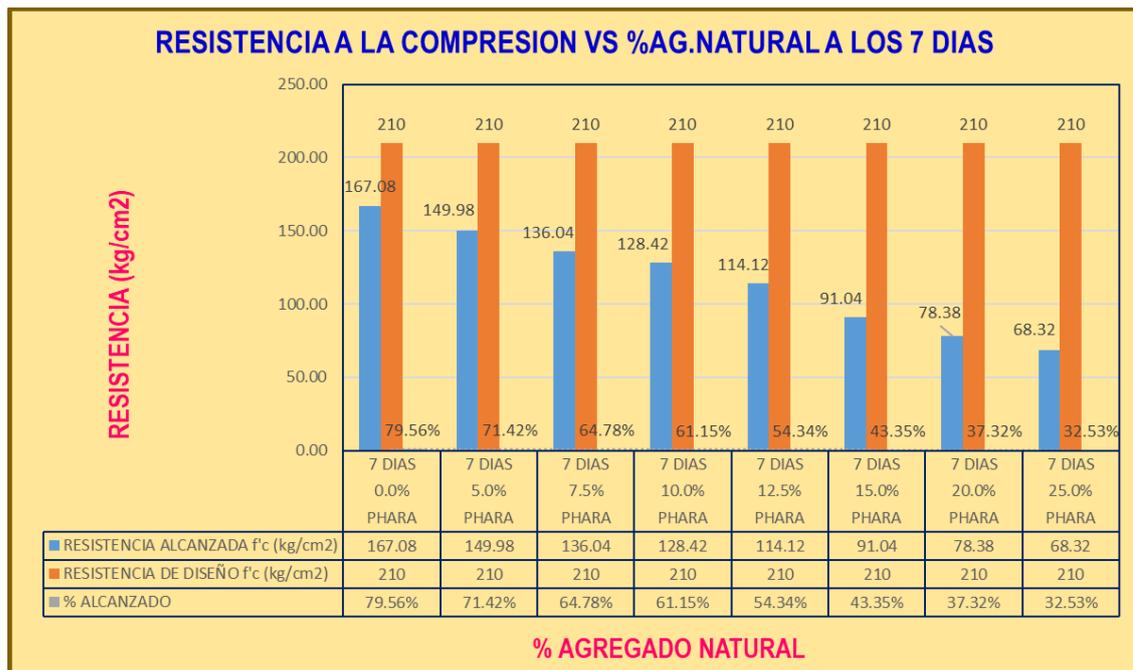


Figura 51: Cantera: PHARA; Grafico de barras de F'c vs % A.N. a los 7dias
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Analizando los datos para la CANTERA PHARA a una edad de 7dias según la tabla 81, figura 50 y 51, se puede notar que las probetas de concreto con un porcentaje de 10% de A.N. alcanzaron una resistencia de 128.42kg/cm2 <> 61.15%, valor que está dentro del rango permitido para alcanzar la resistencia de diseño de f'c=210kg/cm2 a los 28dias.

Tabla 82: Cantera PHARA: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 14días.

PROBETAS N°	LUGAR	PORCENTAJE	EDAD (días)	RESISTENCIA f'c (kg/cm2)	DISEÑO f'c (kg/cm2)	% ALCANZADO
1	PHARA	0.0%	14 DIAS	199.90	210	95.19%
2	PHARA	5.0%	14 DIAS	190.69	210	90.80%
3	PHARA	7.5%	14 DIAS	174.18	210	82.94%
4	PHARA	10.0%	14 DIAS	167.26	210	79.65%
5	PHARA	12.5%	14 DIAS	160.53	210	76.44%
6	PHARA	15.0%	14 DIAS	143.15	210	68.17%
7	PHARA	20.0%	14 DIAS	121.08	210	57.66%
8	PHARA	25.0%	14 DIAS	101.98	210	48.56%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

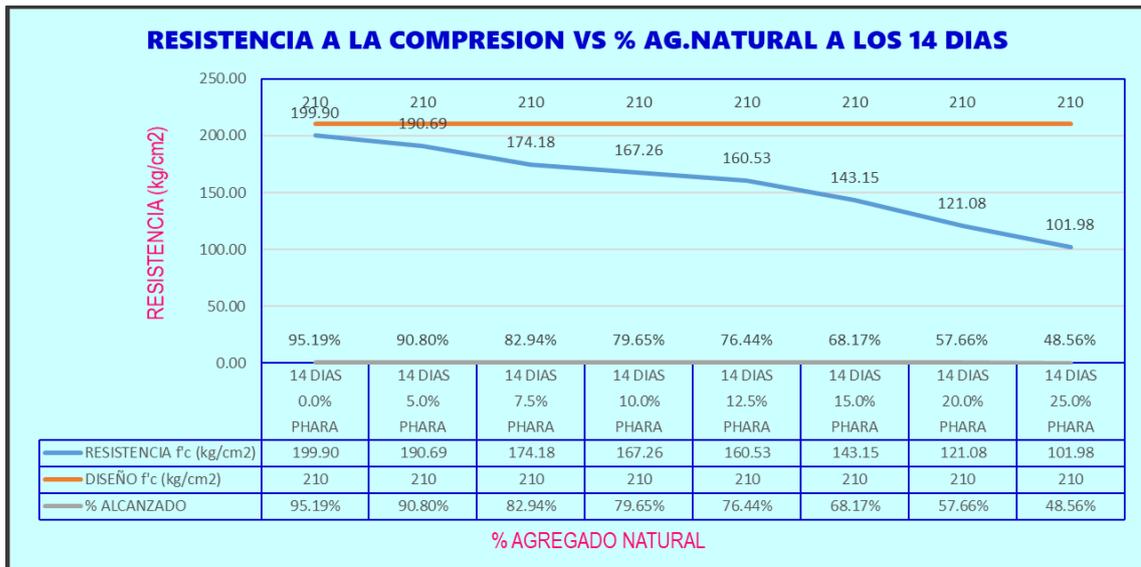


Figura 52: Cantera: PHARA; Curvas de F'c vs % A.N. a los 14días
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

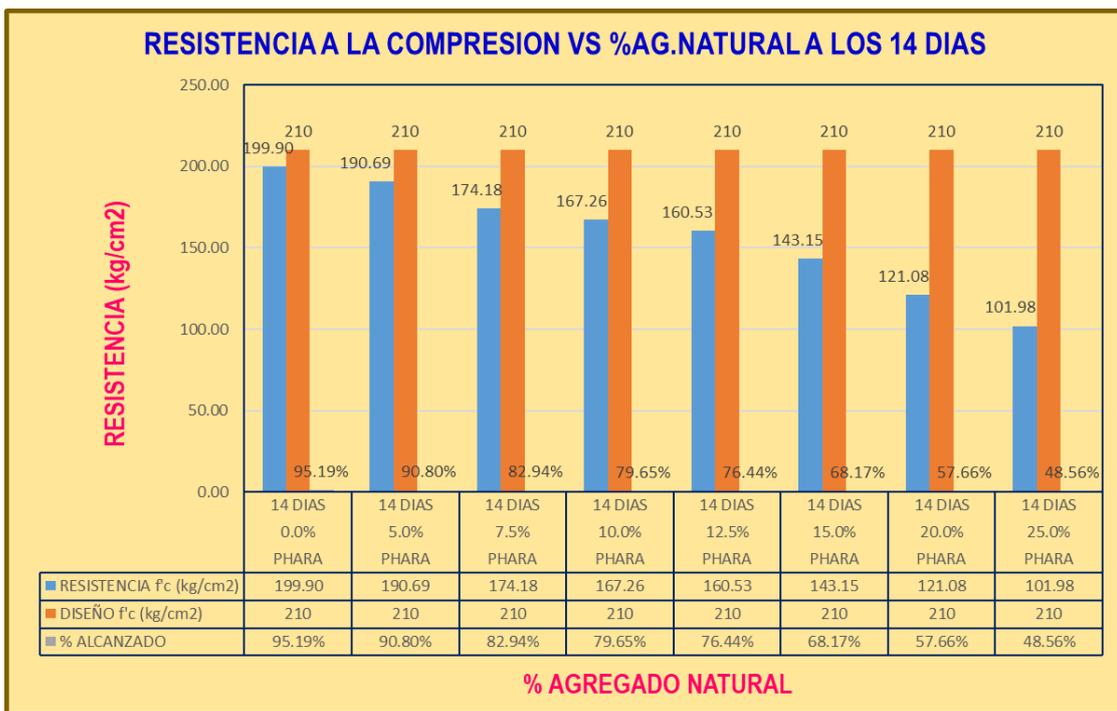


Figura 53: Cantera: PHARA; Grafico de barras de F'c vs % A.N. a los 14días
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Analizando los datos para la CANTERA PHARA a una edad de 14días según la tabla 82, figura 52 y 53, se puede notar que las probetas de concreto con un porcentaje de 10% de

A.N. alcanzaron una resistencia de 167.26kg/cm² <> 79.65%, valor que está dentro del rango permitido para alcanzar la resistencia de diseño de $f'c=210$ kg/cm² a los 28 días.

Tabla 83: Cantera PHARA: Resistencia promedio a la compresión simple con agregado natural al 0%,5%,7.5%,10%,12.5%,15%,20%,25% a los 28 días.

PROBETAS N°	LUGAR	PORCENTAJE	EDAD (días)	RESISTENCIA $f'c$ (kg/cm ²)	DISEÑO $f'c$ (kg/cm ²)	% ALCANZADO
1	PHARA	0.0%	28 DIAS	237.02	210	112.87%
2	PHARA	5.0%	28 DIAS	227.39	210	108.28%
3	PHARA	7.5%	28 DIAS	221.05	210	105.26%
4	PHARA	10.0%	28 DIAS	210.04	210	100.02%
5	PHARA	12.5%	28 DIAS	194.93	210	92.82%
6	PHARA	15.0%	28 DIAS	178.16	210	84.84%
7	PHARA	20.0%	28 DIAS	144.38	210	68.75%
8	PHARA	25.0%	28 DIAS	117.92	210	56.15%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

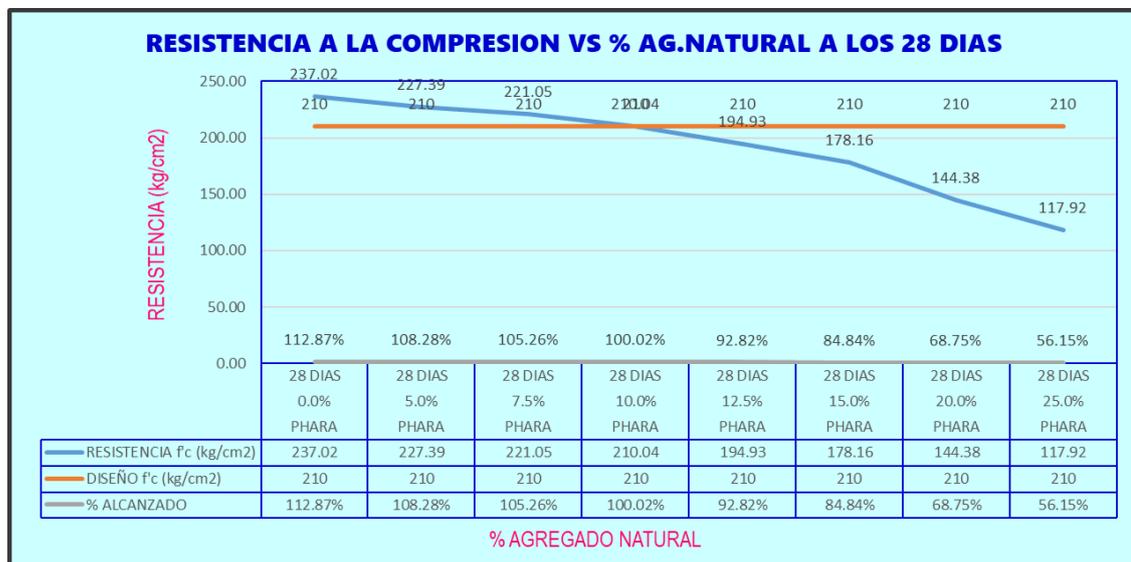


Figura 54: Cantera: PHARA; Curvas de $F'c$ vs % A.N. a los 28 días

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

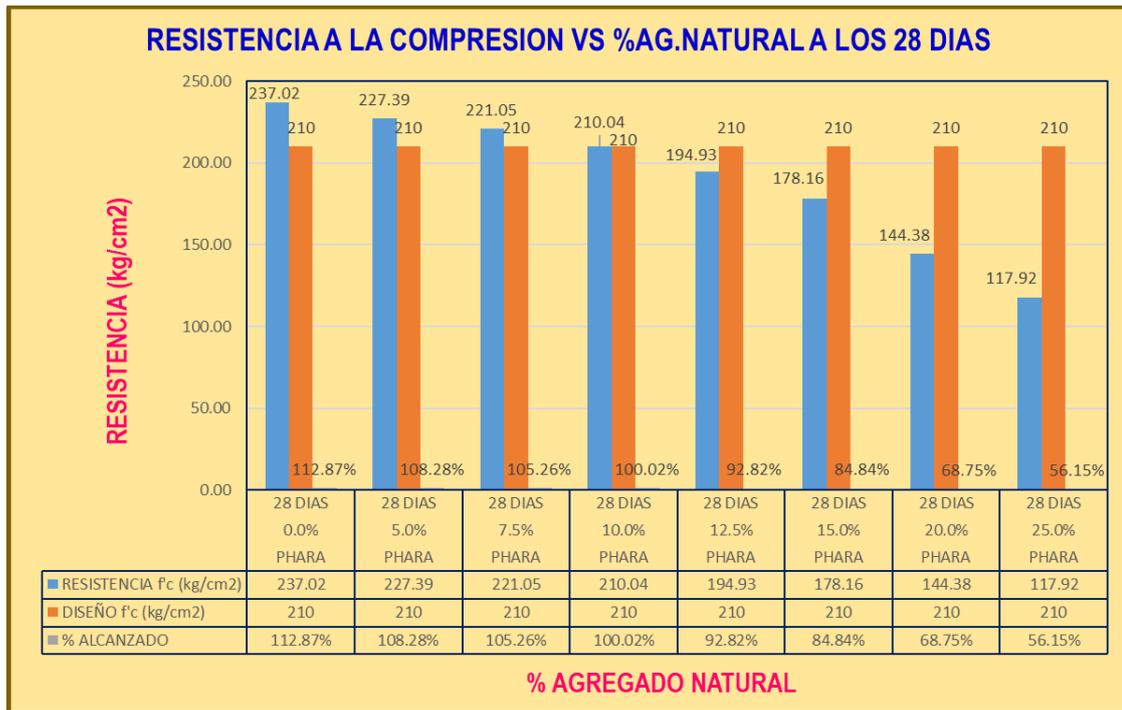


Figura 55: Cantera: PHARA; Grafico de barras de F'_c vs % A.N. a los 28días
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Analizando los datos para la CANTERA PHARA a una edad de 28días según la tabla 80, figura 54 y 55, se puede notar que las probetas de concreto con un porcentaje de 10% de A.N. alcanzaron una resistencia de $210.04\text{kg/cm}^2 > 100.02\%$, valor que supero la resistencia de diseño de $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$ a los 28días.

Discusión de Resultados

Por lo tanto, según los resultados obtenidos en la presente investigación, a mayor inclusión de porcentaje de agregado natural de las canteras SAN ANTONIO Y PHARA con respecto al peso seco de agregado fino disminuye la resistencia a la compresión $F'_c = 210\text{ kg/cm}^2$.

Dicha condición indicada anteriormente se debe a que la resistencia $F'_c = 210\text{ kg/cm}^2$ está limitada a un porcentaje máximo de 7.5% de agregado natural con respecto

al agregado fino para la cantera SAN ANTONIO y un porcentaje máximo de 10% de agregado natural con respecto al agregado fino para la cantera PHARA.

A continuación, se realiza una comparación de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados en las canteras San Antonio - Puno y Phara - Sandia que son necesarios para el diseño de mezclas que corresponden a una resistencia especificada de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

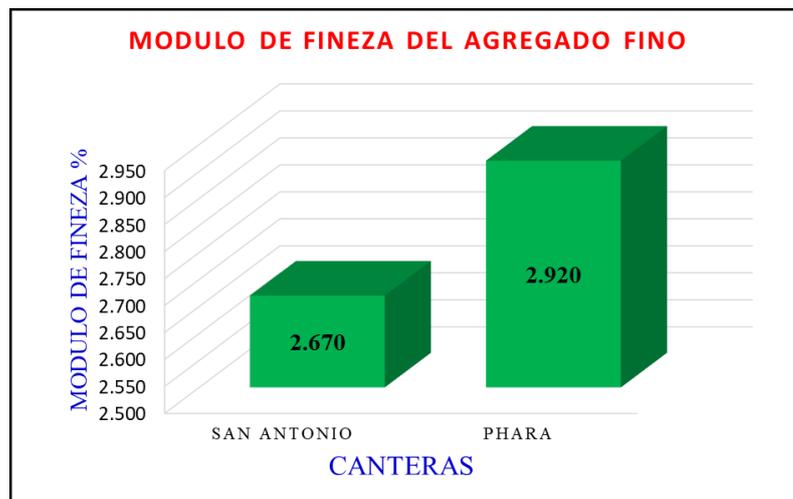


Figura 56: Cuadro comparativo módulo de fineza del agregado fino
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: La cantera Phara presenta ligeramente más finos a comparación de la cantera San Antonio.

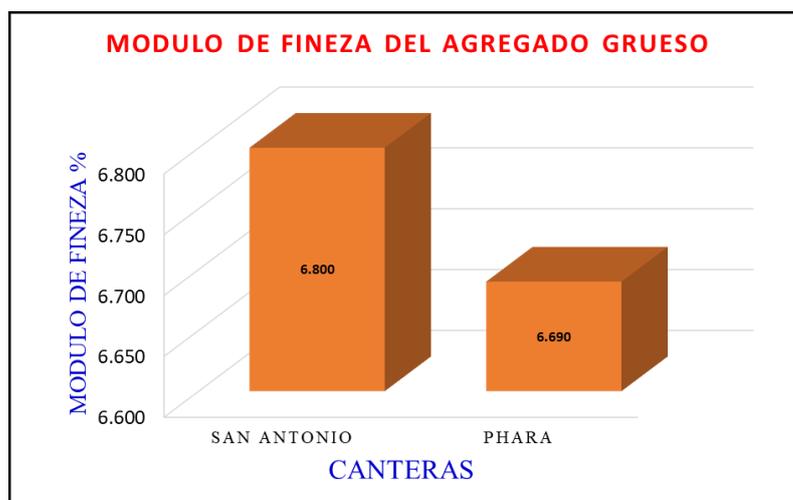


Figura 57: Cuadro comparativo módulo de fineza del agregado grueso
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: La cantera San Antonio presenta ligeramente más finos a comparación de la cantera Phara.

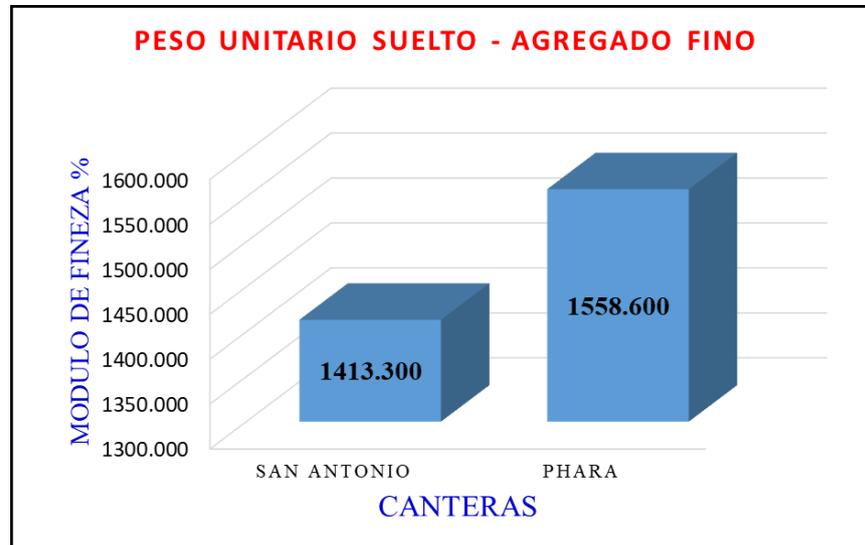


Figura 58: Cuadro comparativo peso unitario suelto del agregado fino
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

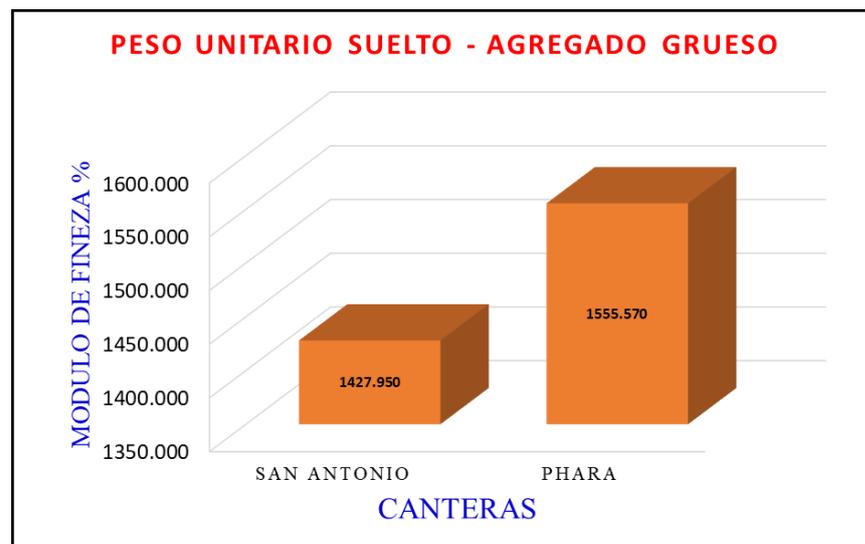


Figura 59: Cuadro comparativo peso unitario suelto del agregado grueso
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: El peso unitario suelto del agregado fino y grueso de la cantera Phara es mayor al agregado de la cantera San Antonio debido a que sus agregados presentan un mejor reacomodo de sus partículas.

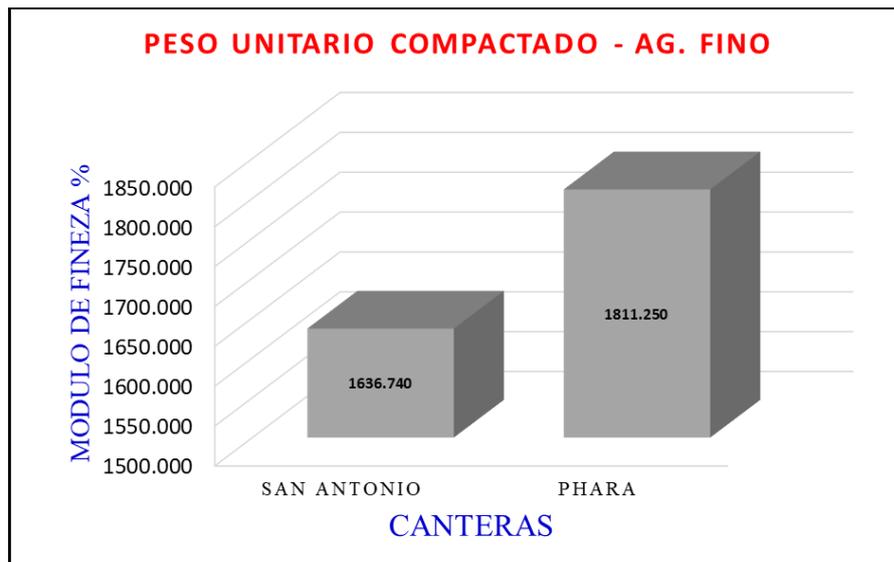


Figura 60: Cuadro comparativo peso unitario compactado del agregado fino
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

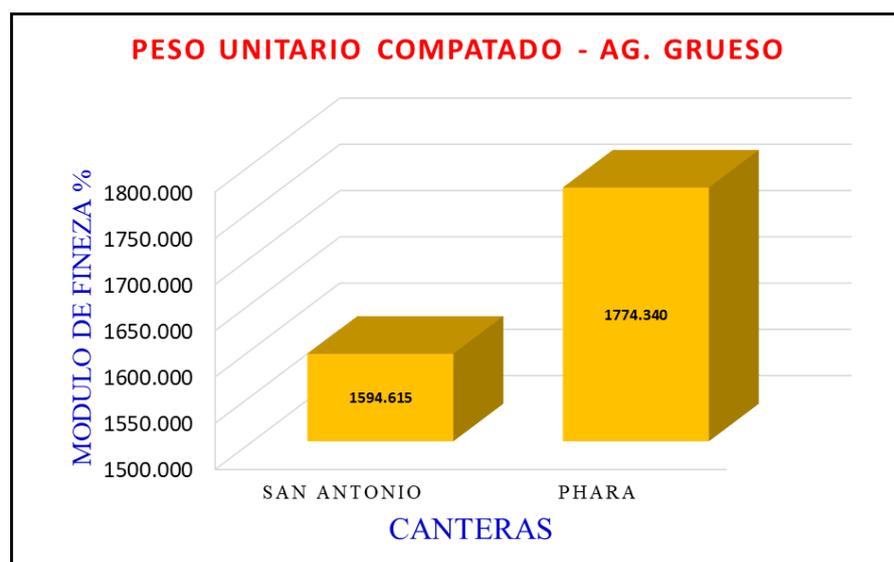


Figura 61: Cuadro comparativo peso unitario compactado del agregado grueso
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: El peso unitario compactado del agregado fino y grueso de la cantera Phara es mayor al agregado de la cantera San Antonio debido a que sus agregados presentan un mejor reacomodo de sus partículas.

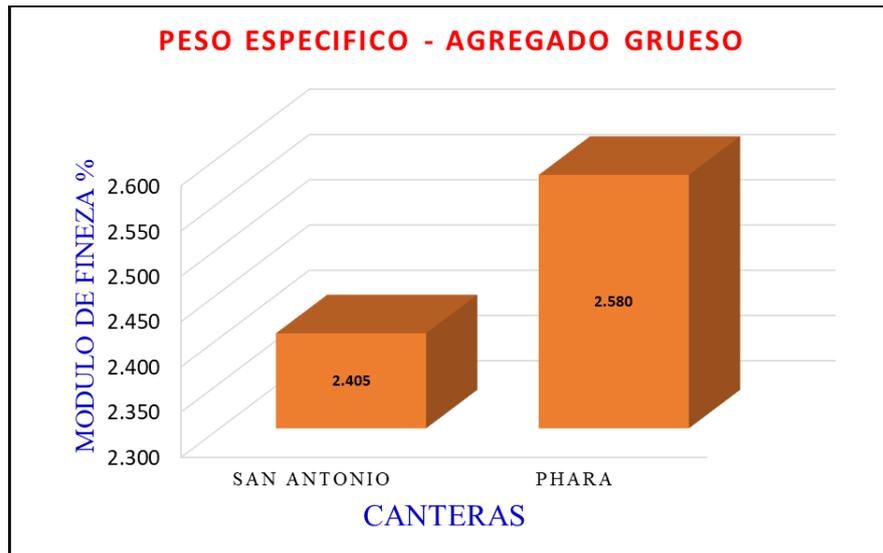


Figura 62: Cuadro comparativo peso específico del agregado grueso
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

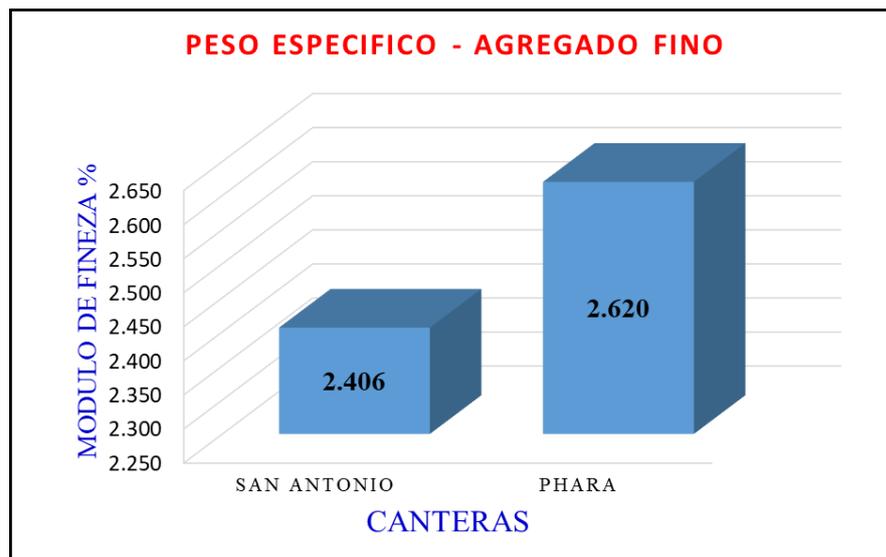


Figura 63: Cuadro comparativo peso específico del agregado fino
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: En las figuras 62 y 63, se puede observar que el peso específico de los agregados gruesos y finos son aptos para ser utilizados en la elaboración de concreto debido a que el rango admisible está entre 2.50g./cm³ y 2.70gr/cm³.

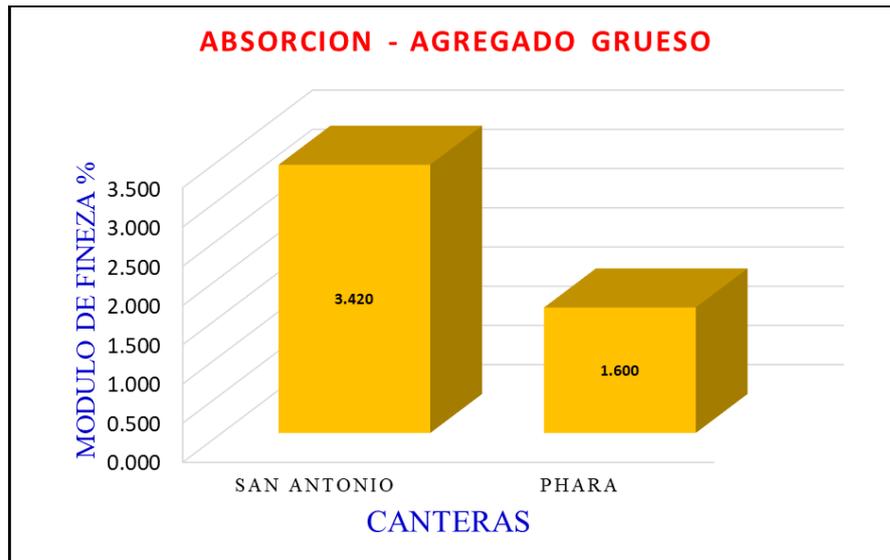


Figura 64: Cuadro comparativo Absorción del agregado grueso
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

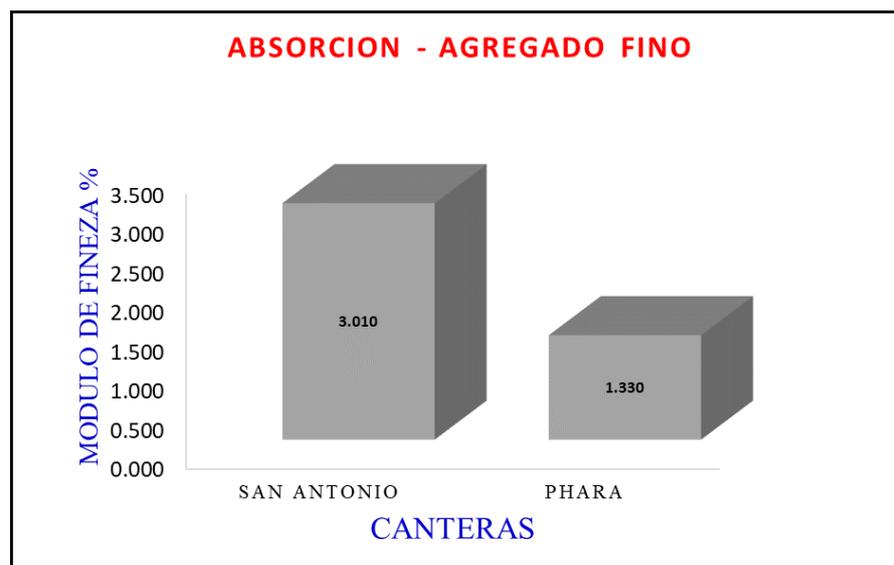


Figura 65: Cuadro comparativo Absorción del agregado fino
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: De acuerdo a los resultados de la figura 64 y 65, se puede observar que los agregados gruesos y finos de la cantera San Antonio presentan más vacíos en el interior de sus partículas en comparación con los agregados de la cantera Phara.

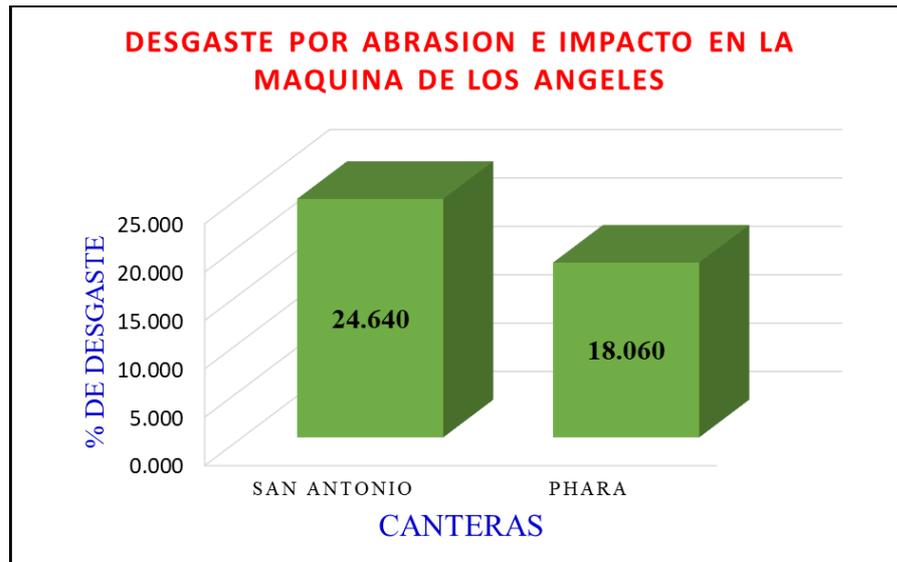


Figura 66: Cuadro comparativo Abrasión de los Ángeles

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Según la figura 66, se puede observar que los agregados de la cantera San Antonio son menos resistentes al desgaste que los agregados de la cantera Phara.

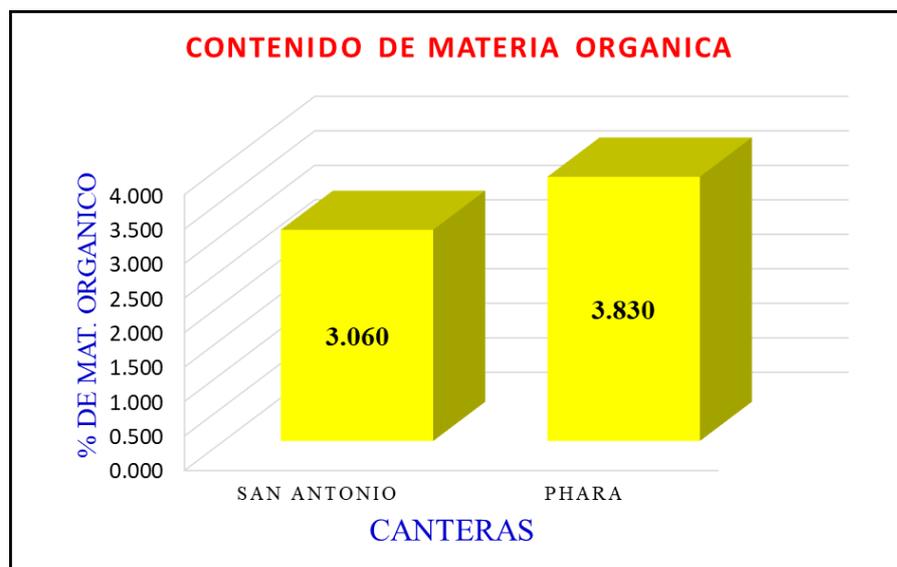


Figura 67: Cuadro comparativo Contenido de Material Orgánico

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpretación: Según la figura 67, se puede observar que los agregados de la cantera Phara contienen más contenido de materia orgánica que los agregados de la cantera San Antonio.

4.2.1 Resultados del Diseño de Mezclas por el Método Modulo de Fineza $f'c = 210$ kg/cm².

Tabla 84: diseño de mezclas de concreto $f'c = 210$ kg/cm²

DESCRIPCION	CANTERA	
	SAN ANTONIO	PHARA
Resistencia de diseño	210 Kg/cm ²	210 Kg/cm ²
Resistencia promedio	294 Kg/cm ²	294 Kg/cm ²
Tamaño Máximo Nominal	1"	1"
Asentamiento	3" - 4"	3" - 4"
Volumen Unitario del Agua	193 lt	193 lt
Contenido de Aire	1.50%	1.50%
Relación Agua/Cemento	0.56	0.56
Factor Cemento	344.64	344.64
Bolsas	8.11	8.11
Peso del Agregado Grueso	1072.590	1145.920
Peso del Agregado Fino	538.470	591.150

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Se obtiene los resultados de diseño de mezcla de las distintas canteras, se observa que todos tienen diferentes dosificaciones esto debido a que las propiedades de cada cantera son distintas.

4.2.2 Proporciones de los componentes del concreto patrón

Las proporciones de los agregados han sido determinados para un contenido de agregados naturales (A.N.) al 0%, es decir sin la inclusión de materiales finos (pasantes la malla Nro 200) y orgánicos.

Tabla 85: Diseño de mezclas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en peso seco al 0% de A.N.

Descripción	Dosificación en peso $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
	Cantera San Antonio	Cantera Phara
Cemento	1.00	1.00
Agregado fino	1.56	1.72
Agregado grueso	3.11	3.32
Agua	0.56	0.56

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

4.2.3 Proporciones de los componentes del concreto con inclusión de A.N.

Al diseño de mezclas patrón se le añade un componente denominado agregado natural (A.N.) en porcentajes de 5%,10%,15%,20%,25% respecto al peso seco del agregado fino, tales porcentajes fueron propuestos en el planteamiento del problema de la presente investigación.

Para obtener resultados y gráficos estadísticos más representativos se tuvo que añadir dos porcentajes de agregado natural al 7.5% y 12.5%.

Tabla 86: Cantera: San Antonio, Diseño de mezclas en peso seco incluyendo A.N.

Descripción	Dosificación en peso $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$						
	Cantera: San Antonio						
	5%	7.5%	10%	12.50%	15%	20%	25%
Cemento	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agregado fino	1.48	1.45	1.41	1.37	1.33	1.25	1.17
Agregado grueso	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
Agua	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Agregado Natural	0.08	0.11	0.15	0.19	0.23	0.31	0.39

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 87: Cantera: Phara, Diseño de mezclas en peso seco incluyendo A.N.

Descripción	Dosificación en peso $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$						
	Cantera: Phara						
	5%	7.5%	10%	12.50%	15%	20%	25%
Cemento	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Agregado fino	1.63	1.59	1.55	1.51	1.46	1.37	1.29
Agregado grueso	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
Agua	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Agregado Natural	0.09	0.13	0.17	0.21	0.26	0.35	0.43

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del agregado natural (M.O.+M.F.), el contenido de material orgánico y material fino se determinó de manera proporcional (aproximadamente en una relación de M.O.: M.F.<> 1:4) a la cantidad encontrada en las muestras de cada cantera.

Tabla 88: Porcentaje de material fino y orgánico

Porcentaje de material fino y material orgánico							
Agregado Natural	5%	7.5%	10%	12.50%	15%	20%	25%
Material Fino	4%	6%	8%	10%	12%	16%	20%
Material Orgánico	1%	1.5%	2%	2.5%	3%	4%	5%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Resultados y Discusión

Las proporciones que nos permitirán alcanzar la resistencia deseada para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ son con la inclusión de 10% de agregados naturales para la cantera Phara y 7.5% para la cantera San Antonio, estos porcentajes son los valores máximos ya que si se excede en estos valores la resistencia del concreto no alcanzara el valor deseado.



V. CONCLUSIONES

- Los agregados naturales al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en los distritos de San Antonio y Phara utilizados en el diseño de mezcla 210 kg/cm², el porcentaje del 5%, 7.5% y 10% mantiene una resistencia de diseño; además a los 28 días para estos porcentajes de agregados naturales alcanzan resistencias que están al rango de la resistencia del concreto patrón, por lo tanto, se debe utilizar en el diseño de concreto 210 kg/cm² la mezcla de agregados naturales en proporciones menores al 10%.
- Se determinó que la resistencia a la compresión en los grupos de concreto para la cantera PHARA: 108.28% con el 5% de agregados naturales, 105.26% con el 7.5% de agregados naturales, 100.02% con el 10% de agregados naturales, para la cantera SAN ANTONIO: 106.20% con el 5% de agregados naturales, 102.00% con el 7.5% de agregados naturales, aceptándose la hipótesis general planteada que incrementa la resistencia a la compresión para un diseño 210 kg/cm².
- El Agregado Natural se debe utilizar como sustituto del agregado fino en un rango menor al 10% con respecto a la cantera PHARA y un 7.5% con respecto a la cantera SAN ANTONIO, más allá de estos valores la resistencia del concreto a los 28 días de curado.
- Comparando las dosificaciones de los agregados naturales, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la aplicación del agregado natural en la elaboración concreto $f'c = 210$ kg/cm² está en un rango de 7.5% en la cantera SAN ANTONIO y un 10% en la cantera PHARA.
- Se determinó que la resistencia de la Prueba de Esclerometría para la cantera PHARA (Puente Carrozable Tiraca) es 29.3 golpes lo que equivale a una resistencia $f'c = 235$ kg/cm², para la cantera SAN ANTONIO (Centro de Salud



Cachipasana) es 30.04 golpes lo que equivale a una resistencia $f'c=215 \text{ kg/cm}^2$,
para un diseño 210 kg/cm^2 .



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda sustituir agregado natural en el diseño planteado hasta 10% en la cantera PHARA y un 7.5% en la cantera SAN ANTONIO con respecto al agregado fino, ya que la resistencia a la compresión disminuye mientras mayor sea la cantidad de A.N. (Agregado Natural).
- Se recomienda como futura investigación la utilización de Materiales perjudiciales (Óxido de Hierro, Carbón Mineral y ciertas partículas ligeras y suaves) como porcentaje de agregado fino, debido a que estos materiales disminuyen la resistencia en el concreto utilizado en obras de construcción.
- Para un adecuado proceso de mezclado del concreto del agregado natural (Material. Orgánico. + Material. Fino.), el contenido de material orgánico y material fino se determinó de manera proporcional en una relación de Material Orgánico: Material Fino $\langle \rangle$ 1:4) a la cantidad encontrada en las muestras de cada cantera, para así obtener muestras con esas proporciones y evaluar la resistencia.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (1997). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos.
- Arequipa Maldonado, E., Coba Santa Maria , W., Garzon Chavez, D., & Vargas Quispe, L. (2012). Módulo Estático de Elasticidad del Hormigón en Base a su Resistencia a la Compresión Simple $F'c=21\text{MPa}$ y 30MPa . *Tesis de Pregrado*. Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- Campos Mera, E. (2017). Determinación de las Propiedades Físico Mecánicas de los Agregados Extraídos de las Canteras “Josecito” y “Manuel Olano” y su Influencia en la Calidad de Concreto $F'c= 250\text{Kg/cm}^2$, en la Ciudad de Jaén. *Tesis de Pregado*. Universidad Nacional de Cajamarca, Jaen-Cajamarca.
- Guzman Reyes, A. R., Zambrano Gomez, M. V., & Zabala de Gomez, M. (2014). *Análisis de Calidad Físico y Mecánico de los Agregados Pétreos para Concreto, de los Principales Bancos de Materiales de la Zona Oriental de El Salvador*. Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Harmsen, T., & Mayorca, P. (1997). *"Diseño de Estructuras de Concreto Armado"*. Lima-Perú: Edit. PUCP.
- Hernández Sampiere, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigacion*. Bogota: Mc Graw-Hill.
- Herrería Cisneros, S., & Villegas Dávila, F. (2008). Módulos de Elasticidad y Curvas de Esfuerzo Deformación, en Base a la Compresión del Hormigón a 21, 28, 35 Mpa. *tesis de Pregrado*. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí - Ecuador.
- Niño Hernández, J. R. (2010). *Coleccion del Concreto- Tecnología del Concreto - Tomo 1*. Colombia: Asocreto.



- Pasquel Carbajal, E. (1998). *"Temas de tecnología del concreto en el Perú" Segunda Edición*. Lima-Peru: Colegio de Ingenieros del Peru.
- PCA, P. C. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto* (Vol. Primera Edición). Mexico: PCA.
- Pinto, c. E. (2004). Caracterización de Bancos para Agregados de Concreto y Morteros, Ubicados en los Municipios de Tactic y San Cristóbal Verapaz, en el Departamento de Alta Verapaz. *Tesis de Pregrado*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Riva Lopez, E. (2000). *"Naturaleza y Materiales del Concreto"*. Lima-Perú.: ACI Capítulo Peruano.
- Rivva Lopez, E. (2014). *Diseño de Mezclas*. Lima - Peru: Editorial ICG.
- Sanchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogota-Colombia: Bhandar Editores.



ANEXOS



ANEXO A

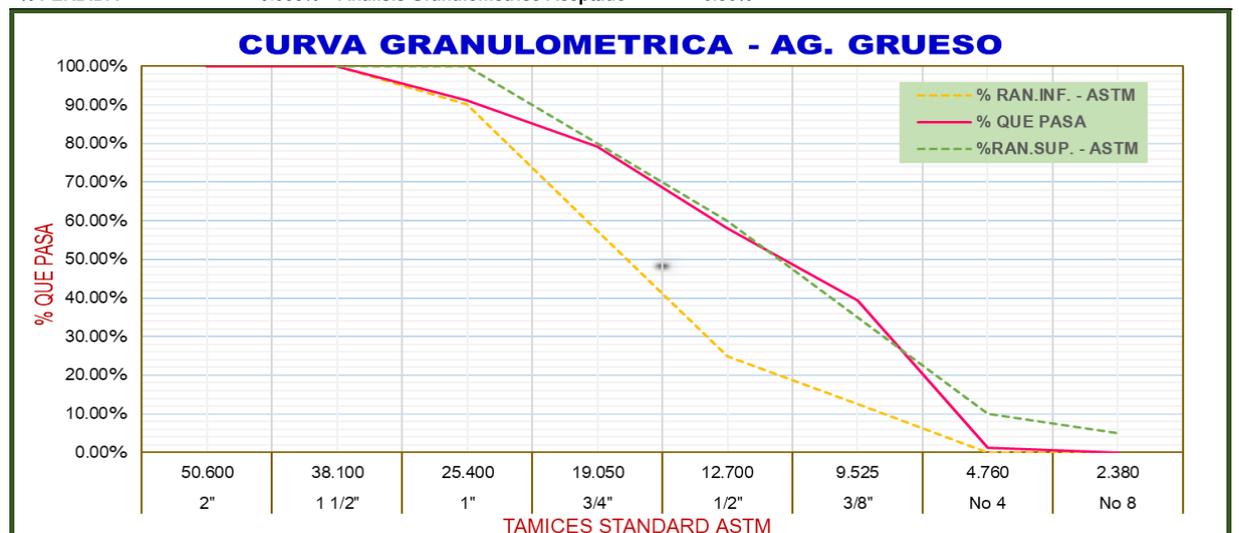
ANEXO A-1: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso de la Cantera San Antonio - Puno

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

PROYECTO : EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
TESISTAS : ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
CANTERA : SAN ANTONIO - PUNO FECHA : OCTUBRE 2019
MUESTRA : AGREGADO GRUESO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO – AG. GRUESO
(ASTM C 136, NTP 400.012)

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETEN. gr	% RET. PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
3"	76.200	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Peso inicial gr.	10005	gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			peso final gr.	9998.71	gr.
2"	50.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			perdida %	0.063	%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%			
1"	25.400	894.26	8.94%	8.94%	91.06%	90.00%	100.00%	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA		
3/4"	19.050	1178.16	11.78%	20.73%	79.27%	57.50%	80.00%	Módulo de fineza	6.80	
1/2"	12.700	2132.94	21.33%	42.06%	57.94%	25.00%	60.00%	Peso Especifico	2.405	gr/cm3
3/8"	9.525	1853.74	18.54%	60.60%	39.40%	12.50%	35.00%	Peso Unt.Suelto	1427.95	kg/m3
No 4	4.760	3808.42	38.09%	98.69%	1.31%	0.00%	10.00%	Peso Unt.Varillado	1594.62	kg/m3
No 8	2.380	131.19	1.31%	100.00%	0.00%	0.00%	5.00%	Humedad Natural	2.24	%
No 16	1.190	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			Absorción	3.42	%
No 30	0.590	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			OBSERVACIONES:		
No 50	0.300	0.00	0.00%	100.00%	0.00%					
No 100	0.149	0.00	0.00%	100.00%	0.00%					
No 200	0.074	0.00	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%			
BASE		0.00	0.00%	100.00%	0.00%					
TOTAL		9998.71	100.00%	MOD.FINEZA						
% PERDIDA		0.063%	Análisis Granulométrico Aceptado		< 0.30%					





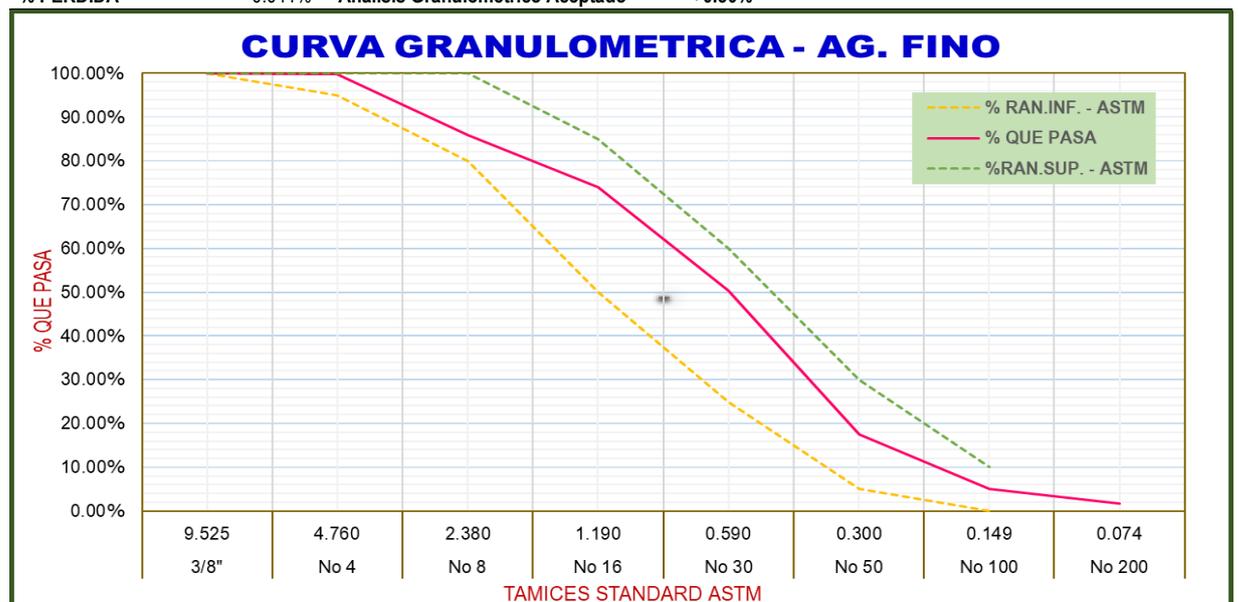
ANEXO A-2: Análisis Granulométrico del Agregado Fino de la Cantera San Antonio – Puno

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

PROYECTO : EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
 TESISTAS : ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
 CANTERA : SAN ANTONIO - PUNO FECHA : OCTUBRE 2019
 MUESTRA : AGREGADO FINO

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO – AG. FINO
(ASTM C 136, NTP 400.012)**

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETEN. gr	% RET. PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Peso inicial gr.	1000 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			peso final gr.	999.59 gr.
2"	50.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			perdida %	0.041 %
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%				
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Módulo de fineza	2.67
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	Peso Especifico	2.406 gr/cm3
No 4	4.760	1.14	0.11%	0.11%	99.89%	95.00%	100.00%	Peso Unt.Suelto	1413.30 kg/m3
No 8	2.380	139.62	13.97%	14.08%	85.92%	80.00%	100.00%	Peso Unt.Varillado	1636.74 kg/m3
No 16	1.190	119.23	11.93%	26.01%	73.99%	50.00%	85.00%	Humedad Natural	4.88 %
No 30	0.590	236.22	23.63%	49.64%	50.36%	25.00%	60.00%	Absorción	3.01 %
No 50	0.300	328.56	32.87%	82.51%	17.49%	5.00%	30.00%	OBSERVACIONES:	
No 100	0.149	124.38	12.44%	94.95%	5.05%	0.00%	10.00%		
No 200	0.074	33.66	3.37%	98.32%	1.68%				
BASE		16.78	1.68%	100.00%	0.00%				
TOTAL		999.59	100.00%	MOD.FINEZA					
% PERDIDA		0.041%	Análisis Granulométrico Aceptado		< 0.30%				





ANEXO A-3: Peso Específico y Absorción de Agregados Cantera San Antonio - Puno
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - EPIC

PROYECTO	: EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
TESISTAS	: ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
CANTERA	: SAN ANTONIO - PUNO
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO Y FINO
FECHA	: OCTUBRE 2019

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION
(ASTM D – 123; NTP 400.021; NTP 400.022)

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION_AGREGADO FINO

SIMB	DESCRIPCION	UND	DATOS
S	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	500.00
B	PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr	705.13
C	PESO DE LA ARENA S.S.S.+PESO PICNOMETRO+PESO DEL AGUA	gr	1003.40
T	PESO DE TARA	gr	112.24
M	PESO MUESTRA + PESO TARA	gr	597.61
A	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO (T-M)	gr	485.37

SIMB	DESCRIPCION	UND	RESULTADO
1	PESO ESPECIFICO APARENTE: $A/(B+S-C)$	gr/cm ³	2.406
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS((S-A)/A)$	%	3.01

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION_AGREGADO GRUESO

SIMB	DESCRIPCION	UND	DATOS
S	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	1800.00
CS	PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA	gr	170.73
MS	PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA+MUESTRA S.S.S. SUMERGIDA	gr	1247.07
C	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA SUMERGIDA EN AGUA (MS-CS)	gr	1076.34
T	PESO DE TARA	gr	162.20
M	PESO MUESTRA + PESO TARA	gr	1902.63
A	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (T-M)	gr	1740.43

SIMB	DESCRIPCION	UND	RESULTADO
1	PESO ESPECIFICO APARENTE: $A/(S-C)$	gr/cm ³	2.405
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS((S-A)/A)$	%	3.42



ANEXO A-4: Peso Unitario de Agregados Cantera San Antonio - Puno

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

PROYECTO	: EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO		
TESISTAS	: ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE		
CANTERA	: SAN ANTONIO - PUNO	FECHA	: OCTUBRE 2019
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO Y FINO		

**PESO UNITARIO
(ASTM C – 128; NTP 400.017)**

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.S. - kg/m3
PESO DEL MOLDE	gr	4765	4765	4765	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	12430	12505	12510	
PESO DE LA MUESTRA	gr	7665	7740	7745	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	5460.04	5460.04	5460.04	1413.30
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm3	1.404	1.418	1.418	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1403.84	1417.57	1418.49	
PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.S. - kg/m3
PESO DEL MOLDE	gr	4765	4765	4765	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	12515	12545	12625	
PESO DE LA MUESTRA	gr	7750	7780	7860	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	5460.04	5460.04	5460.04	1427.95
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm3	1.419	1.425	1.440	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1419.40	1424.90	1439.55	
PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.C. - kg/m3
PESO DEL MOLDE	gr	4765	4765	4765	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	13705	13665	13735	
PESO DE LA MUESTRA	gr	8940	8900	8970	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	5460.04	5460.04	5460.04	1636.74
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm3	1.637	1.630	1.643	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1637.35	1630.02	1642.84	
PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.C. - kg/m3
PESO DEL MOLDE	gr	4765	4765	4765	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	13415	13490	13510	
PESO DE LA MUESTRA	gr	8650	8725	8745	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	5460.04	5460.04	5460.04	1594.62
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm3	1.584	1.598	1.602	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1584.24	1597.97	1601.64	



ANEXO A-5: Contenido de Humedad de los Agregados Cantera San Antonio - Puno
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - EPIC

PROYECTO : EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
TESISTAS : ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
CANTERA : SAN ANTONIO - PUNO FECHA : OCTUBRE 2019
MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D2216; NTP 339.185)**

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO

DESCRIPCION	UND	B-7	B-9	B-11	CONT HUM - %
PESO DEL TARA	gr	35.56	31.42	30.39	
PESO TARA + M. HUMEDA	gr	188.46	131.12	135.91	
PESO TARA + M. SECA	gr	181.53	126.63	130.71	4.88
PESO DEL AGUA	gr	6.93	4.49	5.20	
PESO MUESTRA SECA	gr	145.97	95.21	100.32	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.75	4.72	5.18	

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	UND	ML-1	X-1	M-05	CONT HUM - %
PESO DEL TARA	gr	28.65	30.17	31.88	
PESO TARA + M. HUMEDA	gr	465.78	466.22	469.37	
PESO TARA + M. SECA	gr	456.52	456.47	459.70	2.24
PESO DEL AGUA	gr	9.26	9.75	9.67	
PESO MUESTRA SECA	gr	427.87	426.30	427.82	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.16	2.29	2.26	



ANEXO A-6: Desgaste por Abrasión Cantera San Antonio - Puno

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

PROYECTO : EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
 TESISTAS : ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
 CANTERA : SAN ANTONIO - PUNO FECHA : DICIEMBRE 2019
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO

**DESGASTE POR ABRASION E IMPACTO EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
NORMA ASTM C131 / ASTM C535**

N° DE MALLA		CANTIDAD		MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N° 12	% DE DESGASTE DE ABRASION	METODO	CANTIDAD DE ESFERAS
PASANTE	RETENIDO	PESO	UNIDAD				
1 1/2"	1"	1250	gr.				
1"	3/4"	1250	gr.				
3/4"	1/2"	1250	gr.				
1/2"	3/8"	1250	gr.			A	12
TOTAL EN PESO		5000	gr.	3768	gr.	1232	gr.
TOTAL EN PORCENTAJE		100	%			24.64	%

Observación: tamaños menores (500 revoluciones)

Recomendaciones: La muestra posee un desgaste del 24.64% lo cual cumple con las exigencias de la norma ASTM C 131, es recomendable para la elaboración de concreto.



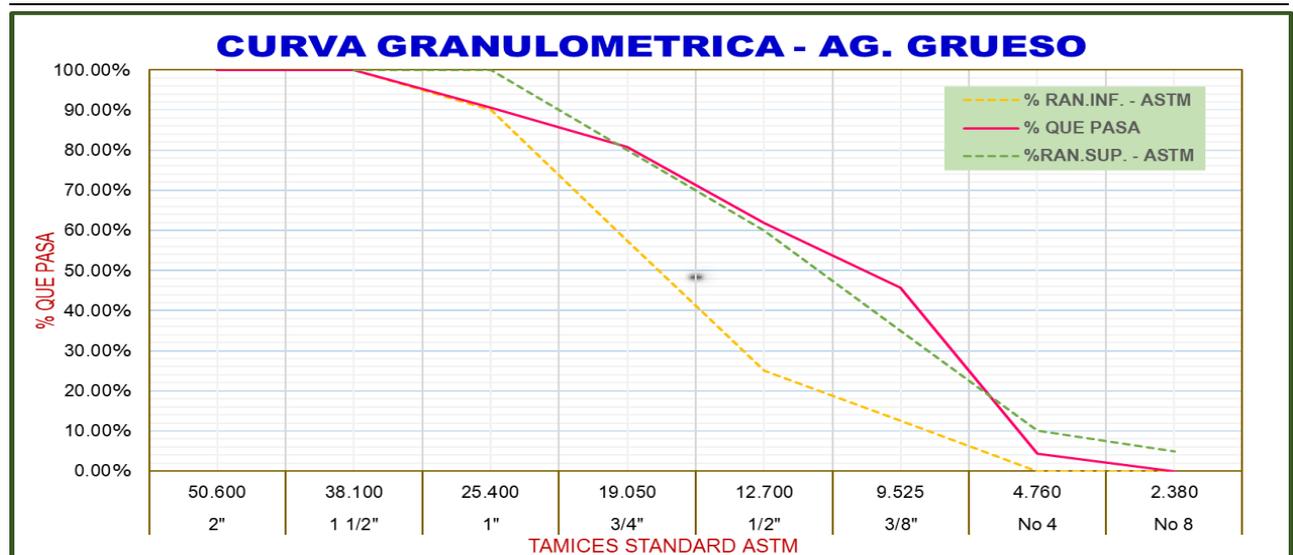
ANEXO A-7: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso de la Cantera Phara - Sandia

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

PROYECTO : EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
 TESISTAS : ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
 CANTERA : PHARA - SANDIA FECHA : OCTUBRE 2019
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO – AG. GRUESO
(ASTM C 136, NTP 400.012)**

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETEN. gr	% RET. PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM		DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Peso inicial gr.	10000 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			peso final gr.	9994.00 gr.
2"	50.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			perdida %	0.060 %
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%		
1"	25.400	935.00	9.36%	9.36%	90.64%	90.00%	100.00%	CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	
3/4"	19.050	980.00	9.81%	19.16%	80.84%	57.50%	80.00%		
1/2"	12.700	1910.00	19.11%	38.27%	61.73%	25.00%	60.00%	Peso Especifico	2.580 gr/cm3
3/8"	9.525	1590.00	15.91%	54.18%	45.82%	12.50%	35.00%	Peso Unt.Suelto	1811.25 tn/m3
No 4	4.760	4154.00	41.56%	95.75%	4.25%	0.00%	10.00%	Peso Unt.Varillado	1774.34 tn/m3
No 8	2.380	425.00	4.25%	100.00%	0.00%	0.00%	5.00%	Humedad Natural	0.34 %
No 16	1.190	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			Absorción	1.60 %
No 30	0.590	0.00	0.00%	100.00%	0.00%			OBSERVACIONES:	
No 50	0.300	0.00	0.00%	100.00%	0.00%				
No 100	0.149	0.00	0.00%	100.00%	0.00%				
No 200	0.074	0.00	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
BASE		0.00	0.00%	100.00%	0.00%				
TOTAL		9994.00	100.00%	MOD.FINEZA					
% PERDIDA		0.060%	Análisis Granulométrico Aceptado		< 0.30%				



Sandia

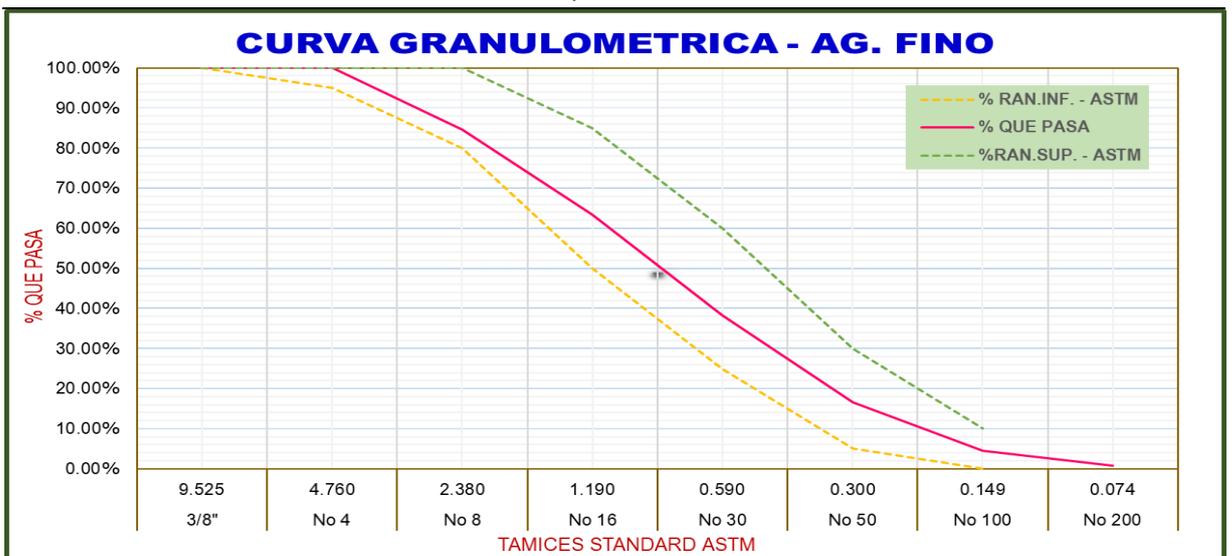


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - EPIC**

PROYECTO : EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
 TESISISTAS : ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
 CANTERA : PHARA - SANDIA FECHA : OCTUBRE 2019
 MUESTRA : AGREGADO FINO

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO – AG. FINO
(ASTM C 136, NTP 400.012)**

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETEN. gr	% RET. PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES ASTM		DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
3"	76.200	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Peso inicial gr.	501	gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			peso final gr.	500.49	gr.
2"	50.600	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			perdida %	0.102	%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%					
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%					
3/4"	19.050	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA		
1/2"	12.700	0.00	0.00%	0.00%	100.00%			Módulo de fineza	2.92	
3/8"	9.525	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	Peso Especifico	2.620	gr/cm3
No 4	4.760	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	95.00%	100.00%	Peso Unt.Suelto	1558.60	tn/m3
No 8	2.380	77.17	15.42%	15.42%	84.58%	80.00%	100.00%	Peso Unt.Varillado	1555.57	tn/m3
No 16	1.190	105.65	21.11%	36.53%	63.47%	50.00%	85.00%	Humedad Natural	2.81	%
No 30	0.590	125.95	25.17%	61.69%	38.31%	25.00%	60.00%	Absorción	1.33	%
No 50	0.300	108.40	21.66%	83.35%	16.65%	5.00%	30.00%	OBSERVACIONES:		
No 100	0.149	60.49	12.09%	95.44%	4.56%	0.00%	10.00%			
No 200	0.074	18.47	3.69%	99.13%	0.87%					
BASE		4.36	0.87%	100.00%	0.00%					
TOTAL		500.49	100.00%	MOD.FINEZA						
% PERDIDA		0.102%	Análisis Granulométrico Aceptado		< 0.30%					





ANEXO A-9: Peso Específico y Absorción de los Agregados Cantera San Phara - Sandia

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

PROYECTO	: EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO		
TESISTAS	: ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE		
CANTERA	: PHARA - SANDIA	FECHA	: OCTUBRE 2019
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO Y FINO		

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION
(ASTM D – 123; NTP 400.021; NTP 400.022)**

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION_AGREGADO FINO			
SIMB	DESCRIPCION	UND	DATOS
S	PESO DE LA MUESTRA DE ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	500.02
B	PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	gr	705.83
C	PESO DE LA ARENA S.S.S.+PESO PICNOMETRO+PESO DEL AGUA	gr	1017.61
T	PESO DE TARA	gr	129.93
M	PESO MUESTRA + PESO TARA	gr	623.41
A	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO (T-M)	gr	493.48
SIMB	DESCRIPCION	UND	RESULTADO
1	PESO ESPECIFICO APARENTE: $(A/(B+S-C))$	gr/cm ³	2.62
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS((S-A)/A)$	%	1.33

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION_AGREGADO GRUESO			
SIMB	DESCRIPCION	UND	DATOS
S	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr	2000.48
CS	PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA	gr	166.75
MS	PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA+MUESTRA S.S.S. SUMERGIDA	gr	1403.03
C	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA SUMERGIDA EN AGUA (MS-CS)	gr	1236.28
T	PESO DE TARA	gr	134.29
M	PESO MUESTRA + PESO TARA	gr	2103.34
A	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (T-M)	gr	1969.05
SIMB	DESCRIPCION	UND	RESULTADO
1	PESO ESPECIFICO APARENTE: $(A/(S-C))$	gr/cm ³	2.58
2	PORCENTAJE DE ABSORCION: $\%ABS((S-A)/A)$	%	1.60



ANEXO A-10: Peso Unitario de Agregados Cantera Phara - Sandia

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

PROYECTO	:	EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO		
TESISTAS	:	ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE		
CANTERA	:	PHARA - SANDIA	FECHA	: OCTUBRE 2019
MUESTRA	:	AGREGADO GRUESO Y FINO		

**PESO UNITARIO
(ASTM C – 128; NTP 400.017)**

PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.S. - kg/m3
PESO DEL MOLDE	gr	10015	10015	10015	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	18645	18555	18600	
PESO DE LA MUESTRA	gr	8630	8540	8585	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	5508.15	5508.15	5508.15	1558.60
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm3	1.567	1.550	1.559	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1566.77	1550.43	1558.60	
PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.S. - kg/m3
PESO DEL MOLDE	gr	10015	10015	10015	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	19985	19945	20045	
PESO DE LA MUESTRA	gr	9970	9930	10030	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	5508.15	5508.15	5508.15	1811.25
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm3	1.810	1.803	1.821	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1810.04	1802.78	1820.94	
PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.C. - kg/m3
PESO DEL MOLDE	gr	10015	10015	10015	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	18505	18695	18550	
PESO DE LA MUESTRA	gr	8490	8680	8535	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	5508.15	5508.15	5508.15	1555.57
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm3	1.541	1.576	1.550	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1541.35	1575.85	1549.52	
PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO GRUESO					
DESCRIPCION	UND	M-I	M-II	M-III	P.U.C. - kg/m3
PESO DEL MOLDE	gr	10015	10015	10015	
PESO MOLDE + MUESTRA	gr	19760	19770	19835	
PESO DE LA MUESTRA	gr	9745	9755	9820	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	5508.15	5508.15	5508.15	1774.34
PESO UNITARIO SUELTO	gr/cm3	1.769	1.771	1.783	
PESO UNITARIO SUELTO	kg/m3	1769.20	1771.01	1782.81	



ANEXO A-11: Contenido de Humedad de los Agregados Cantera Phara – Sandia

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

PROYECTO : EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
 TESISTAS : ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
 CANTERA : PHARA - SANDIA FECHA : OCTUBRE 2019
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO Y FINO

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D2216; NTP 339.185)**

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO FINO

DESCRIPCION	UND	F-I	F-II	F-III	CONT HUM - %
PESO DEL TARA	gr	31.17	29.14	33.60	
PESO TARA + M. HUMEDA	gr	144.03	140.44	165.09	
PESO TARA + M. SECA	gr	140.90	137.36	161.59	
PESO DEL AGUA	gr	3.13	3.08	3.50	2.81
PESO MUESTRA SECA	gr	109.73	108.22	127.99	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.85	2.85	2.73	

CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	UND	G-I	G-II	G-III	CONT HUM - %
PESO DEL TARA	gr	27.89	32.41	27.71	
PESO TARA + M. HUMEDA	gr	482.29	484.85	469.57	
PESO TARA + M. SECA	gr	480.63	483.33	468.16	
PESO DEL AGUA	gr	1.66	1.52	1.41	0.34
PESO MUESTRA SECA	gr	452.74	450.92	440.45	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.37	0.34	0.32	



ANEXO A-12: Desgaste por Abrasión Cantera Phara - Sandia

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

PROYECTO : EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
 TESISTAS : ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
 CANTERA : PHARA - SANDIA FECHA : DICIEMBRE 2019
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO

**DESGASTE POR ABRASION E IMPACTO EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
NORMA ASTM C131 / ASTM C535**

N° DE MALLA		CANTIDAD		MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N° 12	% DE DESGASTE DE ABRASION	METODO	CANTIDAD DE ESFERAS
PASANTE	RETENIDO	PESO	UNIDAD				
1 1/2"	1"	1250	gr.				
1"	3/4"	1250	gr.				
3/4"	1/2"	1250	gr.				
1/2"	3/8"	1250	gr.			A	12
TOTAL EN PESO		5000	gr.	4097	gr.	903	gr.
TOTAL EN PORCENTAJE		100	%			18.06	%

Observación: tamaños menores (500 revoluciones)

Recomendaciones: La muestra posee un desgaste del 18.06% lo cual cumple con las exigencias de la norma ASTM C 131, es recomendable para la elaboración de concreto.



ANEXO A-13: Diseño de Mezcla de Concreto Cantera San Antonio $f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

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

PROYECTO	: EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO		
TESISTAS	: ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE		
CANTERA	: SAN ANTONIO - PUNO	FECHA	: OCTUBRE 2019
MUESTRA	: CONCRETO		

**DISEÑO DE MEZCLAS
CONCRETO $f^c=210 \text{ Kg/cm}^2$
METODO: MODULO DE FINEZA**

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA	RUMI	TIPO	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg		-	1
DENSIDAD RELATIVA	gr/cc	2.82	-	-
PESO ESPECIFICO	gr/cc		2.406	2.405
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³		1413.30	1427.95
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1636.74	1594.62
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		4.88	2.24
ABSORCION	%		3.01	3.42
MODULO DE FINEZA			2.67	6.8

DOSIFICACION

f^c PROM.	TMN	SLUMP	AGUA	AIRE	Agua/cem.	Factor cem.	Factor cem.	mf
f^{cr} (Kg/m ²)	(pulg)	(pulg)	(lit/m ³)	(%)	A/C	FC (Kg/m ³)	FC (bol/m ³)	Comb. De Agreg.
294	1	3" - 4"	193	1.5	0.56	344.64	8.11	5.42

CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA

CALCULO DE Rf %	33.41
VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS	0.670

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M3	HUMEDAD	PESOS HUM. KG/M3	PROPORCION	
					SECO	HUMEDO
CEMENTO	0.122	344.64		344.64	1.00	1.00
AGREGADO FINO	0.224	538.47	10.07	564.75	1.56	1.64
AGREGADO GRUESO	0.446	1072.59	-12.66	1096.62	3.11	3.18
AGUA	0.193	193.00	-2.59	195.59	0.56	0.57
AIRE	0.015					
Rel A/C Efectiva	0.57					

DOSIFICACION EN VOLUMEN

DESCRIPCION	EN P3	PROPORCION
CEMENTO	8.110	1.00
AGREGADO FINO	13.453	1.66
AGREGADO GRUESO	26.523	3.27
AGUA	0.568	0.57

ANEXO A-14: Diseño de Mezcla de Concreto Cantera Phara $f^c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



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

PROYECTO	: EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO
TESISTAS	: ALEX PACORI MESTAS – BLADIMIR AQUISE QUISPE
CANTERA	: PHARA - SANDIA
MUESTRA	: CONCRETO
FECHA	: OCTUBRE 2019

DISEÑO DE MEZCLAS
CONCRETO $f_c=210$ Kg/cm²
METODO: MODULO DE FINEZA

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
PROCEDENCIA	RUMI	TIPO	FINO	GRUESO
TAMAÑO MAXIMO	Pulg		-	1
DENSIDAD RELATIVA	gr/cc	2.82	-	-
PESO ESPECIFICO	gr/cc		2.62	2.58
PESO UNITARIO SUELTO	Kg/m ³		1558.60	1555.57
PESO UNITARIO COMPACTADO	Kg/m ³		1811.25	1774.34
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		2.81	0.34
ABSORCION	%		1.33	1.60
MODULO DE FINEZA			2.92	6.69

DOSIFICACION

f _c PROM.	TMN	SLUMP	AGUA	AIRE	Agua/cem.	Factor cem.	Factor cem.	mf
f _{cr} (Kg/m ²)	(pulg)	(pulg)	(lit/m ³)	(%)	A/C	FC (Kg/m ³)	FC (bol/m ³)	Comb. De Agreg.
294	1	3" - 4"	193	1.5	0.56	344.64	8.11	5.42

CALCULO DE LOS VALORES RELATIVOS DEL MODULO DE FINEZA

CALCULO DE R _f %	33.69
VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS	0.670

DOSIFICACIÓN EN PESO

DESCRIPCION	VOLUM. ABSOLUTOS	PESOS SECOS/M ³	HUMEDAD	PESOS HUM. KG/M ³	PROPORCION	
					SECO	HUMEDO
CEMENTO	0.122	344.640		344.64	1.00	1.00
AGREGADO FINO	0.226	591.150	8.75	607.76	1.72	1.76
AGREGADO GRUESO	0.444	1145.920	-14.44	1149.82	3.32	3.34
AGUA	0.193	193.000	-5.69	198.69	0.56	0.58
AIRE	0.015					
Rel A/C Efectiva	0.58					

DOSIFICACION EN VOLUMEN

DESCRIPCION	EN P ₃	PROPORCION
CEMENTO	8.110	1.00
AGREGADO FINO	13.453	1.65
AGREGADO GRUESO	26.523	3.21
AGUA	0.577	0.58

ANEXO A-15: PANEL FOTOGRAFICO



TRASLADO DE MATERIAL DE CANTERA

FOTO N° 01: Se aprecia la extracción y traslado del material agregado natural que se ubica a 25 km del distrito de San Antonio



TRASLADO DE MATERIAL DE CANTERA

FOTO N° 02: Se observa el traslado del material que se ubica a 70 km de la ciudad de Puno con respecto al distrito de San Antonio.



TRASLADO DE MATERIAL DE CANTERA

FOTO N° 03: Se aprecia la extracción y traslado del material agregado natural que se ubica a 35 km del distrito de Phara



TRASLADO DE MATERIAL DE CANTERA

FOTO N° 04: Se observa el traslado del material que se ubica a 204 km de la ciudad de Puno con respecto al distrito de Phara.



AGREGADO NATURAL CANTERA – SAN ANTONIO

FOTO N° 05: Se presenta los materiales como se extrajeron en cantera para ser tratados en laboratorio



AGREGADO NATURAL CANTERA – SAN ANTONIO

FOTO N° 06: Se aprecia el tratamiento para tener agregados en condiciones aceptables y ser utilizados en diseños de concreto.



AGREGADO NATURAL CANTERA – PHARA

FOTO N° 07: Se presenta los materiales como se extrajeron en cantera para ser tratados en laboratorio



AGREGADO NATURAL CANTERA – PHARA

FOTO N° 08: Se aprecia el tratamiento para tener agregados en condiciones aceptables y ser utilizados en diseños de concreto.



ANALISIS GRANULOMETRICO – SAN ANTONIO

FOTO N° 09: Se aprecia el ensayo de granulometría para la cantera San Antonio en el laboratorio de la EPIC UNA PUNO.



ANALISIS GRANULOMETRICO – PHARA

FOTO N° 10: Se aprecia el ensayo de granulometría para la cantera Phara en el laboratorio de la EPIC UNA PUNO.



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION – SAN ANTONIO

FOTO N° 11: Se aprecia el ensayo de peso específico y absorción para la cantera San Antonio en el laboratorio de la EPIC UNA PUNO.



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION – PHARA

FOTO N° 12: Se aprecia el ensayo de peso específico y absorción para la cantera Phara en el laboratorio de la EPIC UNA PUNO.



ENSAYO PERDIDA POR IGNICION – SAN ANTONIO

FOTO N° 13: Se aprecia el ensayo por perdida por ignición para la cantera San Antonio en el laboratorio de la EPIC UNA PUNO.



ENSAYO PERDIDA POR IGNICION – PHARA

FOTO N° 14: Se aprecia el ensayo por perdida por ignición para la cantera Phara en el laboratorio de la EPIC UNA PUNO.



ENSAYO DE IMPUREZAS ORGANICAS – SAN ANTONIO

FOTO N° 15: Se aprecia el ensayo por perdida por ignición para la cantera San Antonio en el laboratorio de la EPIC UNA PUNO.



ENSAYO DE IMPUREZAS ORGANICAS – PHARA

FOTO N° 16: Se aprecia el ensayo por perdida por ignición para la cantera Phara en el laboratorio de la EPIC UNA PUNO.



PRUEBA DE ESCLEROMETRIA – PHARA

FOTO N° 17: Se aprecia la prueba de esclerometría en la Cantera Phara –
Puente Carrozable Tiraca procesamiento en el laboratorio EPIC UNA PUNO.



PRUEBA DE ESCLEROMETRIA – PHARA

FOTO N° 18: Se aprecia la prueba de esclerometría en la Cantera Phara –
Puente Carrozable Tiraca procesamiento en el laboratorio EPIC UNA PUNO.



PRUEBA DE ESCLEROMETRIA – SAN ANTONIO

FOTO N° 19: Se aprecia la prueba de esclerometría en la Cantera San Antonio – Puesto de Salud Cachipascana procesamiento en el laboratorio EPIC UNA.



PRUEBA DE ESCLEROMETRIA – SAN ANTONIO

FOTO N° 20: Se aprecia la prueba de esclerometría en la Cantera San Antonio – Puesto de Salud Cachipascana procesamiento en el laboratorio EPIC UNA.



PROBETAS DE CONCRETO DE 10 CM X 20 CM

FOTO N° 21: Se aprecia el habilitado de las probetas de concreto de 10 cm x 20 cm para su proceso en el laboratorio EPIC UNA.



DISEÑO DE MEZCLA – PHARA – SAN ANTONIO

FOTO N° 22: Se aprecia el diseño de mezclas para la Cantera Phara – San Antonio al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% proceso en el laboratorio EPIC UNA.



PRUEBA DE SLUMP EN CONCRETO PHARA - SAN ANTONIO

FOTO N° 23: Se aprecia la prueba de slump de concreto para su proceso en el laboratorio EPIC UNA.



VACEADO DE PROBETAS DE CONCRETO PHARA – SAN ANTONIO

FOTO N° 24: Se aprecia el vaceado de las probetas de concreto de 10 cm x 20 cm para su proceso en el laboratorio EPIC UNA.



DESMOLDADO DE PROBETAS DE CONCRETO – PHARA – SAN ANTONIO

FOTO N° 25: Se aprecia el desmoldado de las probetas de concreto de 10 cm x 20 cm para su proceso en el laboratorio EPIC UNA.



CURADO DE PROBETAS DE CONCRETO DE 10 CM X 20 CM

FOTO N° 26: Se aprecia el curado de las probetas de concreto de 10 cm x 20 cm para su proceso en el laboratorio EPIC UNA.



DIMENSIONES DE PROBETAS DE CONCRETO – PHARA – SAN ANTONIO

FOTO N° 27: Se aprecia el registro de las dimensiones de las probetas de concreto de 10 cm x 20 cm para su proceso en el laboratorio EPIC UNA.



DISEÑO DE MEZCLA – PHARA – SAN ANTONIO

FOTO N° 28: Se aprecia el diseño de mezclas para la Cantera Phara – San Antonio al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% proceso en el laboratorio EPIC UNA.



ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO – PHARA – SAN ANTONIO

FOTO N° 29: Se aprecia la rotura de las probetas de concreto de 10 cm x 20 cm en el laboratorio EPIC UNA.



ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO – PHARA – SAN ANTONIO

FOTO N° 30: Se aprecia la rotura de las probetas de concreto de 10 cm x 20 cm en el laboratorio EPIC UNA.



DIMENSIONES DE PROBETAS DE CONCRETO – PHARA – SAN ANTONIO

FOTO N° 31: Se aprecia el registro de las dimensiones de las probetas de concreto de 10 cm x 20 cm para su proceso en el laboratorio EPIC UNA.



ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO – PHARA – SAN ANTONIO

FOTO N° 32: Se aprecia la rotura de las probetas de concreto de 10 cm x 20 cm en el laboratorio EPIC UNA.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



**CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO
DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS Y MATERIALES DE LA FICA**

Hace constar:

Que los tesisistas, Bach: **ALEX PACORI MESTAS** y Bach: **BLADIMIR AQUISE QUISPE**, hicieron uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: "**EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5 %, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA - SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO.**". Conducentes a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos que realizaron son los siguientes.

Nº	ENSAYOS	NORMA	CAN TID AD	U.M.
1	Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (Nº 200) por lavado.	MTC E-202	02	Und.
2	Ensayo de abrasión en agregado menos de 1½"	ASTM C-131	02	Und.
3	Equivalente de arena	ASTM D 2419	02	Und.
4	Ensayo para determinar la materia orgánica en suelos (perdida por ignición)	AASHTO T-267	02	Und.

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 06 de enero de 2020.



FICA - PUNO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ing. Mariano Roberto García Loayza
JEFE DE LABORATORIO



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
ALTIPLANO**
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y
ARQUITECTURA**
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES – E.P.I.C.



**CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE
CONSTRUCCIONES**

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE
CONSTRUCCIONES DE LA FICA**

Hace constar:

Que los tesisistas, conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil Bach: **ALEX PACORI MESTAS Y BLADIMIR AQUISE QUISPE**, hicieron uso de los equipos del laboratorio de construcciones – FICA, para realizar los ensayos requeridos para el proyecto de Tesis: **“EVALUACION DEL DISEÑO DE MEZCLAS CON AGREGADOS NATURALES AL 5%, 10%, 15%, 20% Y 25% EN LOS DISTRITOS DE PHARA – SANDIA Y SAN ANTONIO - PUNO”**

Los ensayos que realizo son los siguientes.

N°	ENSAYOS	CANTIDAD
1	Diseño de Mezclas	2
2	Análisis Granulométrico (Agr. Grueso, Agr. Fino)	4
3	Peso Específico (Agr. Grueso, Agr. Fino)	4
4	Peso Unitario (Agr. Grueso, Agr. Fino)	4
5	Peso Específico (Cemento Tipo IP)	1
6	Contenido de Humedad (Agr. Grueso, Agr. Fino)	4
7	Absorción (Agr. Grueso, Agr. Fino)	4
8	Impurezas Orgánicas	2
9	Esclerometría	2
10	Rotura de Briquetas	192

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Construcciones.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita de los interesados, para adjuntar en su proyecto de tesis.

Puno, C.U. 10 de enero del 2020.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FICA

MSc. Ing. Gino F. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO

FICHA TÉCNICA



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI IP – ALTA RESISTENCIA

DESCRIPCIÓN

El Cemento Portland Puzolánico Rumi IP, ALTA RESISTENCIA, es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el Cemento Portland Puzolánico Rumi IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA RESISTENCIA, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

LA DURABILIDAD

“Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil”.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI TIPO IP	Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595
MgO (%)	1.99	6.00 Máx.
SO ₃ (%)	1.75	4.00 Máx.
Pérdida por ignición (%)	2.14	5.00 Máx.

REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI TIPO IP		Norma NTP 334.090 ASTM C-595		Comparativo con Norma Tipo I y Tipo V Requisitos Norma Técnica NTP 334.009 / ASTM C 150	
	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa	Cemento Tipo I Kg/cm ²	MPa
Peso específico (gr/cm ³)	2.85		-		-	
Expansión en autoclave (%)	0		0.80 Máx.		-	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 Mín.		-	
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Máx.		-	
Resistencia a la compresión	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa	Cemento Tipo I Kg/cm ²	MPa
1 días	104	10	-	-	-	-
3 días	199	20	133 Mín.	13	122	12
7 días	247	24	204 Mín.	20	194	19
28 días	342	34	255 Mín.	25	-	-
60 días	397	39	-	-	-	-
Resistencia a los sulfatos	Cemento IP				Cemento Tipo V	
% Expansión a los 14 días	0.018				0.04 Máx.	

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

COMPRATRIA GENERAL DE CONCRETOS S.A. E.I.R.L.
RUC / 20448170471
Hernán Méstas Pérez
GERENTE

PLANTA: Carretera Juliaca - Puno Km 11 - Caracoto
OFICINA COMERCIAL: Av. General Díaz Caneiro N° 527 - Arequipa
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650
www.grupogloria.com.pe

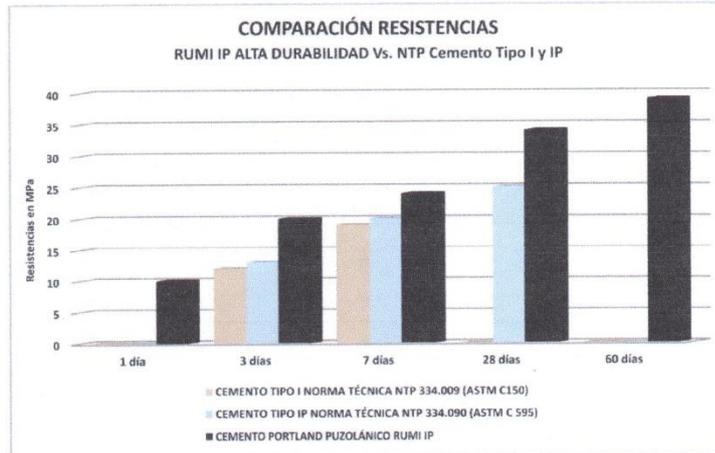
TIPO IP – ALTA RESISTENCIA



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI IP – ALTA DURABILIDAD

COMPARATIVO CON
REQUISITOS DE
RESISTENCIA DE
NORMAS TÉCNICAS

TIPO IP – ALTA RESISTENCIA



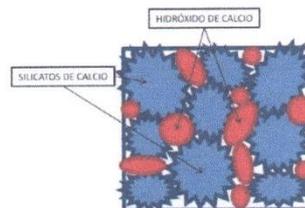
PROPIEDADES

1 MAYOR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolana, hacen que el cemento Rumi IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cemento.

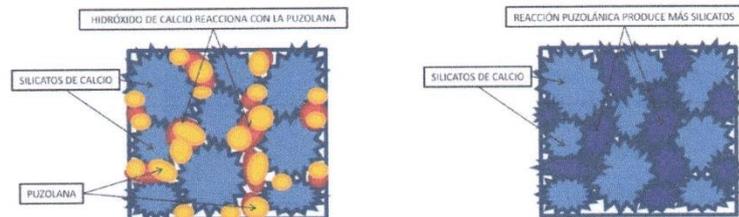
Los aluminosilicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

CON CEMENTO TIPO I



El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25% es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

CON CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI IP



La puzolana que contiene el cemento RUMI IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

CONTRATISTA GENERALES COMERCIO S.R.L.

Herrera Mejías Pérez
GERENTE

PLANTA: Carretera Juliaca - Puno Km 11 - Caracoto
OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650
www.grupogloria.com.pe

FICHA TÉCNICA



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI IP – ALTA DURABILIDAD

PROPIEDADES

2 RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS:

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio dihidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Rumi para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el cemento Rumi Tipo IP es más resistente a los sulfatos y al ataque químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el cemento Portland Tipo IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.

Resistencia a los sulfatos	Resultado Cemento RUMI IP	Resultado Cemento RUMI Tipo V	Requisitos de Norma NTP 334.009 Tipo V
Máximo % de Expansión a los 14 días	0.018	0.029	0.040 Máx.

* La expansión del cemento RUMI IP - ALTA DURABILIDAD, es menor que la del cemento Tipo V y mucho menor al exigido en la norma.

3 MAYOR IMPERMEABILIDAD:

El cemento portland puzolánico RUMI IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace menos permeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

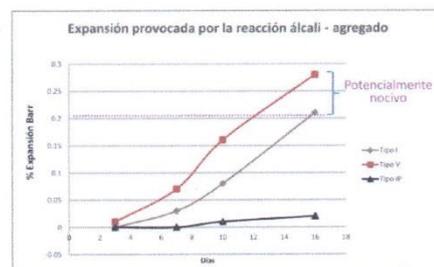
4 INHIBE LA REACCIÓN ÁLCALI - AGREGADO:

La puzolana de Rumi remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali - agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos. El cemento Rumi tipo IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.

ENSAYO DE COMPROBACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI TIPO IP QUE INHIBE LA REACCIÓN ÁLCALI - AGREGADO.

Comparación de potencial de reactividad alcalina de los cementos tipos I, V y IP según método de la norma ASTM C1260-07



Días	% Expansión Barr		
	Cemento tipo I	Cemento tipo V	Cemento tipo IP
3 días	0	0.01	0
7 días	0.03	0.07	0
10 días	0.08	0.16	0.01
16 días	0.21*	0.28*	0.02**

El cemento Rumi IP neutraliza esta reacción protegiendo al concreto contra este tipo de ataque.

* Los cementos tipo I y V presentan un porcentaje de expansión de 0.20 a los 16 días lo cual se les considera potencialmente dañino.

** Bajo riesgo de expansión en condiciones de campo.

CONTRATISTA GENERALER RUMI S.A. S.R.L.
RUC: 2042617847
Hernán Mejías Pérez

PLANTA: Carretera Juliaca - Puno Km 11 - Caracota
OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 FAX: (054) 220650
www.grupogloria.com.pe

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

TIPO IP – ALTA RESISTENCIA



CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI IP – ALTA DURABILIDAD

PROPIEDADES

5 MENOR CALOR DE HIDRATACION:

La reacción entre el Hidróxido de Calcio, liberado en la hidratación el cemento, con el aluminato tricálcico(C3A) presente en el cemento, genera gran calor de hidratación. La puzolana al reaccionar con el hidróxido de calcio, inhibe esta reacción, generando menor calor de hidratación, evitando contracciones y fisuraciones que afectan la calidad del concreto, principalmente en obra de gran volumen.

El cemento de Rumi tipo IP cumple con el requisito, a los 7 y 28 días, de generar un moderado calor de hidratación. Por lo tanto, puede utilizarse al igual que el cemento Portland tipo II.

BENEFICIOS AMBIENTALES

Menor consumo energético.
Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Guantes Impermeables



Protección Ocular



Botas Impermeables



Protección Respiratoria

ALMACENAMIENTO

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

- Bolsas 42.5 Kg Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
- Big Bag 1.0 TM Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
- Big Bag 1.5 TM Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
- Granel Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

EL CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI IP - ALTA DURABILIDAD, cumple con las especificaciones técnicas de los siguientes países:

PAIS	NORMA		DENOMINACIÓN	
Perú	Norma Técnica Peruana	NTP 334.090	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP GRADO CORRIENTE
Chile	Norma Chilena Oficial	NCh 148 Of68	CEMENTO PUZOLÁNICO	
USA	Norma Americana	ASTM C595	PORTLAND POZZOLAN CEMENT	TYPE IP
Bolivia	Norma Boliviana	NB-011	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA	TIPO IP 30
Ecuador	Norma Técnica Ecuatoriana	NTE INEN 490	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO	TIPO IP
Brasil	Norma Brasileña	NBR 5736	CEMENTO PORTLAND POZZOLÁNICO	TIPO CP IV 32
Colombia	Norma Técnica Colombiana	NTC 121 - 321	CEMENTO PORTLAND	TIPO 1

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 60 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

CONTRATISTA GENERAL DE CEMENTO S.A. E.I.R.L.
RUC: 2044417047

Hernán J. Mejías Pérez
GERENTE

VERSIÓN NOVIEMBRE 2014

PLANTA: Carr. Jirca Julaca - Puno Km 13 - Caracoto
OFICINA COMERCIAL: Av. General Diez Canseco N° 527 - Arequipa
TELÉFONO: (054) 495060 - 225000 - FAX: (054) 220650
www.grupogloria.com.pe